

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DEL SERVICIO 3G DE LA RED UMTS DE MOVILNET EN LA ZONA SERVIDA POR LA RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER) QUE ATIENDE A USUARIOS DEL ESTE DE CARACAS**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Bonet U., Gabriel.  
para optar por el título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2013.

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DEL SERVICIO 3G DE LA RED UMTS DE MOVILNET EN LA ZONA SERVIDA POR LA RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER) QUE ATIENDE A USUARIOS DEL ESTE DE CARACAS**

Prof. Guía: David Sirit  
Tutor Industrial: Ing. Willmar Marín

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Bonet U., Gabriel.  
para optar por el título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2013

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 11 de diciembre de 2013

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Gabriel Bonet., titulado:

**“ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DEL SERVICIO 3G DE LA RED UMTS DE MOVILNET EN LA ZONA SERVIDA POR LA RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER) QUE ATIENDE A USUARIOS DEL ESTE DE CARACAS”**

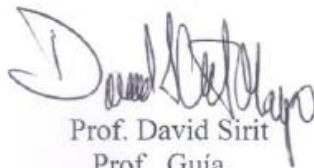
Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Carlos Moreno  
Jurado



Prof. Zeldivar Bruzual  
Jurado



Prof. David Sirit  
Prof. Guía

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios porque gracias a él he logrado alcanzar todas mis metas y cosas más importantes a lo largo de mi vida. A mi hija, Shantal Gabriela Bonet Orellana ya que es mi motor más potente para seguir hacia adelante. A mi esposa, Jane Orellana por todo su apoyo y ayuda incondicional. A mi madre, Aura Elisa Ubeto, quien ha sido mi maestra y ejemplo de perseverancia, esfuerzo, humildad y constancia a lo largo de mi vida. También a mi padre, Gustavo Bonet, quien me ha acompañado en cada uno de mis logros y fracasos además de brindarme sus consejos oportunos. A mi querida abuela Josefina “Pipa” Toledo, por su ejemplo de superación. A la memoria de Elisa, mi querida y siempre recordada abuela, por su ejemplo de vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida. Agradezco también a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron y apoyaron en la elaboración de este trabajo, al Ing. Willmar José Marín por su confianza, apoyo y sugerencias. También a mi profesor guía David Sirit, quien supo como guiar este trabajo para lograr los objetivos.

A mi familia, mi madre, mi padre, mi esposa e hija quienes me han brindado su apoyo, enseñanzas y consejos.

A María Auxiliadora Rojas, por su colaboración, sus orientaciones y por su gran calidad humana. Gracias por toda la ayuda brindada.

A mí Tía Neyda, a quien considero mi segunda madre, por su incalculable amor; por consentir mi paladar ofreciéndome sus deliciosos platos, a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todos aquellos profesores que me instruyeron y formaron a lo largo de mis estudios, no sólo para tener más “conocimiento”, si no para ser “mejor persona”; en especial al Prof. Freddy Brito.

A mis compañeros de estudio a los cuales considero también mis amigos: Astrid, Monic, William, Edgar, Gregory, Juan Aponte, José María, Juan Carlos López, Argenis, Daniel Figueroa y a todos los que de alguna manera siempre me han apoyado.

**Bonet U., Gabriel.**

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DEL SERVICIO 3G DE LA RED UMTS DE MOVILNET EN LA ZONA SERVIDA POR LA RNC (RADIO NETWORK CONTROLLER) QUE ATIENDE A USUARIOS DEL ESTE DE CARACAS**

**Profesor Guía: Ing. David Sirit. Tutor Industrial: Ing. Willmar Marín. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Empresa: Movilnet. 87h + Anexos**

**Palabras claves:** UMTS, RNC, WCDMA, Tercera Generación móvil, nodo B, HSPA

**Resumen.** Con la finalidad de mejorar el servicio 3G ofrecido por Telecomunicaciones Movilnet en el Este de la ciudad, en el presente trabajo se desarrolla un estudio de tres alternativas que podrán mejorar éste servicio enfocado en diferentes *Radio Network Controllers* (RNCs). Para ello fue necesario realizar una investigación documental para la adquisición de conocimientos y el buen entendimiento de estos equipos, se llevo a cabo la observación de varios “indicadores de desempeño” con la intención de evaluar la situación de la red y conseguir un modelo de tráfico que permitiera dimensionar correctamente los nodos RNC para un buen funcionamiento en las horas pico así como también la posibilidad de mejorar el equipo actualmente en servicio. Ya una vez realizado el dimensionamiento de los mismos y estudiado la posibilidad de mejorar el funcionamiento del equipo en servicio, se plantea cual debe ser la mejor opción para aumentar la eficiencia del servicio 3G en la zona de estudio.

# CONTENIDO

|   |             |
|---|-------------|
| <b>CONSTANCIA DE APROBACIÓN</b>                                     | <b>III</b>  |
| <b>DEDICATORIA</b>  | <b>IV</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b>  | <b>V</b>    |
| <b>RESUMEN</b>  | <b>VI</b>   |
| <b>ÍNDICE GENERAL</b>   | <b>VII</b>  |
| <b>LISTA DE TABLAS</b>  | <b>X</b>    |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b>   | <b>XI</b>   |
| <b>LISTA DE ACRÓNIMOS</b>   | <b>XIII</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>   | <b>18</b>   |
| <b>CAPÍTULO I DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>                           | <b>20</b>   |
| 1.1 Institución donde se llevo a cabo el siguiente trabajo de grado | 20          |
| 1.2 Planteamiento del problema                                      | 21          |
| 1.3 Justificación y alcance   | 23          |
| 1.4 Objetivos   | 23          |
| 1.4.1 Objetivo general  | 23          |
| 1.4.2 Objetivos específicos   | 23          |
| <b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b>                                    | <b>25</b>   |
| 2.1 Generaciones de telefonía móvil celular                         | 25          |
| 2.1.1 Primera generación  | 25          |
| 2.1.2 Segunda generación  | 25          |
| 2.1.3 Tercera generación  | 26          |
| 2.1.4 Cuarta generación   | 26          |
| 2.2 Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles                 | 26          |
| 2.2.1 Que es el sistema UMTS  | 26          |
| 2.3 Aspectos básicos de WCDMA                                       | 27          |
| 2.3.1 Que es WCDMA  | 27          |
| 2.3.2 Canales radioeléctricos en WCDMA                              | 30          |
| 2.4 Arquitectura de una red UMTS                                    | 33          |

|         |  |           |
|---------|--|-----------|
| 2.4.1   | Equipo de usuario                                    | 34        |
| 2.4.2   | Red de acceso radio                                  | 34        |
| 2.4.2.1 | Protocolo RRC  | 37        |
| 2.4.3   | Red central o Core Network                           | 40        |
| 2.5     | Conceptos básicos de tráfico en telecomunicaciones   | 42        |
| 2.5.1   | Concepto de hora pico                                | 43        |
| 2.5.2   | Unidades de medida de flujo de tráfico               | 44        |
| 2.6     | Características de hardware de los equipos           | 44        |
| 2.6.1   | Hardware RNC 3810                                    | 45        |
| 2.6.2   | Hardware RNC 3820                                    | 46        |
| 2.6.3   | Hardware Evo Controller 8200                         | 47        |
|         | <b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO</b>               | <b>48</b> |
| 3.1     | Tipo de investigación                                | 48        |
| 3.2     | Fases metodológicas                                  | 48        |
| 3.2.1   | Recopilación de información                          | 48        |
| 3.2.2   | Evaluación de la red                                 | 49        |
| 3.2.3   | Estudio y análisis de las características de equipos | 49        |
| 3.2.4   | Selección del equipo                                 | 49        |
| 3.2.5   | Formulación de la propuesta                          | 49        |
|         | <b>CAPÍTULO IV ESTUDIO DE ALTERNATIVAS</b>           | <b>50</b> |
| 4.1     | Consideraciones para el estudio                      | 50        |
| 4.1.1   | Usuarios   | 50        |
| 4.1.2   | SRB  | 53        |
| 4.1.3   | Llamadas   | 54        |
| 4.1.4   | Switches   | 55        |
| 4.1.5   | Soft handover  | 57        |
| 4.1.6   | Softer handover                                      | 58        |
| 4.1.7   | Other handover                                       | 59        |
| 4.1.8   | Throughput de voz por usuario en hora pico           | 60        |
| 4.1.9   | Throughput CS por usuario en hora pico               | 61        |



|   |           |
|---|-----------|
| 4.1.10 Throughput PSHS por usuario en hora pico       | 61        |
| 4.1.11 Trafico FACH en Erlang                         | 62        |
| 4.1.12 Nodos B en el RNS                              | 64        |
| 4.1.13 Modelo de tráfico                              | 64        |
| 4.2 Relación equipo - experiencia de usuario          | 65        |
| 4.3 Aplicación del estudio                            | 65        |
| 4.3.1 Mejora del equipo actual                        | 65        |
| 4.3.2 Dimensionamiento RNC 3820                       | 70        |
| 4.3.3 Dimensionamiento Evo Controller 8200            | 78        |
| 4.4 Consumo y costo de los equipos                    | 78        |
| <b>CAPITULO V RESULTADOS</b>                          | <b>80</b> |
| 5.1 Comparación de los resultados                     | 80        |
| 5.2 Análisis de resultados                            | 80        |
| <b>CONCLUSIONES</b>                                   | <b>82</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b>                                | <b>83</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                                   | <b>85</b> |
| <b>ANEXOS</b>   | <b>88</b> |
| Anexo 1: Dimensioning Description RNC 3810            | 88        |
| Anexo 2: Dimensioning Description RNC 3820            | 114       |
| Anexo 3: Dimensioning Description Evo Controller 8200 | 136       |
| Anexo 4: Valores de KPIs                              | 151       |
| Anexo 5: Definición de Variables                      | 166       |

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Estimación de usuarios UMTS en el RNS en estudio       | 52 |
| <b>Tabla 2.</b> Total nodos B, sectores y E1s                          | 64 |
| <b>Tabla 3.</b> Modelo de tráfico Movilnet                             | 64 |
| <b>Tabla 4.</b> Valores de N   | 67 |
| <b>Tabla 5.</b> Dimensionado RNC 3820                                  | 71 |
| <b>Tabla 6.</b> Configuración estándar para la RNC 3820 – Tamaño A     | 71 |
| <b>Tabla 7.</b> Configuración estándar para la RNC 3820 – Tamaño B y C | 72 |
| <b>Tabla 8.</b> Tipos de SPB   | 73 |
| <b>Tabla 9.</b> Dimensionamiento Evo Controller 8200                   | 77 |
| <b>Tabla 10.</b> Máximo consumo de tarjetas de la RNC 3820             | 79 |
| <b>Tabla 11.</b> Máximo consumo de tarjetas de la Evo Controller 8200  | 79 |
| <b>Tabla 12.</b> Máximo consumo de los equipos                         | 79 |
| <b>Tabla 13.</b> Tabla comparativa de cantidad de tarjetas             | 80 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Interfaz aérea y tratamiento de bits en WCDMA   | 29 |
| <b>Figura 2.</b> Canales lógicos, canales de transporte y canales físicos en un sistema UTRAN WCDMA        | 33 |
| <b>Figura 3.</b> Mapeo entre canales físicos y canales de transporte en dirección ascendente y descendente | 33 |
| <b>Figura 4.</b> Sistema UMTS definido por 3GPP  | 34 |
| <b>Figura 5.</b> Arquitectura UTRAN  | 35 |
| <b>Figura 6.</b> Hardhandover  | 36 |
| <b>Figura 7.</b> SoftHandover  | 37 |
| <b>Figura 8.</b> Softerhandover  | 37 |
| <b>Figura 9.</b> Estados de conexión del protocolo RRC   | 38 |
| <b>Figura 10.</b> Establecimiento de la conexión de RRC  | 39 |
| <b>Figura 11.</b> Arquitectura UMTS con los dominios CS y PS en el núcleo de red                           | 42 |
| <b>Figura 12.</b> Nodo RNC 3810  | 46 |
| <b>Figura 13.</b> Nodo RNC 3820  | 47 |
| <b>Figura 14.</b> Usuarios activos y usuarios URA  | 51 |
| <b>Figura 15.</b> Estimación de usuarios UMTS en el RNS en estudio   | 52 |
| <b>Figura 16.</b> SRB por usuario en hora pico   | 53 |
| <b>Figura 17.</b> Llamadas promedio por usuario en hora pico   | 55 |
| <b>Figura 18.</b> Switches por usuario en hora pico  | 56 |
| <b>Figura 19.</b> Softhandovers por usuario en hora pico   | 57 |
| <b>Figura 20.</b> SofterHOs promedio por usuario en hora pico  | 58 |
| <b>Figura 21.</b> OtherHOs promedio por usuario en hora pico   | 59 |
| <b>Figura 22.</b> Throughput de voz por usuario promediado en hora pico                                    | 60 |
| <b>Figura 23.</b> Throughput PS y HS por usuario en hora pico  | 62 |
| <b>Figura 24.</b> Tráfico total FACH en hora pico  | 63 |
| <b>Figura 25.</b> Carga de Procesamiento mMP teórico vs medido en hora pico                                | 68 |
| <b>Figura 26.</b> Carga de procesamiento teórica DCSP y PDRSP hora pico                                    | 69 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 27.</b> Configuración optimizada y estándar        | 75 |
| <b>Figura 28.</b> Configuración del nodo RNC 3820            | 76 |
| <b>Figura 29.</b> Configuración del nodo Evo Controller 8200 | 78 |

## LISTA DE ACRÓNIMOS

**3GPP:** 3rd Generation Partnership Project

**AMPS:** Advanced Mobile Phone System

**BCCH:** Canal de Control de Difusión

**BSC:** Base Station Controller

**BTS:** Base Transceiver Station

**CCCH:** Canal de Control Común

**CCSP:** Common Channel Special Processor

**CMXB:** Component Main Switch Board

**CN:** Core Network

**CTCH:** Canal de Tráfico Común

**D AMPS:** Digital AMPS

**DB:** Dummy Board

**DCCH:** Canal de Control Dedicado

**DCH:** Canal Dedicado

**DCSP:** Dedicated Channel Special Processor

**DPDCH:** Canal de Datos Físico Dedicado

**DSSS:** Espectro ensanchado por secuencia directa

**DTCH:** Canal de Tráfico Dedicado

**EDGE:** Enhanced Data Rates for GSM Evolution

**EPB:** Evo Processor Board

**ETB:** Exchange Terminal Board

**EV-DO:** Evolution-Data Only

**FACH:** Canal de Acceso Directo

**GGSN:** Gateway GPRS Support Node

**GMSC:** Gateway MSC

**GPB:** General Purpose Processor Board

**GPRS:** General Packet Radio Service

**GSM:** Global System for Mobile Communications

**GTP-U:** GPRS Tunneling Protocol - User Plane

**HLR:** Home Location Register

**HSDPA:** High Speed Downlink Packet Access

**IMT-2000:** Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000

**IRAT:** Inter Radio Access Technology

**KPI:** Key Performance Indicator

**LTE:** Long Term Evolution

**MGW:** Media Gateway

**MSC:** Mobile Switching Center

**OFDMA:** Orthogonal Frequency Division Multiple Access

**PCCH:** Canal de Control de Paging

**P-CCPCH:** Canal de Control Físico Común Primario

**PCH:** Canal de Paging

**PDRSP:** Packet Data Router Special Processor

**PSTN:** Public Switched Telephone Network

**RACH:** Canal de Acceso Aleatorio

**RNC:** Radio Network Controller

**RNS:** Radio Network Subsystem

**RRC:** Control de Recursos Radioeléctricos

**SCB:** Switch Core Board

**S-CCPCH:** Canal de Control Físico Común Secundario

**SCXB:** System Control Switch Board

**SGSN:** Server GPRS Support Node

**SP:** Special Processor

**SPB:** Special Purpose Processor Board

**SRB:** Signalling Radio Bearer

**STP:** Signalling Transfer Point

**SXB:** Switch Extension Board

**TDMA:** Time Division Multiple Access

**TUB:** Timing Unit Board

**UE:** User Equipment



**UIT:** Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UMTS:** Universal Mobile Telecommunications System

**URA:** Utran Registration Area

**USIM:** Modulo de Identidad de Servicios de Usuario

**UTRAN:** UMTS Terrestrial Radio Access Network

**VLR:** Visitor Location Register

**WCDMA:** Wideband Code Division Multiple Access

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se desarrollara en una de las empresas del sector de telefonía móvil en Venezuela llamada Telecomunicaciones Movilnet. Esta empresa se creó en el año de 1992 como una filial de la compañía de telefonía fija Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV). En sus primeros años ofreció el servicio mediante un sistema de telefonía móvil de primera generación completamente analógica denominado *Advanced Mobile Phone System* (AMPS) (en español Sistema Telefónico Móvil Avanzado). Posteriormente, en 1996, Movilnet digitalizó su red con la implementación de la tecnología TDMA (*Time Division Multiple Access*) (en español el Acceso Múltiple por División de Tiempo) y en el año 2009 fue desplegada comercialmente la red UMTS.

Es evidente entonces, que Movilnet trabaja de manera perseverante para brindar a sus usuarios un servicio eficiente de transmisión de voz y datos a nivel nacional. La misma posee gran cantidad de usuarios que demandan constantemente ambos servicios ya sea para la ejecución de llamadas (voz) o por el uso de datos para navegar en internet u otros datos no-voz. Además, en la actualidad se ha consolidado el uso de teléfonos inteligentes (en ingles *smartphones*) no solo en la población venezolana si no en el mundo entero, cuya característica primordial es el acceso a internet ya sea por medio de una red *Wireless Fidelity* (WiFi) (en español Fidelidad Inalámbrica) o la red 3G (tercera generación) mediante UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) (en español Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles).

Cabe destacar, que UMTS es una tecnología usada por los móviles de tercera generación y también es conocida como *Wideband Code Division Multiple Access* (en español Acceso múltiple por división de código de banda ancha) cuyo acrónimo es WCDMA, que ofrece capacidades multimedia más eficientes, una velocidad de

acceso a Internet más rápida y una transmisión de voz con calidad similar a las ofrecidas por redes fijas.

Así mismo, el desarrollo actual de tecnologías tales como el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (del inglés *Global System for Mobile Communications*, GSM), Acceso Múltiple por División de Código o CDMA (del inglés *Code Division Multiple Access*) y redes WCDMA, ha propiciado una fuerte demanda en la eficiencia de los Controladores de la Red Radio o RNC (en inglés *Radio Network Controller*), los cuales deben ayudar a los operadores a satisfacer las futuras necesidades de expansión. Por otra parte, el éxito de los *smartphones* impone nuevas exigencias en las redes móviles, y especialmente en los RNC. Al mismo tiempo, los servicios móviles de banda ancha prestados a los ordenadores portátiles y tabletas, también están contribuyendo al rápido crecimiento del tráfico de datos.

Dado al tráfico excesivo en la red, la misma no está trabajando de manera efectiva y por ende la experiencia del usuario a la hora de utilizar los recursos de la misma se ve afectada, motivado en gran parte a la carga de procesamiento de datos en el nodo RNC. Es por ello que el presente proyecto tiene como finalidad realizar un estudio de alternativas para aumentar la eficiencia de la red UMTS de Movilnet al este de Caracas.

Finalmente la estructura del trabajo es la siguiente. En el Capítulo 1 se define el problema. Luego, en el siguiente capítulo se dan los basamentos teóricos sobre los que se fundamenta este proyecto. En el Capítulo 3 se describen los pasos metodológicos necesarios para la obtención efectiva de la solución del problema planteado y, finalmente en el Capítulo 4, se presenta el análisis de resultados dando así una propuesta de mejora.

# **CAPÍTULO I**

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 INSTITUCIÓN DONDE SE LLEVO A CABO EL SIGUIENTE TRABAJO DE GRADO.**

#### **Telecomunicaciones Movilnet**

Telecomunicaciones Movilnet es la filial de CANTV para el sector de telefonía móvil en Venezuela. Fue fundada en mayo del año 1992 y en su primer año alcanzo 21 mil clientes ofreciendo servicio AMPS, con cobertura en Caracas, Valencia y otras ciudades del país. En 1996 la empresa se moderniza migrando a tecnología TDMA, siendo la segunda en el país en ofrecer tecnología digital. En el año 2003 inicia la implementación de la tecnología CDMA2000 1xRTT permitiéndole ofrecer servicios de Tercera Generación siendo una de las primeras en Suramérica en ofrecer estos servicios.

En el año 2005 se convirtió en la primera operadora en Venezuela en ofrecer una red CDMA2000 1xEV-DO, sobre la cual se comercializa el servicio "ABA Móvil", que es un servicio de Internet de alta velocidad sobre telefonía móvil. En 2007, se realizó la nacionalización de la empresa matriz CANTV, con lo que Movilnet pasó también a ser administrada por el Estado venezolano.

El siguiente trabajo especial de grado se llevó a cabo en la coordinación de conmutación, adscrita a la gerencia de implementación de red fija de Movilnet. Esta coordinación efectúa las siguientes funciones:

1. Ejecución de proyectos de expansión, optimización y puesta en servicio de tecnologías de conmutación y procesamiento de voz, datos y señalización en la red inalámbrica (MSC, STP, MGW, BSC, RNC), con el fin de cumplir con los objetivos y metas establecidos en el plan de expansión de la empresa, de acuerdo a los lineamientos definidos por la gerencia de Implementación de Red Fija.
2. Definir el alcance de los proyectos a ejecutar, con el fin de establecer su dimensión e impacto.
3. Revisar y comparar la ingeniería de detalle Movilnet con la ingeniería de detalle del proveedor, a los fines de establecer similitudes y diferencias que pudieran alterar la ejecución del proyecto
4. Controlar los tiempos de ejecución de los proyectos, con el fin de verificar el cumplimiento del cronograma diseñado
5. Aportar soluciones técnicas de alto nivel y participar en su desarrollo para mejorar el performance de la red fija a nivel nacional.
6. Coordinar con todas las áreas pertinentes la ejecución e impacto de las actividades a ejecutar.
7. Ejecutar los planes de pruebas necesarios para asegurar la calidad y funcionalidad de los equipos instalados.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El uso abundante y la cantidad de usuarios en una red, traen consigo el exceso de tráfico, lo que da lugar a la demanda desmesurada de recursos como ancho de banda, memoria, capacidad de procesamiento; esto se conoce como congestión de la red y trae como consecuencia retardos y pérdidas de paquetes lo cual impide que los usuarios sean atendidos efectivamente por los servicios que ofrece la red UMTS/HSDPA de Movilnet cuya red de acceso está constituida por Nodos B, que corresponden a las estaciones base donde se sitúan las antenas y elementos de transmisión radio, así como los RNC

La RNC se encarga de la gestión de recursos radio y parte de la gestión de movilidad como *handovers* (funcionalidad utilizada en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra), control de admisión, controles de potencia, control de tráfico y gestión de los nodos B. Por su parte, el nodo B se encarga de la interfaz aire transmisión y recepción, modulación y demodulación, se comunica directamente con los móviles y obedece a la RNC.

Para ilustrar esto, en Caracas, esta red de acceso se encuentra dividida en tres RNS, cada uno atendida por una RNC y varios nodos B. Existe una RNC que brinda servicio a los usuarios del este de la ciudad, otra brinda servicio al oeste de la ciudad y una que brinda servicio a localidades foráneas de la ciudad. Actualmente, en el este de Caracas existe la mayor cantidad de usuarios 3G de esta red UMTS y por lo tanto es la zona que presenta mayor volumen de tráfico, algunos servicios no prioritarios se empiezan a descartar y es por ello se ve afectada la calidad de servicio y la experiencia de navegación del usuario. Es por ello, que el presente estudio, es motivado por la deficiente experiencia de navegación que perciben actualmente los usuarios de la red UMTS de Movilnet al este de Caracas, situación que al ser resuelta o mejorada, beneficiará a los usuarios actuales y a los próximos por captar, mejorando de manera más eficiente los servicios de voz y/o datos.

Cabe decir que todo el tráfico de datos que se genera en esta zona es procesado por una RNC que está llegando al límite de procesamiento, por ello el presente trabajo busca estudiar alternativas para mejorar u optimizar sus funciones que permitan mejorar el servicio 3G en la misma. Conforme a lo expresado, la problemática presente en Movilnet conlleva a formular las siguientes interrogantes: ¿Cuál debe ser la propuesta para mejorar el servicio 3G brindado a los usuarios del este de Caracas? ¿Cuál es el peso que tiene la RNC en el desempeño de la red UMTS de Movilnet? ¿Es factible optimizar el servicio prestado por la RNC actualmente en funcionamiento en el este de Caracas?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE**

Las redes de comunicaciones se han caracterizado por un notable crecimiento de usuarios, que obliga la búsqueda de mejoras para la actual demanda, siendo este un rol primordial en las empresas de telefonía. Movilnet, como operadora de telefonía móvil y organización en constante crecimiento, se ve obligada a mantenerse en la vanguardia tecnológica con el propósito de satisfacer a sus usuarios mediante un servicio de calidad. Por esta razón, Movilnet debe encaminarse al logro de la efectividad necesaria para la adecuada prestación de servicios a los usuarios ya que requieren la mejora a nivel de telefonía móvil que les posibilite una mayor competitividad en el mercado. Este estudio tiene como propósito presentar opciones para mejorar el desempeño de una red móvil aumentando la calidad de servicio y la experiencia de navegación en el RNS que brinda servicio al este de Caracas.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

1. Estudiar alternativas para aumentar la eficiencia del servicio 3G de la red UMTS de Movilnet en la zona servida por la RNC que atiende a usuarios del este de Caracas.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Conocer las tecnologías presentes en el Sistema UMTS y sus aplicaciones.
2. Describir la estructura de la red UMTS de Movilnet en la zona atendida por la RNC del Este de Caracas.
3. Analizar causas que limiten la experiencia del usuario en el servicio 3G en el este de Caracas.

4. Estudiar las características de la RNC actualmente en funcionamiento y de los diferentes modelos existentes.
5. Determinar factibilidad de mejorar el servicio 3G aumentando la eficiencia de la Radio Network Controller actualmente en funcionamiento.
6. Determinar que otras alternativas existen para mejorar la eficiencia de la red UMTS en el este de Caracas.
7. Establecer las posibles soluciones para la mejora del servicio.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 GENERACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

##### 2.1.1 Primera Generación (1G)

Una de las características de la primera generación de telefonía móvil es que era completamente analógica y estrictamente para voz. La tecnología predominante de esta generación fue AMPS, dividía el espacio geográfico en una red de celdas de tal forma que las celdas adyacentes nunca usaran las mismas frecuencias para evitar interferencias. [12]

##### 2.1.2 Segunda generación (2G)

Con el uso de los estándares de primera generación, la industria de las telecomunicaciones encontró ciertas limitaciones prácticas a medida que el servicio de telefonía móvil se hacía más popular. Se comenzaron a apreciar limitaciones de capacidad e interferencia, además no existía compatibilidad entre los diferentes estándares utilizados. En 1990 nace la segunda generación de telefonía móvil la cual tiene como característica principal la digitalización de las comunicaciones lo cual ofrece una mejor calidad de voz y además se aumenta la seguridad. En esta época nacen varios estándares de comunicación móviles: D-AMPS (EE.UU.), *Personal Digital Cellular* (Japón), cdmaOne (EE. UU. y Asia) y GSM. Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas por voz (de 8 a 13 kbps), pero limitados en comunicación de datos (tasas hasta 15 kbps). En la generación denominada 2.5G se comenzó a transmitir los datos a una velocidad de

9,6 kbps con la tecnología GPRS. Luego se introduce la tecnología EDGE la cual permite una velocidad de 180 Kbps, esta se conoce como 2.75G. [12]

### **2.1.3 Tercera Generación (3G)**

La tercera generación nace de la necesidad de aumentar la transferencia de datos para ofrecer servicio como la conexión a Internet desde el móvil, la descarga de archivos y videoconferencia. Los servicios asociados con la tercera generación proporcionan la posibilidad de transferir tanto voz como datos. Entre las tecnologías predominantes de la tercera generación se encuentran UMTS, CDMA2000, EVDO entre otras. UMTS está basada en W-CDMA la cual es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos soportando altas tasas de velocidad hasta 3 Mbps, permitiendo una movilidad total a usuarios. [3]

### **2.1.4 Cuarta Generación (4G)**

La principal diferencia de 4G con respecto a sus predecesoras es que tiene capacidad para proveer velocidades de acceso mayores de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio (QoS) de punta y alta seguridad. *LTE Advanced* es el estándar de cuarta generación y su interfaz radioeléctrica está basada en OFDMA; está basada completamente en el protocolo IP. [13]

## **2.2. SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES (UMTS)**

### **2.2.1 Que es el sistema UMTS**

UMTS es un sistema de comunicaciones móviles capaz de ofrecer significativos beneficios a los usuarios, incluyendo una alta calidad y servicios

multimedia sobre una red convergente con componentes fijos, celulares y por satélite. La velocidad de transferencia de datos que la UIT requiere va desde los 144 kbps sobre vehículos a gran velocidad hasta los 2 Mbps sobre terminales en interiores de edificios.

La UIT definió lo que serían los sistemas de tercera generación, también conocidos como IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications 2000*) donde UMTS fue aceptado como uno de ellos, siendo el más importante. Esta nueva generación definida por la UIT debía proporcionar velocidades de transmisión mucho más altas siendo 2 Mbps el valor de referencia y para lograrlo UMTS contó con una nueva interfaz de radio y mayor ancho de banda, así como con nuevas frecuencias. En el caso de UMTS, la misma frecuencia se usa en toda la red y diferentes usuarios son atendidos simultáneamente. Este estándar trabaja en las bandas de 1900 MHz y 2100 MHz.

A partir de 1998, el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project* o Proyecto Asociación de Tercera Generación) ha ido publicando distintas versiones de las especificaciones de UMTS, la primera de ellas recibió el nombre de *Release 99*. A partir de ésta, las siguientes se nombran con números consecutivos a partir del 4. Así, después de *Release 99*, se publica el *Release 4*, posteriormente vendrían la 5, 6, 7, 8 (que introdujo soporte para LTE), 9, 10, 11 y 12. Cada *Release* incorpora funcionalidades nuevas y va mejorando las capacidades del sistema. UMTS usa una comunicación terrestre basada en una interfaz de radio WCDMA. [1]

## **2.3 ASPECTOS BÁSICOS DE WCDMA**

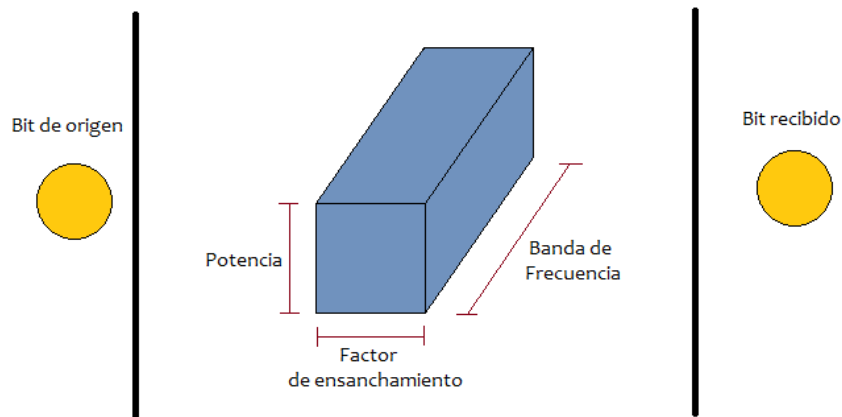
### **2.3.1 Que es WCDMA**

La tecnología WCDMA emplea la técnica DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) espectro ensanchado por secuencia directa, supongamos que se emite una

señal radioeléctrica desde una estación base a una estación móvil, en la estación base la señal transmitida con velocidad  $V$  se ensancha a lo largo de la banda ancha, originando una señal de espectro ensanchado con un ancho de banda  $W$ . La información se extiende por una ventana de unos 5 MHz, siendo éste el ancho de banda requerido por UMTS para cada portadora. En el móvil, la señal recibida se multiplica por una réplica de la señal generada localmente. Entonces, si la réplica se sincroniza con el código o la señal de espectro ensanchado, el resultado será la señal original mas, posiblemente, algunos componentes falsos de frecuencias más altas que no forman parte de la señal original y que, por tanto, pueden filtrarse fácilmente. [1]

El tratamiento que da WCDMA a la unidad mínima de datos (bit) es el siguiente; cada bit de información original se puede comparar con una caja en la que el volumen es constante, pero las dimensiones varían según el caso. Estudiando la figura 1, podremos ver que la profundidad de la “caja” (la banda de frecuencia) es constante en WCDMA. Las dos dimensiones restantes, la potencia y el factor de ensanchamiento, están sujetos a cambios. De lo que se desprende lo siguiente:

1. Cuanto mejor se ensanche la señal, menos energía por bit (potencia) será necesaria. Puede aplicarse este principio si la velocidad binaria original es reducida. Dicho de otra forma, el factor de ensanchamiento aumenta y la potencia disminuye.
2. Cuanto menor sea el factor de ensanchamiento, mayor será la energía necesaria por bit (potencia). Esto ocurre cuando la velocidad binaria original es alta. El factor de ensanchamiento disminuye y la potencia aumenta.



**Figura 1 – Interfaz aérea y tratamiento de bits en WCDMA [1]**

La idea esencial de la tecnología WCDMA es que la señal que se transmite por el trayecto radioeléctrico se forma multiplicando la señal digital en la banda base, la original, por otra señal con una velocidad binaria mucho mayor. El flujo de datos de cada usuario ocupa la banda de frecuencia completa y es por ello que es necesario captar la señal correcta con la mínima distorsión. Es entonces cuando se utilizan los códigos de ensanchamiento para separar las diferentes transmisiones ensanchadas por toda la banda de frecuencia. Un código de ensanchamiento es un código único y exclusivo que la red asigna al comienzo de la transacción. Todos los usuarios utilizan la misma frecuencia a la vez para transmitir la información y la diferenciación se realiza por el código, ya que cada uno utiliza uno diferente.

En resumen, WCDMA es una técnica de acceso múltiple por división de código que emplea canales de radio con un ancho de banda de 5 MHz y se basa en la codificación de las tramas digitales transmitidas por el emisor, de tal manera que solo los terminales a los que va dirigida la señal original pueden reconstruirla, aunque llegue enmascarada con otras señales. Las señales procedentes de varias fuentes, una vez ensanchadas según la técnica DSSS, pueden coexistir en el mismo entorno, presentando una interferencia muy reducida, y si la expansión se realiza empleando

códigos ortogonales, entonces se puede recuperar cada señal utilizando el mismo código que la originó. [1]

### **2.3.2 Canales Radioeléctricos en WCDMA**

El acceso radio WCDMA asigna un ancho de banda a los usuarios y de la gestión de ese ancho de banda asignado y de sus funciones de control se encargan los canales. La funcionalidad implementada a través de WCDMA define que tipos de canales son necesarios y como deben organizarse, son controlados por el RNC.. Se dividen en tres tipos: canales lógicos, canales de transporte y canales físicos. Los canales lógicos describen el tipo de información transmitida, los canales de transporte describen como se transfieren los canales lógicos y los canales físicos son los medios que proporcionan la plataforma radioeléctrica a través de la cual se transferirá la información.

Los canales lógicos pueden clasificarse en dos grupos, canales de control y canales de tráfico. Los canales de control son utilizados para transferir información del plano de control y los canales de tráfico se utilizan para transferir información del plano de usuario. Los canales de control son el BCCH (Canal de Control de Difusión), PCCH (Canal de Control de Paging), DCCH (Canal de Control Dedicado), CCCH (Canal de Control Común). Los canales de tráfico son el DTCH (Canal de Tráfico Dedicado) y el CTCH (Canal de Tráfico Común). El plano de control tiene la finalidad de garantizar el control a nivel de sistema de los recursos y los servicios de comunicación; lleva la información de control también conocida como señalización. El plano de usuario garantiza el flujo de extremo a extremo de los datos de usuarios, lleva el tráfico de los usuarios de la red. Los canales lógicos pueden realizar las siguientes tareas:

- Informar al UE (*User Equipment*) sobre el entorno radioeléctrico. Esta información puede consistir, por ejemplo, en los niveles de potencia

permitidos. La red facilita al UE este tipo de información a través del canal lógico BCCH.

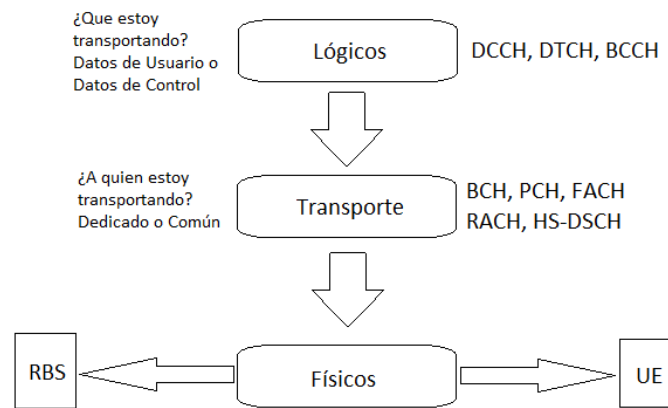
- Cuando surge la necesidad de establecer una comunicación con un UE en concreto, es necesario emplear el servicio de *paging* para determinar la posición exacta del UE. Esta solicitud se entrega por el canal PCCH.
- La red puede tener que realizar ciertas tareas que pueden ser comunes a todos los UE que residen en la célula. Con este fin, la red utiliza un canal lógico llamado CCCH. El CCCH es un canal bidireccional que transfiere información de control entre la red y el UE.
- Ante una conexión activa dedicada, la red envía información de control sobre esta conexión a través del canal lógico DCCH. Es un canal dedicado punto a punto bidireccional (Nodo B  $\leftrightarrow$  UE) que se establece cuando la unidad móvil empieza una conexión RRC.
- El tráfico de usuario dedicado para un servicio de usuario se envía a través del canal lógico llamado DTCH. Es un canal punto a punto dedicado a un UE; se utiliza para transferir la información de usuario, éste tipo de canal puede existir tanto en el enlace de bajada como en el de subida.
- El CTCH es un canal punto a multipunto, se usa para transferir información de usuario a todos o a un grupo de usuario móviles, es unidireccional y descendente.

En lo referente a canales de transporte, el único canal de transporte dedicado es el DCH (Canal dedicado), el resto son comunes. Los canales de transporte obligatorios son el canal de difusión (BCH), el Canal de Paging (PCH), el canal de acceso directo (FACH) y el DCH. El término dedicado significa que la red UTRAN ha asignado el canal al uso exclusivo entre la propia red y terminales concretos, mientras que común significa que varios terminales pueden utilizar un mismo canal simultáneamente.

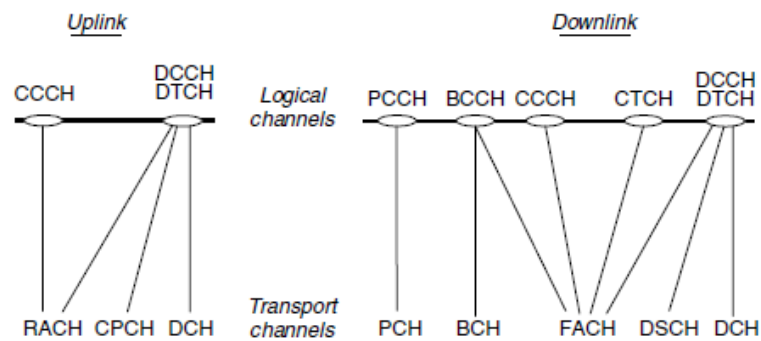
El BCH transporta el contenido del BCCH, es decir, la información específica de la UTRAN que debe entregarse en la célula. El PCH contiene información de radio búsqueda (*paging*) se utiliza cuando la red desea iniciar una conexión con un determinado UE. El canal FACH transmite información de control a un UE que se sabe que está en la célula, por ejemplo, cuando el RNC recibe un mensaje de acceso aleatorio del terminal mediante el canal RACH, la respuesta se envía a través del FACH. Además este canal puede dirigir tráfico de paquetes en dirección descendente. El RACH, es el canal de acceso aleatorio y transporta información de control, por ejemplo, solicitudes de establecimiento de conexión desde el UE a la UTRAN, además puede transportar pequeñas cantidades de datos por paquetes. Desde el punto de vista de la capacidad, el objetivo consiste en utilizar los canales de transporte comunes tanto como sea posible, puesto que los dedicados acapararían los recursos radioeléctricos.

En lo referente a canales físicos, estos se utilizan entre el terminal y el nodo B. El P-CCPCH (Canal de control físico común primario) transporta el BCH en dirección descendente y se presenta de forma que todos los terminales de un área de cobertura puedan demodular su contenido. El S-CCPCH (Canal de Control Físico Común Secundario) incluye dos canales de transporte el PCH y el FACH. El DPDCH (canal de datos físico dedicado) se encarga del tráfico dedicado de usuario, puede operar con varias llamadas o conexiones a la vez, es un canal dedicado que se utiliza entre la red y un usuario. [1]





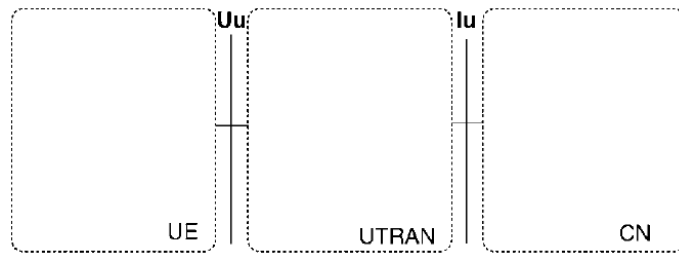
**Figura 2 – Canales lógicos, canales de transporte y canales físicos en un sistema UTRAN WCDMA. [8]**



**Figura 3 – Mapeo entre canales físicos y canales de transporte en dirección ascendente y descendente [2]**

## 2.4 ARQUITECTURA DE UNA RED UMTS

UMTS presenta una arquitectura en la cual se describen tres elementos importantes: UE (Equipo de Usuario), UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*) y la red central (CN, Core Network). UMTS utiliza la misma red central de GSM, pero con una interfaz de radio completamente diferente, los elementos que forman la arquitectura básica de una red UMTS se muestran en la figura 4.



**Figura 4 – Sistema UMTS definido por 3GPP [2]**

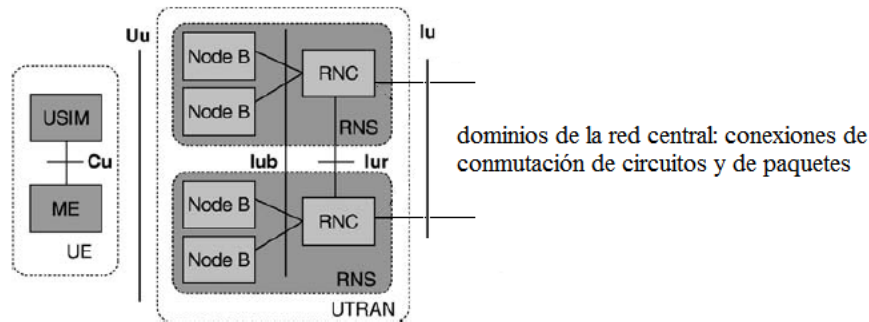
#### **2.4.1 Equipo de Usuario (UE)**

Se compone del terminal móvil y su módulo de identidad de servicios de usuario (USIM). Los equipos de usuario acceden a la red a través de la interfaz de radio (Uu), basada en WCDMA. La UTRAN se encarga de transportar el tráfico de usuario (voz, datos, señalización móvil-red) hasta el Core Network (CN), con el que se comunica a través de la interfaz Iu. Dentro del CN se encuentran los recursos de conmutación y transmisión necesarios para completar el trayecto de la comunicación hacia el abonado remoto, que puede pertenecer o no a la red UMTS. [1]

#### **2.4.2 Red de acceso radio (UTRAN)**

La figura 5 ilustra la arquitectura UTRAN en el nivel de los elementos de red. La UTRAN proporciona la conexión entre los terminales móviles y el core network, se compone de RNSs (*Radio Network Subsystems*) que son el modo de comunicación de la red UMTS. Un RNS es responsable de los recursos y de la transmisión/recepción en un conjunto de celdas, y está compuesto de un RNC (*Radio Network Controller*) y varios nodos B. Los RNS están separados entre sí por la interfaz Iur que transmite señalizaciones e información de tráfico. Los nodos B son los elementos de la red que se corresponden con las estaciones base (BTS). El

controlador de la red radio (RNC) es responsable de todo el control de los recursos logicos de un nodo B. [1]



**Figura 5 – Arquitectura UTRAN [2]**

Los nodos B se conectan al RNC a través de la interfaz Iub y a los usuarios por medio de la interfaz aerea Uu (WCDMA) y su principal funcion es la de convertir los flujos de datos entre estas dos intefaces. Mide la calidad y fuerza de la señal y manda esta informacion al RNC para el proceso de handover.

El RNC es el elemento de conmutacion y de control de la UTRAN y se ubica entre las interfaces Iub e Iu. Ademas, tiene una tercera interfaz, la Iur, utilizada para las conexiones establecidas entre RNSs. La función del RNC es garantizar la estabilidad del trayecto de radio y la QoS de la conexión por radio mediante una gestion y un uso eficiente de los recursos radioelectricos. Las funciones de control de la UTRAN son todas las relacionadas con el establecimiento, el mantenimiento y la liberacion de servicios, encargada de mantener los mecanismos necesarios para garantizar la movilidad del usuario y mantener la QoS. El control de traspasos (handovers) es uno de los principales medios utilizados para garantizarlo, la razon fundamental por la que se deben activarse los traspasos se plantea cuando la conexión de la interfaz aerea deja de cumplir los criterios deseados y, por lo tanto, el UE o la

UTRAN inician acciones para mejorar la calidad de la conexión. Los *handovers* se pueden clasificar en:

- *Hardhandover* (Sin continuidad)
- *Softhandover* (Con continuidad)
- *Softerhandover* (Máxima continuidad)

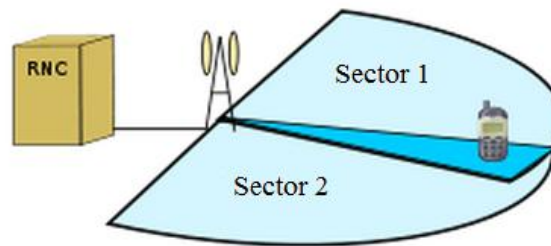
Si durante el proceso de traspaso, la conexión antigua se libera antes de establecer la nueva conexión, se produce un *hardhandover*, en la figura 6 se representa el *Hardhandover*. Si, a diferencia del *hardhandover*, se establece una nueva conexión antes de que la antigua se libere, el proceso se denomina *softhandover*, en la figura 7 se representa el *softhandover*. Un *softerhandover* se produce cuando se sustituye una señal por una de mayor intensidad en dos sectores diferentes controlados por el mismo nodo B. En un *softerhandover*, el nodo B transmite a través de un sector pero recibe más de un sector, en la figura 8 se representa el *softerhandover*. Existe otro tipo de handover que se denomina *IRAT Handover (Inter Radio Access Technology Handover)* que consiste en el cambio de tecnologías de acceso a la red, por ejemplo, cuando pasamos de una red 2G a una red 3G o viceversa. [1]



**Figura 6 – Hardhandover [14]**



**Figura 7 –SoftHandover [15]**



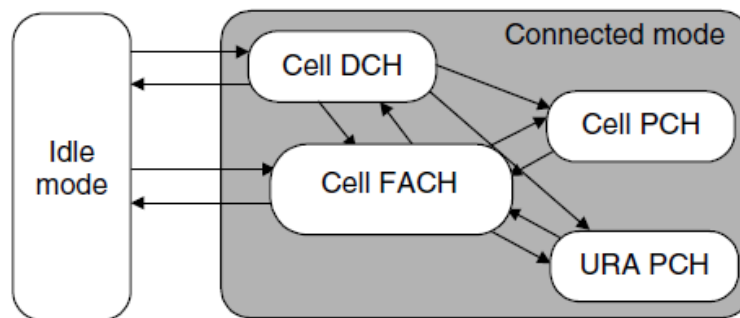
**Figura 8 – Softerhandover [16]**

#### 2.4.2.1 Protocolo RRC (Control de Recursos Radioeléctricos)

La mayor parte del control de señalización entre el UE y la UTRAN son los mensajes RRC, los cuales transportan todos los parámetros requeridos para establecer, modificar y liberar una llamada. La movilidad del UE modo conectado es controlada por el RRC, por ejemplo, la realización de *handovers* y actualizaciones de celdas. Éste protocolo se ocupa del control y de la comunicación de las mediciones de los recursos radioeléctricos y solo puede haber una conexión RRC abierta al UE en un momento dado. La principal función del protocolo RRC es controlar los canales de transporte y los canales físicos. El UE siempre es el que solicita la conexión de RRC, establece un radioenlace a través de la interfaz Iub hasta el nodo B con la que el UE mantendrá la conexión de radio. En una conexión RRC existen dos modos básicos de operación:

1. Modo Reposo (Idle Mode)
2. Modo Conectado (Connected Mode):
  - a. Cell\_DCH
  - b. Cell\_FACH
  - c. Cell\_PCH
  - d. URA\_PCH

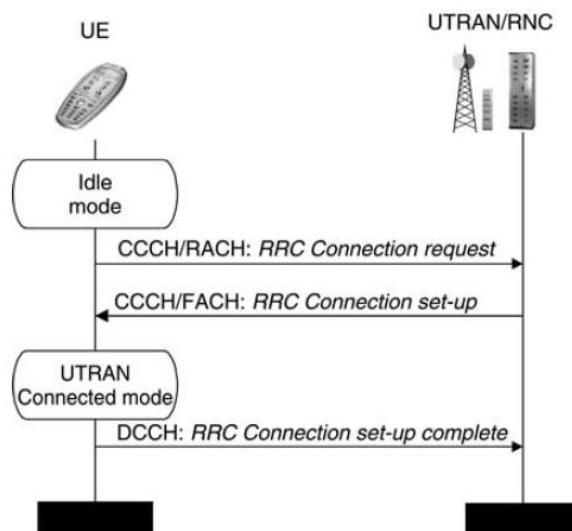
El modo conectado está dividido en sub-estados de servicios los cuales definen que tipo de canales físicos está utilizando el UE. En la figura 9 se muestran los estados del protocolo RRC y las transiciones entre el modo reposo y el modo conectado así como las transiciones entre cada uno de los sub-estados.



**Figura 9 – Estados de conexión del protocolo RRC [2]**

En el modo reposo, luego de que el UE es encendido, éste selecciona automáticamente una celda apropiada para conectarse. Este proceso se denomina “acampar en celda”. Luego de “acampar en celda” en el modo reposo, el UE está listo para recibir información del sistema y mensajes de difusión (*broadcast messages*). El UE está en modo reposo hasta que éste transmite una petición para establecer una conexión RRC.

En el estado Cell\_FACH no se utilizan canales dedicados, en vez de canales dedicados se utilizan el RACH y FACH para transmitir ya sea mensajes de señalización o pequeñas cantidades de datos de usuario. En este estado el UE también es capaz de escuchar el BCH (*Broadcast Channel*) para adquirir información del sistema; también realiza reelecciones de celda para luego enviar mensajes de actualización de celda a la RNC. En la figura 10 se observa el establecimiento de la conexión RRC.



**Figura 10 – Establecimiento de la conexión de RRC [2]**

En el estado Cell\_DCH la UTRAN ha asignado los recursos dedicados para la conexión. Éste sub-estado se activa cuando existe una gran cantidad de datos para transmitir.

Para el caso del estado Cell\_PCH, una vez que el UE se encuentra en el estado Cell\_FACH o Cell\_DCH, pero no hay datos que transmitir, el UE cambia a éste estado para que el pueda escuchar el canal de paging PCH. Si el UE realiza una reelección de celda, éste se mueve automáticamente al estado Cell\_FACH para

llevar a cabo el procedimiento de la actualización de celda y luego de esto regresa al Cell\_PCH si no se activa ninguna otra actividad durante este proceso.

En el estado URA\_PCH, cuando el UE se encuentra en estado Cell\_FACH o Cell\_DCH y la cantidad de datos que hay que transferir entre el UE y la UTRAN no es demasiada, o la movilidad del UE es alta, el UE se cambia a éste estado para evitar la continua actualización periódica y liberar los recursos de radio dedicados respectivamente. Los usuarios que se encuentran en este estado se denominan usuarios URA [1]

### **2.4.3 Red Central o Core Network (CN)**

El CN de UMTS puede considerarse la plataforma básica de todos los servicios de comunicaciones proporcionados a los abonados de las redes UMTS. Los servicios básicos incluyen la conmutación de llamadas por conmutación de circuitos y el enrutamiento de datos por paquetes. El dominio de la CN consiste en entidades que proporcionan soporte para las características de red y los servicios de telecomunicaciones, incluyendo funcionalidades tales como la localización de los usuarios, control de los servicios de red y mecanismos de transferencia, así como la señalización.

El CN incluye un dominio con conmutación de circuitos (CS - Circuit Switched) y un dominio con conmutación de paquetes (PS - Packet Switched). La CN está dividida en el dominio de conmutación de circuitos y el de conmutación de paquetes. En el dominio de conmutación de paquetes (IU<sub>PS</sub>) existe un protocolo importante denominado GTP-U (*GPRS Tunneling Protocol - User Plane*), la finalidad de este protocolo es transferir datos de usuario. También opera en la interfaz Gn que interconecta el SGSN con el GGSN y en la interfaz Gp la cual se emplea para la interconexión de redes entre dos SGSN. [1]



Algunos de los elementos de conmutación de circuitos son el centro de conmutación de servicios de Móviles (MSC), el registro de visitantes locales (VLR) y la pasarela MSC (GMSC). Elementos de conmutación de paquetes son el Nodo De Soporte de Servicios GPRS (SGSN) y el Gateway GPRS (GGSN).

El MSC realiza la conexión entre: 1) los usuarios móviles dentro de la misma red, 2) los usuarios móviles a la PSTN y 3) la conexión de usuarios a otras redes móviles. Mantiene una base de datos de la localización de los suscriptores. Es la pieza principal en una red de conmutación de circuitos.

El VLR es una base de datos que está asociada al MSC, contiene la localización exacta de todos los móviles que se encuentran en el área de servicio de la MSC. Esta información es necesaria para enrutar las llamadas al nodo B correcto. La información es borrada cuando el suscriptor deja el área de servicio del MSC. Cuando una llamada viene de afuera de la red móvil, o el suscriptor quiere hacer una llamada a alguien afuera de la red móvil, la llamada es enrutada a través del GMSC.

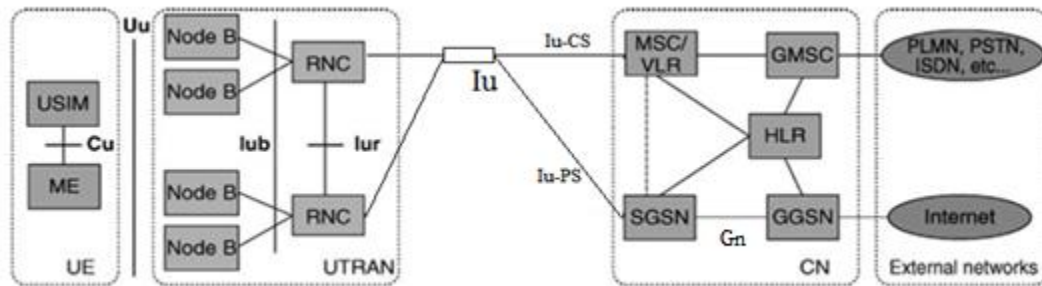
El SGSN maneja toda la conmutación de paquetes dentro de la red. Contiene la función de registro de posiciones donde se almacenan los datos necesarios para iniciar y concluir la transferencia de datos por paquetes. Es la pieza central en una red basada en conmutación de paquetes. [7]

GGSN es el gateway entre la red inalámbrica de datos UMTS hacia otras redes de datos externas como redes IP o redes privadas. Provee el acceso de host externos que se desean comunicar con los UE, desde el punto de vista de redes externas el GGSN es un enrutador hacia una subred porque éste esconde la infraestructura de UMTS de redes externas.

A través del núcleo de red, UMTS se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no solo entre

usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes. En la figura 11 se muestra la arquitectura UMTS pero ahora en la parte de núcleo de red, se puede apreciar los distintos dominios: CS y PS.

EL HLR (*Home Location Register*) es una base de datos que contiene la información de todos los suscriptores móviles. Contiene información de la identidad del suscriptor, su número telefónico, los servicios asociados e información general acerca de su ubicación. La localización exacta está en el VLR [7]



**Figura 11 – Arquitectura UMTS; dominios CS y PS en el núcleo de red [4]**

## 2.5 CONCEPTOS BÁSICOS DE TRÁFICO EN TELECOMUNICACIONES

El tráfico es de naturaleza aleatorio y, por lo tanto, su estudio entra en el campo de la teoría de la probabilidad; sin embargo, presenta ciertas regularidades o tendencias durante periodos de tiempo en los que aumenta, incluso hasta valores pico, o disminuye, hasta alcanzar mínimos.

Cada usuario de un servicio de comunicaciones intenta un número de llamadas por unidad de tiempo; y estas, en cada caso, tienen diferentes duraciones. La intensidad de tráfico es la razón entre el número de llamadas efectuadas respecto a la unidad de tiempo, calculada sobre un mismo nodo o vínculo de comunicaciones. A su

vez, el tiempo de retención es el tiempo medio que dura cada llamada sobre un mismo nodo o vínculo de comunicaciones.

### **2.5.1 Concepto de hora pico**

Tanto la intensidad de tráfico como el tiempo de retención, por ser valores probabilísticos, presentan diferencias dentro de un mismo día, y a su vez, los distintos días de la semana pueden tener valores diferentes. Hay incluso semanas con variaciones más pronunciadas que otras. Sin embargo las variaciones presentan regularidades o tendencias que permiten dimensionar la red según valores de tráfico perfectamente definidos. [6]

La hora de mayor tráfico u hora pico, coincide con el periodo más activo y obliga a diseñar la red de tal manera de evitar el colapso en esos momentos en que más se la necesita. Es por ello que tiene mucha importancia la definición de hora pico. La UIT-T, en su recomendación Q.80, define la hora pico como el valor medio correspondiente a las horas pico de los 30 días del mes que presentan los valores más elevados. A su vez, también se puede dar otra definición considerando exclusivamente los llamados días excepcionales de tráfico. A tal fin, la recomendación Q.80 define la hora pico con esas consideraciones como: valor medio correspondiente a las horas pico de los 5 días del año que presentan los valores más elevados. Entre ambas definiciones, cada administración de telecomunicaciones podrá tomar un valor extremo, o valores intermedios para dimensionar su red. El dimensionamiento, tanto de los nodos como de los enlaces troncales, debe ser efectuado para que la operación en la hora pico sea normal. [6]

### 2.5.2 Unidades de medida del flujo de tráfico

Denominaremos flujo de tráfico en un nodo, o en un vínculo de comunicaciones, al producto de la intensidad de tráfico por el tiempo de retención:

$$A = CT_R \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

A=flujo de trafico medido en Erlang

C=intensidad de tráfico, que representa el número de llamadas

T<sub>R</sub>=tiempo de retención medido en horas.

Se puede observar que se tiene un flujo de tráfico de un (1) Erlang cuando en una hora, se produce una sola llamada cuya duración es de una hora. Un Erlang, significará que el circuito estará totalmente ocupado; o dicho de otra manera, permanentemente ocupado. [6]

## 2.6 CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE DE LOS EQUIPOS

A continuación se describirán las características de tres RNCs de Ericsson disponibles para Movilnet.

- 1 RNC 3810
- 2 RNC 3820
- 3 Evo Controller 8200

### 2.6.1 Hardware RNC 3810

El *Main Subrack* (MS) incluye todas las funciones requeridas de la RNC y los *Extension Subracks* (ESs) son añadidos para incrementar la capacidad del equipo. Cada Subrack puede albergar hasta 28 tarjetas como máximo, en la figura 12 se observa el nodo RNC 3810. Los subracks pueden contener las siguientes tarjetas:

*General Purpose Processor Boards (GPBs)*: Las tarjetas GPB albergan los “Module Main Processors” o mMP (Module Main Processor) los cuales manejan la señalización, el plano de control.

*Special Purpose Processor Board (SBPs)*: Las tarjetas SPB albergan los “procesadores especiales” o SPs (*Special Processor*). Están designadas a manejar el “plano de usuario”. Los SPs pueden ser de tres tipos; PDRSP (*Packet Data Router Special Processor*) trabajan en conjunto con el protocolo GTP-U, CCSP (*Common Channel Special Processor*) trabajan en conjunto con los canales comunes o compartidos y los DCSP (*Dedicated Channel Special Processor*) trabajan en conjunto con los canales dedicados.

*Timing Unit Boards (TUBs)*: Solo se sitúan en el MS y provee el reloj de referencia del sistema.

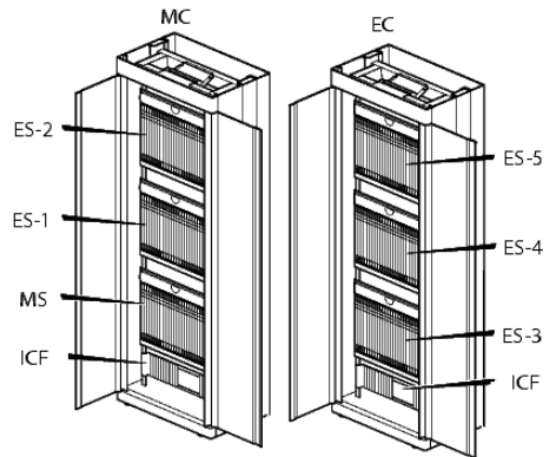
*Switch Core Boards (SCBs)*: Esta tarjeta permite distribuir la sincronización del sistema, provee enlaces de interconexión entre subracks.

*Switch Extension Boards (SXBs)*: Solo se sitúan en el MS e interconecta el MS con otros ES que no estén en el mismo gabinete.

*Exchange Terminal Boards (ETB)*: las tarjetas ET permiten la ejecución de llamadas de voz (dominio CS) en el RNS.

Dummy Boards (DBs): Son ranuras vacías para la futura expansión del nodo.

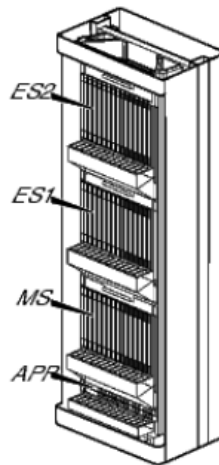
[9]



**Figura 12 – Nodo RNC 3810 [9]**

### 2.6.2 Hardware RNC 3820

Al igual que la RNC 3810, el nodo RNC 3820 contiene tarjetas GPB, SPB, SCB, TUB y tarjetas ET. La CMXB (*Component Main Switch Board*) es una nueva tarjeta que permite la conectividad entre subracks y entre tarjetas del mismo subrack, se utiliza tanto para el tráfico interno del nodo como para el tráfico saliente del nodo. Permiten la interconexión del nodo RNC con el Backbone IP. En la figura 13 se observa el nodo RNC 3820. [10]



**Figura 13 – Nodo RNC 3820 [10]**

### **2.6.3 Hardware Evo Controller 8200**

El Evo Controller 8200 contiene un tipo de tarjeta denominada “Evo Processor Board EPB” que realiza las mismas funciones de las tarjetas GPBs y SPBs. Albergan los mMP y los SPs. Además, posee la SCXB (*System Control Switch Board*) que funciona como el clock del sistema y como un switch para la conectividad entre subracks y las CMXB que permiten la comunicación entre el nodo RNC y las interfaces UMTS, estas permiten la interconexión del nodo con el Backbone IP. La Evo Controller está compuesta por un solo gabinete y en la figura 13 se puede observar el equipo. [11]

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La modalidad de la investigación es un proyecto factible según el Manual de la UPEL.

“El Proyecto Factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.” [5]

#### **3.2. FASES METODOLÓGICAS**

##### **Fase 3.2.1 Recopilación de información**

Se recopiló toda la información y documentación de fuentes de internet, libros, publicaciones y manuales de usuario del proveedor Ericsson las cuales permitieron estudiar a fondo y comprender todo lo referente a las tecnologías de telefonía móvil de tercera generación como lo es la tecnología UMTS/HSDPA implementada por Movilnet.



### **Fase 3.2.2 Evaluación de la red**

Se determinó como está estructurada la red UMTS de Movilnet en la zona de estudio. Se describió como se encontraba la RNC en funcionamiento y cuál fue el tráfico que manejó en el periodo de estudio, también se estudiaron diferentes parámetros de la red necesarios para la realización de este proyecto.

### **Fase 3.2.3 Estudio y análisis de las características de equipos**

Se analizaron las características, capacidades y aplicaciones de la RNC en funcionamiento y las de otras RNCs a través del estudio de documentación técnica para poder determinar cuál sería la más adecuada en base al estudio realizado en la fase anterior y a la capacidad de la misma.

### **Fase 3.2.4 Selección del equipo**

Se seleccionó la configuración del nodo RNC que mejor ajustara al tráfico actual en la zona de estudio y se estudió la posibilidad de mejorar el desempeño de la RNC en funcionamiento o sustituir completamente la misma.

### **Fase 3.2.5 Formulación de la propuesta**

Se elaboró una propuesta final para mejorar la experiencia del usuario en la red UMTS de Movilnet.

## CAPITULO IV

### ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

#### 4.1 CONSIDERACIONES PARA EL ESTUDIO

Para la elaboración de este proyecto se llevó a cabo la observación de varios indicadores de desempeño también denominados KPIs (*Key Performance Indicators*) para determinar el modelo de tráfico en la zona de estudio. Los KPIs son utilizados para dar un diagnóstico de cómo se encuentra la red en tiempo real y los que se muestran en las ecuaciones siguientes se definen en el anexo 5. Esta observación tuvo una duración de un mes con lo cual se pudo obtener el modelo de tráfico, como por ejemplo, cuantas llamadas, *handovers* realiza en promedio un usuario en hora pico. Los parámetros que nos ayudan a definir el modelo de tráfico se indican a continuación.

##### 4.1.1 Usuarios

En primer lugar se obtuvo la cantidad promedio de usuarios activos y usuarios URA en hora pico, en la figura 14 se observa la cantidad de usuarios CS, usuarios PS y usuarios URA en hora pico. Esto da un total de 12287 usuarios en promedio en hora pico, esta cantidad de usuarios será utilizada para determinar el modelo de tráfico de Movilnet. Mediante los KPIs que se muestran en las ecuaciones 4.1, 4.2 y 4.3 se podrán determinar la cantidad de usuarios activos CS, usuarios activos PS y usuarios URA respectivamente. En la tabla A del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

$$Usuarios\ CS = \frac{pmSumCs12RabEstablish}{pmSamplesCs12RabEstablish} \quad Ec. 4.1$$

$$\begin{aligned}
 Usuarios\ PS = & \frac{pmSumPsInteractive}{pmSamplePsInteractive} \\
 & + \frac{pmSumPsHsAdchRabEstablish}{pmSamplesPsHsAdchRabEstablish} \\
 & + \frac{pmSumPsEulRabEstablish}{pmSamplesPsEulRabEstablish}
 \end{aligned} \quad Ec. 4.2$$

$$Usuarios\ URA = \frac{pmSumRabURA}{pmSamplesRabURA} \quad Ec. 4.3$$

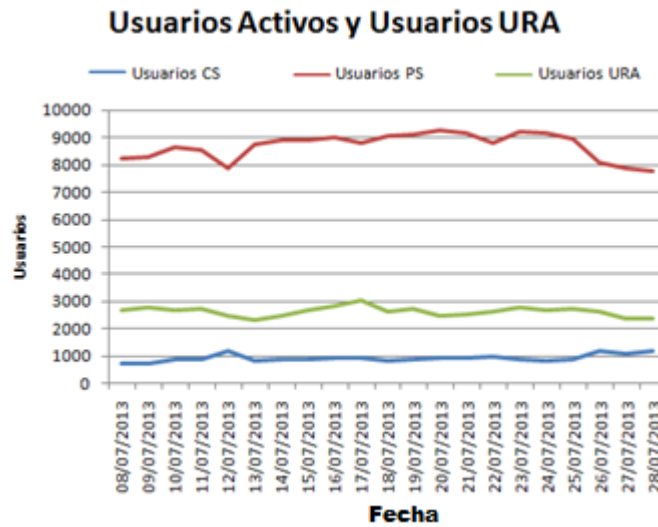


Figura 14 – Usuarios activos y usuarios URA

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, en la tabla 1 se muestra la cantidad total de usuarios UMTS que se estima para finales del año 2013 y 2014. En la figura 15 se puede ver gráficamente el aumento de usuarios. Éste comportamiento puede ser modelado mediante la ecuación 4.4; la información fue proporcionada por la coordinación de “Modelaje y Dimensionamiento”.

Tabla 1 – Estimación de usuarios UMTS en el RNS en estudio

| Fecha          | Usuarios | Valor de X |
|----------------|----------|------------|
| Diciembre 2012 | 84649    | 1          |
| Diciembre 2013 | 237029   | 2          |
| Diciembre 2014 | 522020   | 3          |

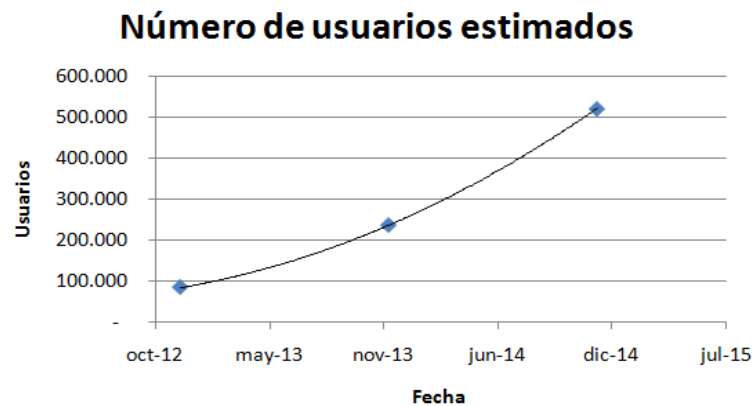


Figura 15 – Estimación de usuarios UMTS en el RNS en estudio

Fuente: Coordinación de Modelaje y Dimensionamiento

$$Usuarios\ estimados = 66306x^2 - 46536x + 64880 \text{ [usuarios]} \quad Ec. 4.4$$

Donde:

$x$ : periodo de tiempo

#### 4.1.2 Portador Radio de Señalización SRB (*Signalling Radio Bearer*)

En la figura 16 se observa la cantidad promedio de SRBs establecidas por usuario en hora pico, este parámetro indica la cantidad de actualizaciones de posición exitosas o *location updates* del UE [17]. Este parámetro da como resultado un promedio de 4,55 SRB/usuario en hora pico. Por medio de la ecuación 4.5 se puede obtener la cantidad de SRBs por usuario. En la tabla B del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

$$\text{SRB por usuario} = \frac{\text{pmTotNoRrcConnectReqSuccess}}{\text{Usuarios}} - \frac{\text{pmTotNoRrcConnectReqPsSucc}}{\text{Usuarios}} - \frac{\text{pmTotNoRrcConnectReqCsSucc}}{\text{Usuarios}} \quad \text{Ec. 4.5}$$

Ecuación 6 – Formula para determinar los SRB por usuario

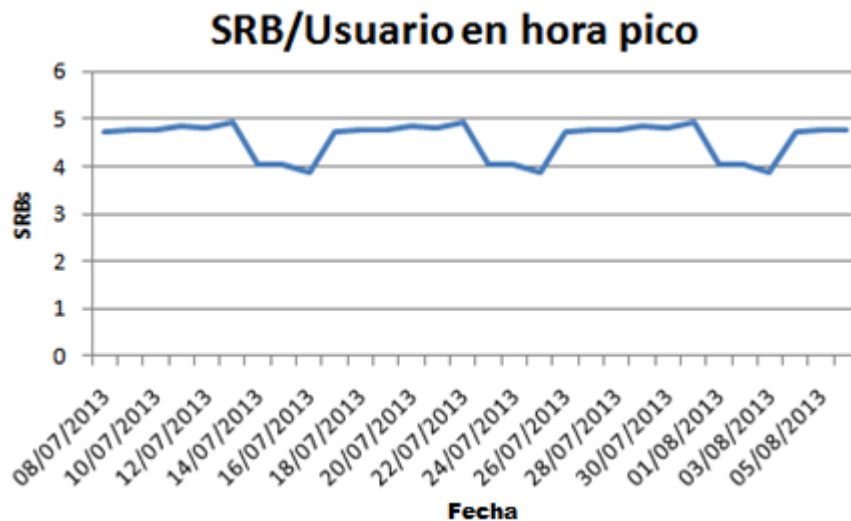


Figura 16 – SRB por usuario en hora pico

Fuente: elaboración propia

### 4.1.3 Llamadas

En la figura 17 se observa la cantidad promedio de llamadas establecidas por usuario en hora pico. El parámetro indica el número de establecimientos de llamadas de voz o de datos [17]. El valor promedio es de 6,67 llamadas/usuario en hora pico. Por medio de la ecuación 4.6 se puede obtener la cantidad de llamadas por usuario. En la tabla C del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

Llamadas por usuario

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{pmNoRabEstablishSuccessSpeech}}{\text{Usuarios}} \\ &+ \frac{\text{pmNoRabEstablishSuccessCS64}}{\text{Usuarios}} \\ &+ \frac{\text{pmNoRabEstablishSuccessPacketInteractive}}{\text{Usuarios}} \quad \text{Ec. 4.6} \\ &+ \frac{\text{pmNoRabEstablishSuccessPacketStream}}{\text{Usuarios}} \\ &+ \frac{\text{pmNoRabEstablishSuccessPacketStream128}}{\text{Usuarios}} \\ &+ \frac{\text{pmNoRabEstSuccessPsStreamHs}}{\text{Usuarios}} \\ &+ \frac{\text{pmNoRabEstablishSuccessCs57}}{\text{Usuarios}} \end{aligned}$$

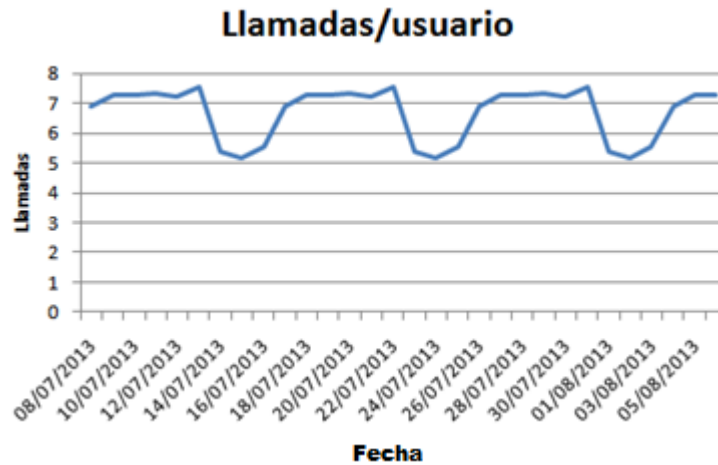


Figura 17 – Llamadas promedio por usuario en hora pico

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.4 Switches

En la figura 18 se observa la cantidad promedio de *switches* establecidos por usuario en hora pico, este parámetro indica el número de cambios entre canales compartidos y dedicados, es decir, el número de cambios entre los diferentes estados de conexión RRC [17]. El número promedio es de 17.68 switches/usuario en hora pico. Por medio de la ecuación 4.7 se puede obtener la cantidad de Switches por usuario. En la tabla D del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

Switches por usuario

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{pmUIUpswitchSuccessLow}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmDIUpswitchSuccessLow}}{\text{Usuarios}} \\
 &+ \frac{\text{pmUIUpswitchSuccessMedium}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmDIUpswitchSuccessMedium}}{\text{Usuarios}} \\
 &+ \frac{\text{pmUIUpswitchSuccessHigh}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmDIUpswitchSuccessHigh}}{\text{Usuarios}} \\
 &+ \frac{\text{pmUIUpswitchSuccessEul}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmDIUpswitchSuccessHs}}{\text{Usuarios}} \\
 &+ \frac{\text{pmUpswitchFachHsSuccess}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmDownSwitchSuccess}}{\text{Usuarios}} \\
 &+ \frac{\text{pmChSwitchSuccUraFach}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmChSwitchSuccFachUra}}{\text{Usuarios}}
 \end{aligned}$$

Ec. 4.7

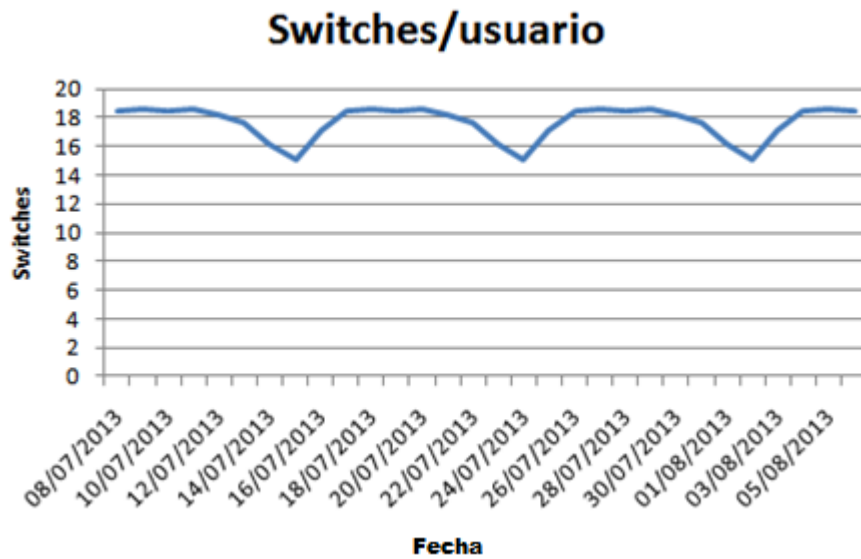


Figura 18 – Switches por usuario en hora pico

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.1.5 Softhandover

En la figura 19 se observa la cantidad promedio de *Softhandover* establecidos por usuario en hora pico. El número promedio es de 6.7 softHOs/usuario en hora pico. Por medio de la ecuación 4.8 se puede obtener la cantidad de Soft Handover por usuario. En la tabla E del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

$$\begin{aligned}
 &\text{SoftHo por usuario} \\
 &= \frac{\text{pmSoftHoSuccessNonIur}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmNoHsCcSuccess}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmNoEulCcSuccess}}{\text{Usuarios}} \\
 &+ \frac{\text{pmNoPsStreamHsCcSuccess}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmSoftSofterHoSuccessIur}}{\text{Usuarios}} \\
 &+ \frac{\text{pmNoSuccessOutIratHoCs57}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmNoSuccessOutIratHoMulti}}{\text{Usuarios}} \\
 &+ \frac{\text{pmNoSuccessOutIratHoSpeech}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmNoSuccessOutIratHoStandalone}}{\text{Usuarios}} \\
 &+ \frac{\text{pmNoTimesIfhoRIAddToActSet}}{\text{Usuarios}} + \frac{\text{pmTotNoRrcConnectSuccessIratCellResel}}{\text{Usuarios}}
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 4.8}$$

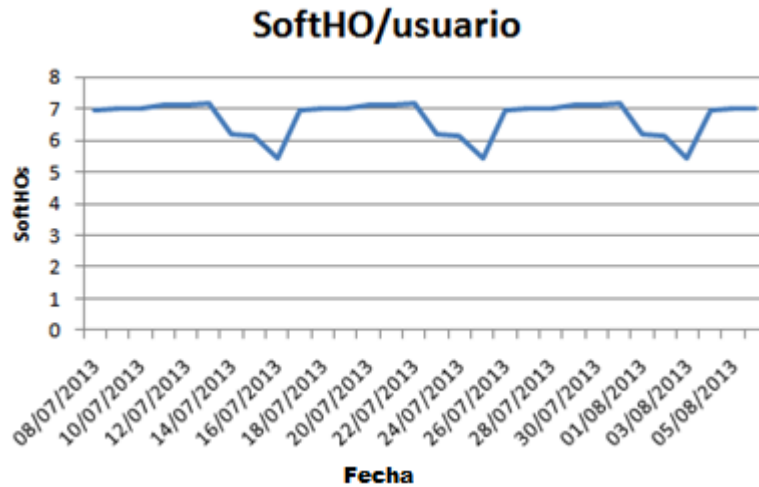


Figura 19 – softhandovers por usuario en hora pico

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.6 Softerhandover

En la figura 20 se observa la cantidad promedio de *Softerhandover* establecidos por usuario en hora pico. El número promedio es de 1.49 softerHOs/usuario en hora pico. Por medio de la ecuación 4.9 se puede obtener la cantidad de Softer Handover por usuario. En la tabla F del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

$$\text{SofterHO por usuario} = \frac{\text{pmSofterHoSuccessNonIur}}{\text{Usuarios}} \quad \text{Ec. 4.9}$$

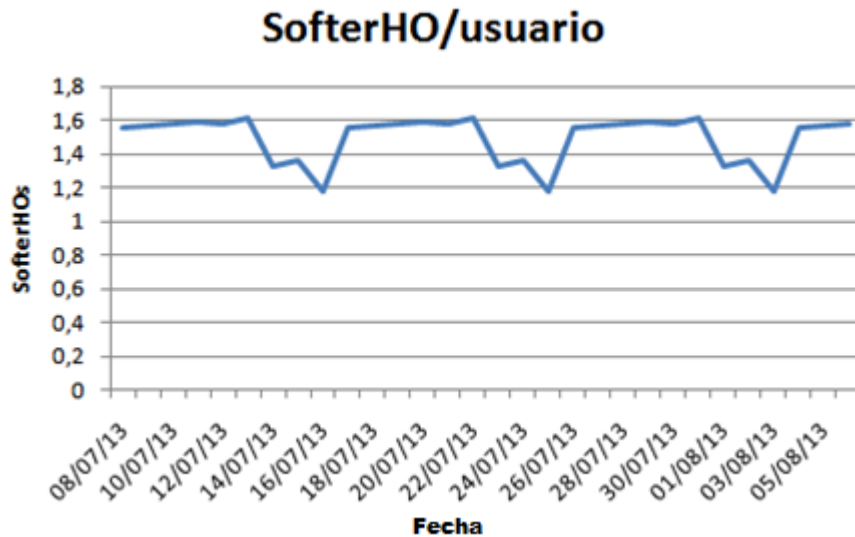


Figura 20 – SofterHOs promedio por usuario en hora pico

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.7 Otherhandovers

En la figura 21 se observa la cantidad promedio de *Other handovers* establecidos por usuario en hora pico. El número promedio es de 1.96 OtherHOs/usuario en hora pico. Por medio de la ecuación 4.10 se puede obtener la cantidad de *Others Handovers* por usuario. En la tabla G del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

$$\text{OtherHO por usuario} = \frac{\text{pmTotNoRrcConnectSuccessIratCellResel}}{\text{Usuarios}} \quad \text{Ec. 4.10}$$

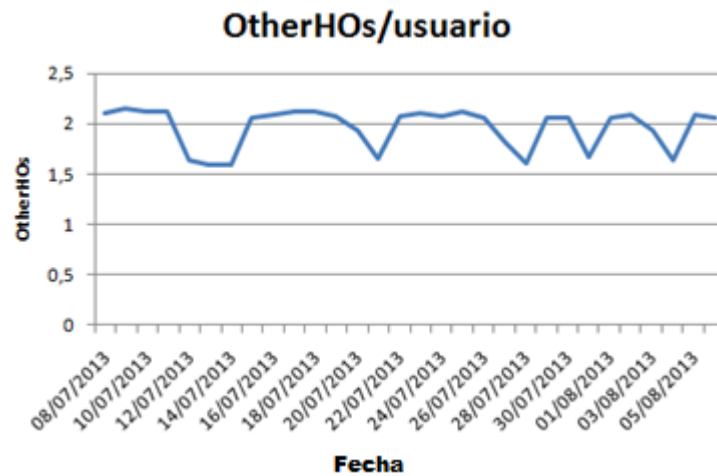


Figura 21 – SofterHOs promedio por usuario en hora pico

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.8 Throughput de voz por usuario en hora pico (UPvoice)

Este parámetro se refiere al *throughput* de voz promediado durante la hora pico. En la figura 22 se observa como es el comportamiento de este parámetro. El número promedio es de 0.454 kbps/usuario en hora pico. Por medio de la ecuación 4.11 se puede obtener este parámetro por usuario. En la tabla H del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

$$\text{UPvoice por usuario} = \frac{\text{pmUITrafficVolumeCs12}}{3600 * \text{Usuarios activos CS}} + \frac{\text{pmDITrafficVolumeCs12}}{3600 * \text{Usuarios activos CS}} \quad \text{Ec. 4.11}$$

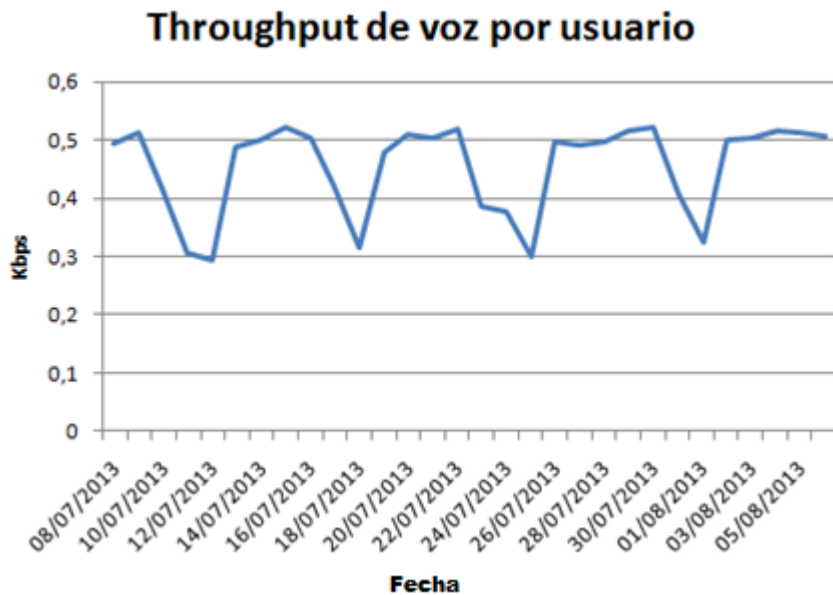


Figura 22 – Throughput de voz por usuario promediado en hora pico

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.9 Throughput CS por usuario en hora pico (UPcs)

Para determinar el *throughput* CS por usuario en hora pico se deben utilizar los indicadores que se muestran a continuación los cuales se refieren al servicio de video llamadas activo en Movilnet. Todos los contadores mostraron un valor nulo durante el periodo de observación sin embargo el servicio está activo, por lo tanto el valor para este parámetro será considerado igual que el *throughput* de voz (UPvoice) ya que ambos pertenecen al mismo dominio CS y la RNC debe ser dimensionada para manejar este tipo de tráfico.

- pmUITrafficVolumeCs57
- pmDITrafficVolumeCs57
- pmUITrafficVolumeCs64
- pmDITrafficVolumeCs64

#### 4.1.10 Throughput PSHS por usuario en hora pico

Este parámetro se refiere al *throughput* PS y HS promediado durante la hora pico. En la figura 23 se observa como es el comportamiento de este parámetro, el valor promediado es de 2,468 kbps/usuario en hora pico. En la tabla I del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

$$UPpshs \text{ por usuario} = \frac{pmNoRoutedIpBytesDI}{450 * \text{Usuarios activos PS}} + \frac{pmNoRoutedIpBytesUI}{450 * \text{Usuarios activos PS}} \quad \text{Ec. 4.12}$$

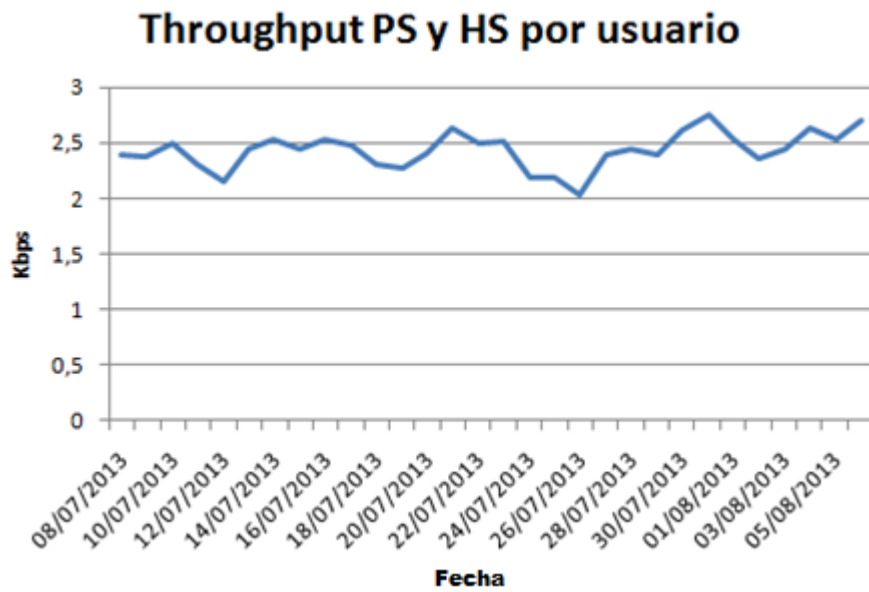


Figura 23 – Throughput PS y HS por usuario en hora pico

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.11 Trafico FACH en Erlang

Para obtener el tráfico en Erlang debido a usuarios en estado FACH se debe utilizar la ecuación 4.13:

$$Trafico\ FACH = \frac{pmSumFachPsIntRabEstablish}{pmSamplesFachPsIntRabEstablish} [Erlangs] \quad Ec. 4.13$$

Para obtener el tráfico en Erlang por usuario se debe utilizar la ecuación 4.14:

$$\text{Erlang FACH por usuario} = \frac{\text{Tráfico FACH}}{\text{Número de usuarios totales}} [\text{Erlangs/usuario}] \quad \text{Ec. 4.14}$$

#### Ecuación 16 – Tráfico FACH por subscriptor

En la figura 24 se muestra el tráfico en erlang total lo que da un promedio de 4528,4 Erlangs. Aplicando la ecuación 4.4 se obtuvo una cantidad de 164464 usuarios en promedio para el periodo de observación. Por lo tanto, el tráfico producido por un usuario en estado FACH en hora pico es de 27,5 mErlangs/usuario. En la tabla J del anexo 4 se muestran los valores de estos KPIs.

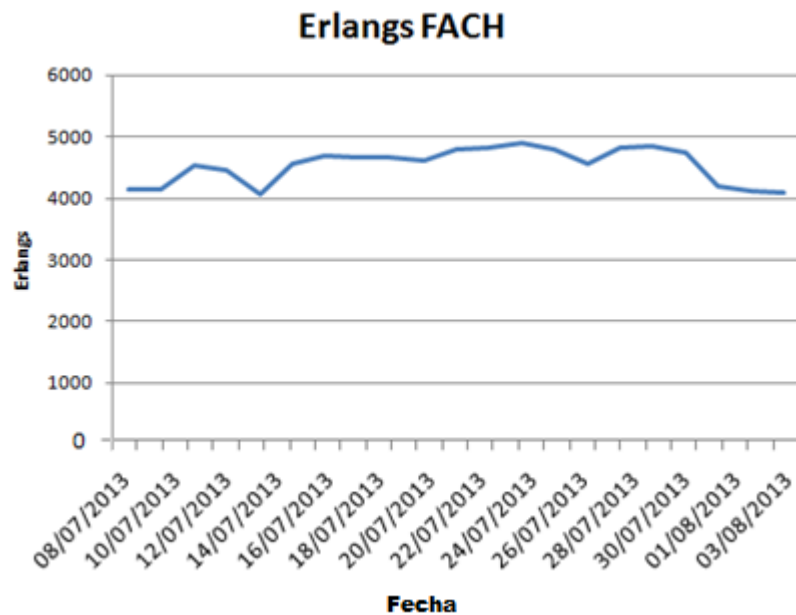


Figura 24 – Tráfico total FACH en hora pico

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.12 Nodos B en el RNS

La cantidad de nodos B que gestiona la RNC 3810 en el RNS en estudio se muestra en la tabla 2. En la tabla N del anexo 4 se muestran las localidades de los nodos B.

**Tabla 2 – total nodos B, sectores y E1s**

|                     |     |
|---------------------|-----|
| <b>Nodos B</b>      | 113 |
| <b>Total de E1s</b> | 413 |
| <b>Sectores</b>     | 294 |

#### 4.1.13 Modelo de tráfico de Movilnet

En la tabla 3 se muestra el modelo de tráfico de Movilnet

**Tabla 3 – Modelo de tráfico Movilnet**

| <b>Parámetro</b>               | <b>Valor</b>           |
|--------------------------------|------------------------|
| SRB                            | 4,55 SRB/usuario       |
| Llamadas                       | 6,67 llam./usuario     |
| Switches                       | 17,68 switches/usuario |
| Softhandovers                  | 6,7 softHO/usuario     |
| Softerhandovers                | 1,49 softerHO/usuario  |
| Otherhandovers                 | 1,96 OtherHO/usuario   |
| Throughput Voz - CS            | 0,454 Kbps             |
| Throughput Datos – PS+HS       | 2,468 Kbps             |
| Erlangs FACH                   | 0,0275 Erlangs         |
| Cantidad de usuarios en el RNS | 220000                 |



## **4.2 RELACIÓN EQUIPO - EXPERIENCIA DE USUARIO**

La experiencia del usuario se ve limitada por la carga de procesamiento del nodo RNC, específicamente en las tarjetas GPB. En este caso, la RNC en funcionamiento (RNC 3810) comienza a descartar servicios a partir del 80%, es decir, omite nuevas conexiones RRC entrantes al nodo, sin embargo, no se debe esperar a que la carga de procesamiento llegue a su límite y por lo tanto se recomienda tomar las debidas precauciones a partir de una carga de procesamiento menor, por ejemplo, alrededor del 65%. Estas precauciones pueden incluir la expansión del nodo o migrar nodos B a otro RNS. Los parámetros responsables de que la carga de procesamiento en estas tarjetas aumente son: SRB, llamadas, *switches*, *soft handovers* y *softer handovers*.

## **4.3 APLICACIÓN DEL ESTUDIO**

Existen varias alternativas para mejorar el servicio 3G en la zona de estudio. Se estudiaron tres opciones las cuales se indican a continuación:

1. Determinar la posibilidad de mejorar el desempeño de la RNC 3810 actualmente en funcionamiento.
2. Dimensionamiento de la RNC 3820
3. Dimensionamiento de la Evo Controller 8200

A continuación se explican en detalle.

### **4.3.1 Mejora del equipo actual**

Para determinar la posibilidad de mejorar el desempeño de este equipo se observó la carga de procesamiento de los mMPs mediante los KPIs de la ecuación 4.15. Se comparó con la carga de procesamiento calculada teóricamente mediante la

ecuación 4.16 para luego precisar el factor de escala (ecuación 4.17) y determinar la cantidad de tarjetas GPB que se requieren para ajustar el desempeño del nodo al tráfico actual. El factor de escala debe ser determinado si la desviación entre la carga de procesamiento teórica y la carga de procesamiento medida es mayor al 10%. Para determinar la cantidad de tarjetas GPB adicionales se aplica la ecuación 20.

La carga de procesamiento de las tarjetas SPB no fue observada debido a que los indicadores para ello no están activos; esto motivado a que la carga de las mismas no aumenta considerablemente en comparación con las tarjetas GPB, sin embargo, se obtuvo la carga de procesamiento de forma teórica para verificar su veracidad. Las variables de las siguientes ecuaciones son definidas en el anexo 5

$$Carga\ proc.\ mMP\ medida = \frac{pmSumMeasuredLoad}{pmSamplesMeasuredLoad} [\%] \quad Ec. 4.15$$

$$\begin{aligned} Carga\ proc.\ mMP\ teorica \\ = 1.5SRB_m + 3Calls_m + 0.3Switches_m + 0.9SoftHOs_m \\ + 0.45SofterHOs_m [\%] \end{aligned} \quad Ec. 4.16$$

$$SF = \frac{Carga\ proc.\ mMP\ medida}{Carga\ proc.\ mMP\ teorica} \quad Ec. 4.17$$

$$\begin{aligned}
 & \text{GPBs adicionales} \\
 & = \frac{\text{Subscriptores RNC}}{288000} * SF(1.5SRB + 3Calls + 0.3Switches + 0.9SoftHOs \\
 & \quad + 0.45SofterHOs)
 \end{aligned}
 \tag{Ec. 4.18}$$

Las variables de la ecuación 4.16 con el subíndice “*m*” fueron calculadas utilizando los mismos KPIs definidos en la sección 4.1 con la diferencia de que los mismos deben ser divididos entre un valor N en vez de ser divididos entre el número de usuarios; el valor N se define en la ecuación 4.19 y depende de la cantidad de procesadores que posea el equipo y del periodo en que se muestree la información por medio de los KPIs. Este periodo se denomina ROP (Result Output Period), debe estar expresado en segundos y normalmente son 120 segundos. En la tabla 4 se muestran los distintos valores de N para los diferentes procesadores.

$$N = ROP * i \tag{Ec. 4.19}$$

Tabla 4 – Valores de N

Fuente: elaboración propia

| Procesador | Cantidad Total en la RNC 3810 [i] | Valor de N |
|------------|-----------------------------------|------------|
| mMP        | 55                                | 6600       |
| DC         | 215                               | 25800      |
| PDR        | 5                                 | 600        |

En la figura 25 se muestra cómo es el comportamiento de la carga de procesamiento teórica y la carga de procesamiento medida durante el periodo de observación, se utilizó N = 6600. La carga de procesamiento promedio teórica es de

72,59% y la carga de procesamiento promedio medida es de 64,02%, esto implica una desviación del 13,37%. El factor de escala obtenido fue de 0,882 y aplicando la ecuación 4.18 y el modelo de tráfico definido en la tabla 3 se obtuvo que la cantidad adicional de tarjetas GPB es de 25 tarjetas. En la tabla K del anexo 4 se muestran los valores que se aprecian en la figura 25.

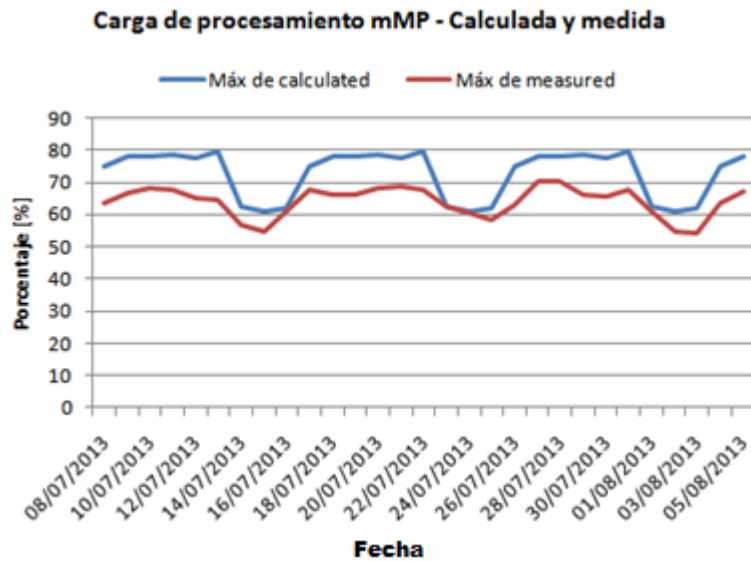


Figura 25 – Carga de Procesamiento mMP teórico vs medido en hora pico

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se obtuvo la carga de procesamiento de los DCSPs y PDRSPs calculada mediante las ecuaciones 4.20 y 4.21. En la figura 26 se puede observar la carga de procesamiento teórica de los DCSP y de los PDRSP en el periodo de observación. La carga de procesamiento promedio de los DCSP es del 32,5% y la de los PDRSP es del 31,75 %. En este caso se utilizó  $N = 25800$  para calcular la carga de procesamiento teórica de los DCSP y  $N = 600$  para la carga de procesamiento teórica de los PDRSP. En las tablas L y M del anexo 4 se muestran los valores que se aprecian en la figura 26.

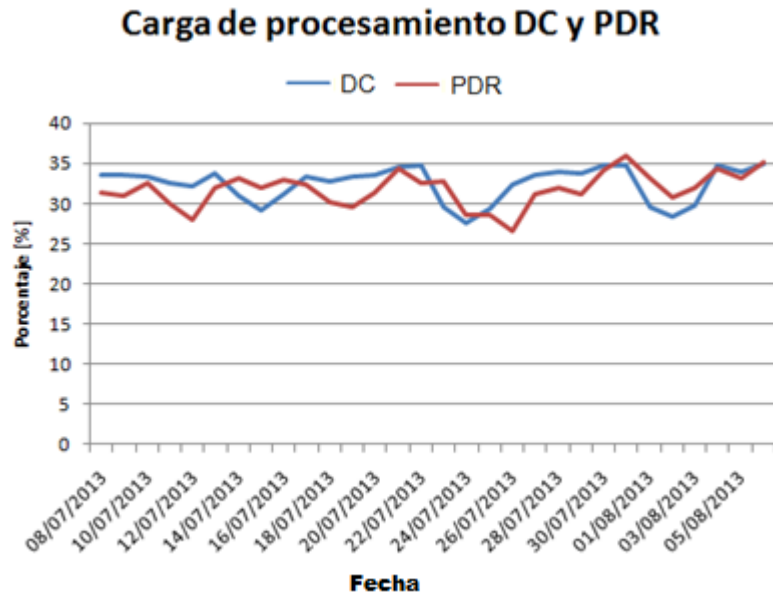


Figura 26 – carga de procesamiento DCSP y PDRSP hora pico  
 Fuente: Elaboración propia

*Carga proc. DCSP teórica*

$$\begin{aligned}
 &= SRB_m + 2Calls_m + 1.5Switches_m + 0.6SoftHOS_m \\
 &+ 0.3SofterHOS_m + 0.03UP_{VOICE_m} + 0.01UP_{CS} \\
 &+ 0.003UPPSHS_m [\%]
 \end{aligned}$$

Ec. 4.20

$$\text{Carga proc. PDRSP teórica} = \frac{UPPSHS_m}{4000} [\%]$$

Ec. 4.21

### 4.3.2 Dimensionamiento RNC 3820

Utilizando el modelo de tráfico de Movilnet que se observa en la tabla 3, se dimensionará la RNC 3820. En la tabla 5 se muestran los resultados para dimensionar la RNC 3820. Como se puede observar en la tabla, se requieren 14 mMPs , 4 CCSPs, 6 PDRSPs y 116 DCSPs lo que da un total de 126 SPs para que la RNC 3820 pueda funcionar correctamente en este RNS. Existen dos opciones para estructurar la RNC 3820, por medio de la configuración estándar o por medio de la configuración optimizada. La configuración estándar se consigue empleando las tablas 6 y 7 las cuales indican la cantidad de procesadores recomendada por configuración y el tamaño del nodo; tamaño A (*Size A*) se compone de un solo subrack, el tamaño B (*Size B*) se compone de dos subracks y el tamaño C (*Size C*) se compone de tres subracks. Sin embargo, utilizando esta opción es posible que la cantidad de tarjetas recomendada sea mayor de las que realmente se necesitan. Con la configuración optimizada se determina la mejor configuración que debe tener el nodo para su óptimo funcionamiento. Las ecuaciones utilizadas para dimensionar el nodo RNC 3820 se muestran a partir de la sección 2.5 del anexos 2

Tabla 5 – Dimensionado RNC 3820

| Dimensionamiento 3820  |             |
|--|-------------|
| GPB Dimensioning   |             |
| Carga de procesamiento mMP por usuario [%]                     | 0,005137846 |
| Usuarios GPB [Usuarios]  | 16543,89845 |
| mMPs – tarjetas GPB  | 14          |
| CC device Dimensioning   |             |
| Usuarios CC  | 81818,18182 |
| Número de CCSPs requeridos                                     | 4           |
| PDR device Dimensioning  |             |
| Carga de procesamiento PDR por usuario [%]                     | 0,0019335   |
| Usuarios PDR [Usuarios]  | 38789,7595  |
| PDR devices  | 6           |
| DC device Dimensioning   |             |
| Carga de procesamiento DCSP por usuario – Plano de control [%] | 0,013576944 |
| Carga de procesamiento DCSP por usuario – Plano de usuario [%] | 0,02557     |
| Carga de procesamiento total por usuario[%]                    | 0,039146944 |
| Usuarios DCSP [Usuarios]                                       | 1915,85834  |
| Número de DCSP requeridos                                      | 115         |
| <b>Cantidad total de SPs</b>                                   | <b>125</b>  |
| Cantidad de tarjetas SPBs para configuración optimizada        | 25          |

Tabla 6 - Configuración estándar para la RNC 3820 – Tamaño A [18]

| RNC 3820 Type | Module MPs | PDR-SPs | DC-SPs | CC-SPs | Free Slots |
|---------------|------------|---------|--------|--------|------------|
| Size A - 10   | 2          | 3       | 9      | 3      | 11         |
| Size A - 20   | 3          | 3       | 18     | 4      | 8          |
| Size A - 30   | 4          | 3       | 27     | 5      | 5          |
| Size A - 40   | 5          | 3       | 36     | 6      | 2          |

Tabla 7 - Configuración estándar para la RNC 3820 – Tamaño B y C [18]

| RNC 3820 Type | Module MPs | PDR-SPs | DC-SPs | CC-SPs | Free Slots |
|---------------|------------|---------|--------|--------|------------|
| Size B - 20   | 3          | 6       | 18     | 6      | 29         |
| Size B - 30   | 4          | 6       | 28     | 6      | 26         |
| Size B - 40   | 5          | 6       | 37     | 7      | 23         |
| Size B - 50   | 6          | 6       | 47     | 7      | 20         |
| Size B - 60   | 7          | 6       | 57     | 7      | 17         |
| Size B - 70   | 8          | 6       | 66     | 8      | 14         |
| Size B - 80   | 9          | 6       | 76     | 8      | 11         |
| Size B - 90   | 10         | 6       | 86     | 8      | 8          |
| Size B - 100  | 11         | 6       | 95     | 9      | 5          |
| Size C - 30   | 4          | 9       | 27     | 9      | 47         |
| Size C - 40   | 5          | 9       | 37     | 9      | 44         |
| Size C - 50   | 6          | 9       | 47     | 9      | 41         |
| Size C - 60   | 7          | 9       | 56     | 10     | 38         |
| Size C - 70   | 8          | 9       | 66     | 10     | 35         |
| Size C - 80   | 9          | 9       | 76     | 10     | 32         |
| Size C - 90   | 10         | 9       | 86     | 10     | 29         |
| Size C - 100  | 11         | 9       | 96     | 10     | 26         |
| Size C - 110  | 12         | 9       | 105    | 11     | 23         |
| Size C - 120  | 13         | 9       | 115    | 11     | 20         |
| Size C - 130  | 14         | 9       | 125    | 11     | 17         |
| Size C - 140  | 15         | 9       | 135    | 11     | 14         |
| Size C - 150  | 16         | 9       | 145    | 11     | 11         |
| Size C - 160  | 17         | 9       | 154    | 12     | 8          |

Si utilizamos la configuración estándar para estructurar el nodo debemos tomar en cuenta la cantidad total de SPs y la cantidad de mMPs que resultó al aplicar el modelo de tráfico y utilizar las tablas 6 y 7 en donde podemos observar que la configuración mínima que satisface la cantidad total de procesadores SP es el “Size C 130”, la cual posee 14 mMPs y 145 SPs en total, con lo cual estarían sobrando 20 SPs. En las tarjetas SPB están albergados los SPs, las mismas pueden ser configuradas de cuatro formas diferentes, pueden ser SPB tipo A, B, C o D. Cada configuración posee una cantidad diferente de procesadores SPs. La cantidad de procesadores SPs de las diferentes configuraciones de tarjetas SPB se pueden detallar en la tabla 8. La especificación técnica del manual recomienda que esta configuración debe contener 9 SPBs tipo A, 2 SPBs tipo B y 18 SPBs tipo D (ver tabla 7, anexo 2)



lo cual da un total de 29 tarjetas SPB. Por lo tanto, utilizando la configuración estándar el nodo estaría compuesto por 14 tarjetas GPB y 29 tarjetas SPB.

Tabla 8 – Tipos de SPB [18]

| Tipo de SPB | PDR | CC | DC |
|-------------|-----|----|----|
| <b>A</b>    | 1   | 1  | 3  |
| <b>B</b>    | 0   | 1  | 4  |
| <b>C</b>    | 1   | 0  | 4  |
| <b>D</b>    | 0   | 0  | 5  |

$$SPB = Max \left[ \frac{DC + PDR + CC}{5}, PDR, CC \right] \quad \text{Ec. 4.22}$$

Utilizando la configuración optimizada se debe determinar la cantidad de tarjetas SPB por medio de la ecuación 4.22, la cantidad total de tarjetas SPB que resulta es de 25 tarjetas. Para esta configuración optimizada se necesitan conocer varios términos: 1 C-Pack = 1 GPB + 2 SPB, O-pack-U = 1 SBP y O-pack-C = 1 GPB. Se debe determinar si estamos por encima o por debajo de la línea de la configuración estándar por medio de las siguientes inecuaciones:

- Si  $SPB < 2 * mMP$  entonces estamos por encima de la línea de configuración estándar y serán necesario añadir O-pack-C
- Si  $SPB > 2 * mMP$  entonces estamos por debajo de la línea de configuración estándar y será necesario añadir tarjetas O-pack-U.

En nuestro caso, tenemos 14 mMP y 25 SPB lo que significa que estamos por encima de la línea de configuración estándar (ver figura 27) y será necesario agregar

tarjetas GPB; la cantidad se determina con el siguiente procedimiento. El número de C-packs necesarios para la configuración optimizada del nodo será igual a:

$$C_{packs} = \frac{SPB}{2} = \frac{25}{2} = 13 \text{ C-packs}$$

Esta cantidad de C-packs es igual a la cantidad de mMPs con lo cual se determina cual configuración, de las mostradas en las tablas 6 y 7, posee esta cantidad; 13 mMPs lo obtenemos con la configuración “Size C 120”. Ahora se debe determinar la cantidad de O-pack-C (tarjetas GPB):

$$O_{pack C} = \text{module MP} - C_{packs} = 14 - 13 = 1 \text{ O-pack C}$$

Esto indica que se debe agregar una tarjeta GPB adicional a esta configuración. Entonces, para la configuración optimizada del nodo RNC serán necesarias 25 tarjetas SPB y 14 tarjetas GPB. La configuración “Sice C 120” tiene una cantidad total de 115 DCSP lo que coincide con los cálculos realizados aunque esta configuración posee mayor cantidad de CCSP y PDRSP de lo que se requiere. En la figura 27 se muestra la diferencia entre la configuración estándar y optimizada. La configuración optimizada tiene 3 tarjetas SPB menos que la configuración estándar. Se escogerá la configuración optimizada la cual estaría conformada como se muestra en la figura 28. El estudio para el dimensionado del nodo está basado en las características de las tarjetas SPB3 y la GPB75.

La cantidad de tarjetas ET-MF41 se puede determinar tomando en cuenta la cantidad de E1s que se tiene configurado en el RNS. La cantidad de E1s configurada se muestra en la tabla 2. Cada tarjeta ET-MF41 tiene 4 puertos STM-1, cada trama STM-1 puede contener como máximo hasta 63 E1s, lo que indica que cada tarjeta soporta como máximo 252 E1s. En el RNS en estudio existen 113 nodos B con un total de 413 E1s. Esto significa que serán necesarias 2 tarjetas ET-MF41 sin tomar en

cuenta la redundancia. En total serian 4 tarjetas ET-MF41, 2 activas y 2 para protección en caso de fallas.

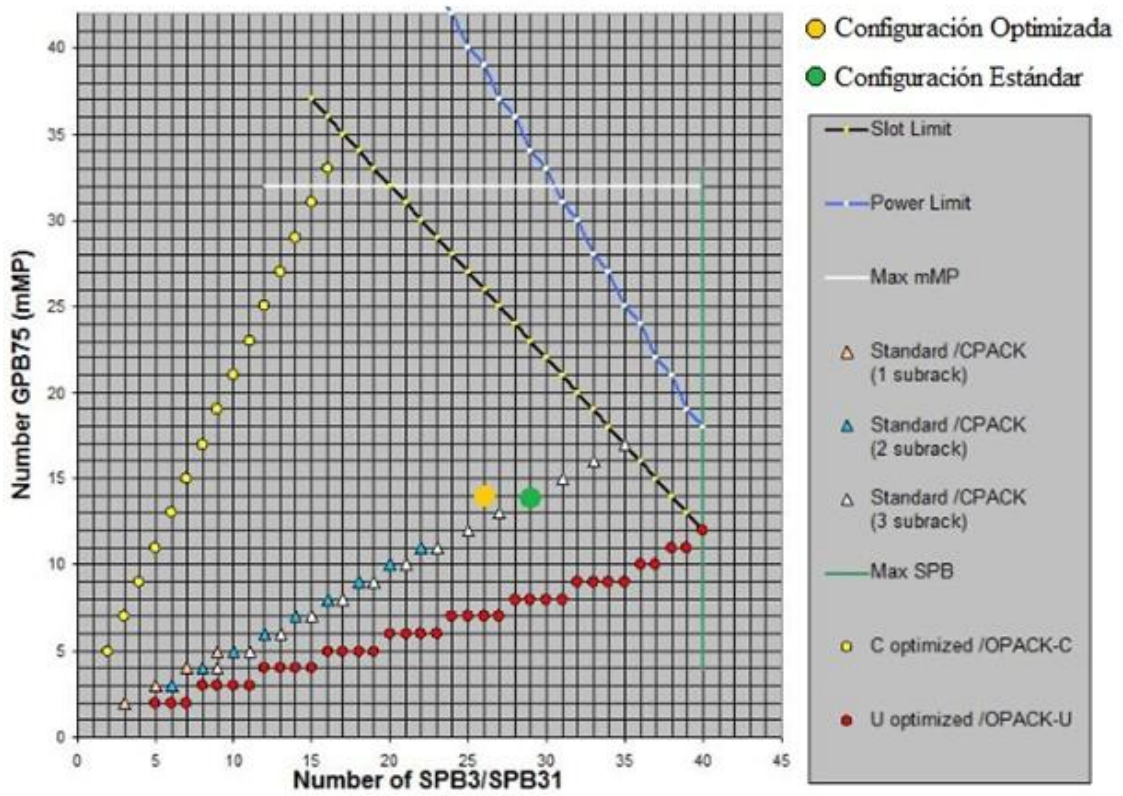


Figura 27 – Configuración optimizada y estándar [18]

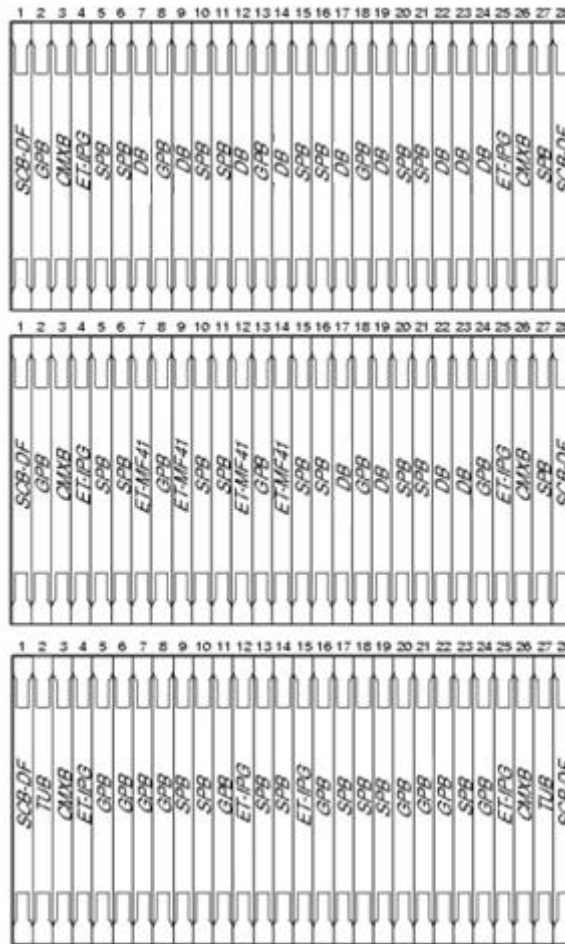


Figura 28 – Configuración del nodo RNC 3820  
Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3 Dimensionamiento Evo Controller 8200

Utilizando el modelo de tráfico de Movilnet que se observa en la tabla 3, se dimensionará la Evo Controller 8200. En la tabla 9 se muestran los resultados para dimensionar este equipo. Como se puede observar en la tabla, se requieren de 31 tarjetas EPB para que la Evo Controller pueda funcionar correctamente en este RNS. En la figura 29 se muestra como estaría estructurado el nodo. Las ecuaciones utilizadas para dimensionar el nodo RNC Evo Controller 8200 se muestran a partir de la sección 2.4.3 del anexo 3

Tabla 9 – Dimensionamiento Evo Controller 8200

| Dimensionamiento Evo C   |             |
|--|-------------|
| Module Controller Dimensioning                                 |             |
| Carga de procesamiento MP por usuario [%]                      | 0,00995125  |
| Usuarios por MP [Usuarios]                                     | 7035        |
| Número de MP requeridos  | 32          |
| Cantidad de tarjetas EPB por MP                                | 11          |
| CC device Dimensioning   |             |
| Usuarios por CCSP  | 80819       |
| Número de CCSP requeridos                                      | 3           |
| PDR device Dimensioning  |             |
| Carga de procesamiento PDR por usuario[%]                      | 0,001416224 |
| Usuarios por PDR [Usuarios]                                    | 49427,20455 |
| PDRSP requeridos   | 5           |
| DC device Dimensioning   |             |
| Carga de procesamiento DCSP por usuario – Plano de Control [%] | 0,015485917 |
| Carga de procesamiento DCSP por usuario – Plano de usuario [%] | 0,061808    |
| Carga de procesamiento total por usuario[%]                    | 0,077293917 |
| Usuarios por DCSP [Usuarios]                                   | 906         |
| DCSP requeridos  | 243         |
| Número de tarjetas EPB   |             |
| EPBdev [tarjetas]  | 31          |
| EPBRNCTot [tarjetas]   | 31          |

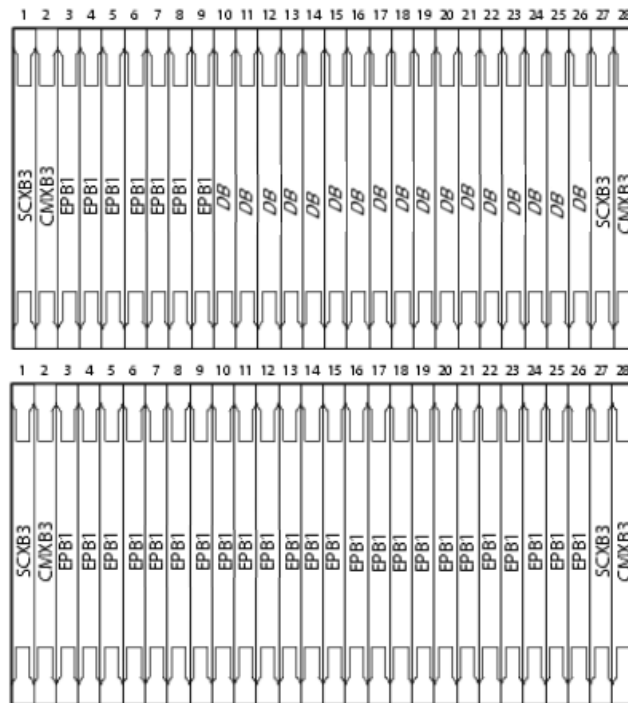


Figura 29 – Configuración del nodo Evo Controller 8200

Fuente: elaboración propia

#### 4.4 CONSUMO Y COSTO DE LOS EQUIPOS

En las tablas 10 y 11 se muestra el consumo de cada una de las tarjetas de la RNC 3820 y la Evo Controller 8200 respectivamente. Conociendo la cantidad total de tarjetas de ambos equipos se conoce el consumo de los mismos, el consumo de ambos se muestra en la tabla 12.

Tabla 10 – Máximo consumo de tarjetas de la RNC 3820 [22]

| <b>Tarjeta</b> | <b>Máximo Consumo [W]</b> |
|----------------|---------------------------|
| GPB 75         | 65                        |
| SPB3           | 68                        |
| ET-MF41        | 40                        |
| ET-IPG         | 47                        |
| SCB-DF         | 14                        |
| CMXB           | 50                        |
| TUB2           | 5                         |

Tabla 11 – Máximo consumo de tarjetas de la Evo Controller 8200 [23]

| <b>Tarjeta</b> | <b>Máximo Consumo [W]</b> |
|----------------|---------------------------|
| EPB1           | 93                        |
| SCXB           | 55                        |
| CMXB           | 90                        |

Tabla 12 – Máximo consumo de los equipos

Fuente: Elaboración Propia

|  |      |
|--|------|
| Máximo Consumo RNC 3820 [W]            | 3246 |
| Máximo Consumo Evo Controller 8200 [W] | 3463 |

El costo de los equipos dependerá de la configuración que tenga. El costo de una RNC 3820 Size C Variant 120 es de 2 millones de dólares aproximadamente. Por otra parte, el costo de una Evo Controller 8200 con 68 tarjetas EPB es de aproximadamente 3.4 millones de dólares [21]. El equipo que se propone tiene 31 tarjetas EPB y por lo tanto tendrá un costo aproximado de 1.5 millones de dólares.

## CAPITULO V

### RESULTADOS

#### 5.1 Comparación de los resultados.

En la tabla 13 se compara la cantidad de tarjetas necesarias para estructurar los nodos RNCs.

Tabla 13 – Tabla comparativa de cantidad de tarjetas

| RNC 3810         |    | RNC 3820 |    | RNC Evo Controller 8200 |    |
|------------------|----|----------|----|-------------------------|----|
| GPBs adicionales | 25 | GPBs     | 14 | EPBs                    | 31 |
|                  |    | SPBs     | 25 |                         |    |
|                  |    | ET-MF41  | 4  |                         |    |

#### 5.2 Análisis de resultados

Observando la tabla 13 se puede afirmar que el servicio 3G en el RNS en estudio se puede mejorar si se expande el nodo RNC 3810 agregándole 25 tarjetas GPB lo que significa que debe agregarse un subrack adicional, con esto la carga de procesamiento disminuirá y el nuevo tráfico de llamadas no será rechazado. Por otra parte, no es necesario agregar más tarjetas SPB ya que la carga de procesamiento de los SPs está muy por debajo del 65% según la carga de procesamiento medida teóricamente. Sin embargo, este equipo es un modelo antiguo y en obsolescencia, además el soporte técnico por parte de Ericsson ya está próximo en terminar y no es viable incorporar nuevo hardware al mismo por lo tanto es necesario la instalación de un nuevo nodo RNC.



El servicio 3G podría ser mejorado si se implementa la RNC 3820 o la Evo Controller 8200, estos modelos de RNC comienzan a descartar servicios partir del 85% para la RNC 3820 y a partir del 90% para la Evo Controller 8200. Se puede estimar hasta que fecha funcionarían correctamente estos equipos. Los DCSP de la RNC 3820 soportan hasta 270 usuarios activos cada uno, la configuración propuesta para este equipo requiere de 115 DCSP y con esta cantidad el equipo soportaría hasta 31050 usuarios activos. Actualmente la red maneja 9645 usuarios activos y asumiendo que esta cantidad va aumentando en la misma proporción que aumentan la cantidad total de usuarios (ver figura 15) este equipo alcanzaría esta cantidad de usuarios activos para mediados del año 2015.

Con respecto a la Evo Controller 8200, cada tarjeta EPB soporta un máximo de 3048 usuarios activos, el equipo propuesto requiere 31 tarjetas EPB, lo que significa que esta configuración soportaría como máximo una cantidad de 94488 usuarios activos. Esta cantidad de usuarios activos se alcanzaría para finales del año 2016 asumiendo que estos aumenten en la misma proporción que la cantidad de usuarios totales que se muestra en la figura 15. Es necesario destacar que la Evo Controller, por ser un equipo recomendable para “all-ip” es compatible con LTE. Además, puede funcionar también como BSC y podría manejar tanto el mercado GSM como el mercado UMTS simultáneamente.

El nodo que mejor se adapta a las exigencias del RNS en estudio es la Evo Controller 8200 ya que será capaz de soportar un periodo de tiempo mayor que la RNC 3820 sin congestionarse debido a la cantidad de usuarios activos. Además de esto, la configuración propuesta de la Evo Controller 8200 se compone de 2 subracks con 17 ranuras disponibles quedando además disponibilidad para otro subrack.

## CONCLUSIONES

El presente proyecto expone algunas opciones para mejorar el servicio 3G ofrecido por Movilnet en el RNS del este de Caracas. En primer lugar, no es viable mejorar el servicio aumentando el desempeño del nodo RNC en funcionamiento debido a que es un equipo que está iniciando su obsolescencia.

Para mejorar el servicio 3G del RNS en estudio se puede implementar una RNC 3820 o una RNC Evo Controller 8200. La RNC Evo Controller 8200 es la mejor opción para la mejora del mismo ya que cuenta con un límite superior a la de la 3810 y la 3820 antes de descartar servicios, podrá soportar mayor tiempo en funcionamiento con la configuración propuesta y es menos costosa que la RNC 3820. Además de ello, y con una mirada hacia el futuro de la red, instalar este equipo no solo significa mejorar el servicio 3G si no que también podrá funcionar en conjunto con las tecnologías de cuarta generación como lo es LTE.

Por otra parte, se pudo determinar que existen parámetros que son irrelevantes a la hora de dimensionar los equipos, como por ejemplo el throughput CS (UPcs), ya que siendo éste muy pequeño o muy grande no dependerá en gran medida de la selección del número de tarjetas.

Por último, el número de DCSPs será el factor determinante para obtener la cantidad de tarjetas SPB que se requieren ya que esta cantidad será considerablemente mayor que la cantidad de CCSPs y PDRSPs.

El modelo teórico utilizado para determinar la carga de procesamiento de los diferentes procesadores se desvía del comportamiento real del nodo. Esto se debe a ciertas aproximaciones que no toman en cuenta otros factores.

## RECOMENDACIONES

Para poder mejorar el servicio 3G en el RNS en estudio se recomienda implementar la configuración propuesta de la Evo Controller 8200. La importancia de esto radica en que el nodo actual no soportara por mucho el tráfico existente por su elevada carga de procesamiento y por ello el servicio se verá afectado de manera importante.

Se recomienda realizar un estudio que tome en cuenta otro RNS para poder determinar cómo afecta la carga de procesamiento del nodo RNC 3810 con la migración de nodos B a otro subsistema.

Efectuar el estudio de otros nodos RNCs pertenecientes a otros proveedores para realizar un análisis comparativo contra los tomados en consideración en el presente proyecto.

Ampliar la formación técnica del personal para un mejor entendimiento del dimensionado de estos equipos de tal manera de tener una base para cuando el proveedor ofrezca el producto.

Migrar la red de transporte de Movilnet a IP para el óptimo funcionamiento de la Evo Controller 8200 ya que gran parte de la tecnología utilizada para el transporte es TDM.

Realizar una observación periódica del parámetro UPpshs ya que es un factor determinante en la carga de procesamiento del nodo y podría modificar notablemente la cantidad de tarjetas SPB.

Emprender un crecimiento de nodos B en la zona de estudio una vez instalado el nodo RNC propuesto con la finalidad de dar mayor cobertura y mejor servicio.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kaaranen, Heikki. UMTS NETWORKS. Architecture, Mobility and Services: Editorial John Wiley & Sons, 2005
- [2] Holma, Harri. Toskala, Antti. WCDMA for UMTS: Editorial John Wiley & Sons, 2004
- [3] Villamizar, Rafael. «Diseño de procedimiento para la elaboración de pruebas y mediciones, para la certificación de equipos de telefonía móvil celular» (Tesis).- - Caracas: Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2008
- [4] Huidobro, José. Comunicaciones Móviles. Sistemas GSM, UMTS y LTE. Editorial RA-MA, 2012
- [5] Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL). Manual de trabajos de grado, Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Vicerrectorado de Investigación y Postgrado, Caracas. Venezuela, 2006.
- [6] Castro, Antonio. Fusario, Rubén. Teleinformática para ingenieros en sistemas de información» Editorial Reverte, 1999
- [7] Aspectos generales del sistema de telefonía móvil UMTS de tercera generación «<http://www.tierradelazaro.com/cripto/UMTS.pdf>» [Consulta 2013]
- [8] Ericsson, «Sinopsis del sistema WCDMA» 2007
- [9] Ericsson, «Hardware configuration data RNC 3810» 2006
- [10] Ericsson, «Hardware Configuration Data RNC 3820» 2009

- [11] Ericsson, «Hardware Configuration Data RNC Evo Controller 8200» 2012
- [12] Historia del computador y del teléfono móvil  
 «<http://www.slideshare.net/santy1998/historia-del-computador-y-del-telfono-mvil>»  
 [consulta 2013]
- [13] Cuarta generación de telefonía móvil  
 «<http://www.dea.icaei.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/4G-Cuarta%20Generacion%20de%20Tecnologias%20de%20telefonía%20movil.pdf>»  
 [consulta 2013]
- [14] L'UMTS et le haut-débit mobile exemple hard handover «[http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/eric\\_meurisse/img/exemple\\_hard\\_handover.jpg](http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/eric_meurisse/img/exemple_hard_handover.jpg)» [Consulta: 2013]
- [15] L'UMTS et le haut-débit mobile exemple soft handover «[http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/eric\\_meurisse/img/exemple\\_soft\\_handover.jpg](http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/eric_meurisse/img/exemple_soft_handover.jpg)» [Consulta: 2013]
- [16] Wikimedia: softer handover  
 «[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4f/SofterHandover\\_PL.svg/330px-SofterHandover\\_PL.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4f/SofterHandover_PL.svg/330px-SofterHandover_PL.svg.png)» [Consulta: 2013]
- [17] Ericsson «Dimensioning Description RNC 3810» 2006
- [18] Ericsson «Dimensioning Description RNC 3820» 2009
- [19] Ericsson «Dimensioning Description Evo Controller 8200» 2012

[20] Entrevista realizada al Ingeniero Gabriel Díaz en Ericsson de Venezuela. Septiembre 2013.

[21]Entrevista realizada a la Ingeniero Yesenia Bejarano en Telecomunicaciones Movilnet. Octubre 2013

[22] Ericsson «Technical Product Description RNC 3820» 2009

[23] Ericsson «Technical Product Description RNC Evo Controller 8200» 2012

# [ANEXOS]

## [Anexo 1]

[Dimensioning Description 3810]

### Dimensioning Description

#### RNC 3810

#### Contents

|      |  |
|------|--|
| 1    | <b>Introduction</b>                                |
| 2    | <b>Pre-Launch Dimensioning</b>                     |
| 2.1  | Introduction                                       |
| 2.2  | Redundancy and Dimensioning Margins                |
| 2.3  | Traffic Model                                      |
| 2.4  | Dimensioning Targets                               |
| 2.5  | Module MP Dimensioning                             |
| 2.6  | CC-SP Dimensioning                                 |
| 2.7  | PDR-SP Dimensioning                                |
| 2.8  | DC-SP Dimensioning                                 |
| 2.9  | Number of Module MPs                               |
| 2.10 | Number of CC-SPs                                   |
| 2.11 | Number of PDR-SPs                                  |
| 2.12 | Number of DC-SPs                                   |
| 2.13 | Selection of RNC Configuration                     |
| 2.14 | RNC 3810 Configurations                            |
| 2.15 | Checking the Limitation of Concurrent Active Users |
| 2.16 | Checking the RBS and Cell Limitations              |
| 2.17 | Area Dimensioning                                  |
| 2.18 | Effect of HW Faults on the Calculated Capacities   |
| 2.19 | Summary of the Pre-launch Dimensioning             |
| 3    | <b>Post-launch Dimensioning</b>                    |
| 3.1  | Introduction                                       |
| 3.2  | MP Processor Load                                  |
| 3.3  | SP Processor Load                                  |
| 3.4  | PDR-SP Throughput                                  |
| 3.5  | Rejected Calls                                     |
| 3.6  | URA Users  |
| 3.7  | Capacity Licensing Considerations                  |
| 3.8  | ISL Overload Protection                            |
| 3.9  | Fine Tune Pre-Launch Formulas for RNC Expansion    |



- 3.9.1      [Module MP](#)
- 3.9.2      [DC-SP](#)
- 3.9.3      [PDR-SP](#)
- 3.9.4      [Counters to determine Processor load](#)

## 1 Introduction

This document describes how to dimension the Ericsson Radio Network Controller (RNC) node in a radio access network. The intended readers are radio network design engineers involved in the planning, design, or maintenance of a Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) radio network.

The document is intended to support engineers in the task of planning and maintaining a correctly dimensioned UTRAN. As the quality of the planning result is dependent on the input data and on an understanding of the limitations of the procedures and methods used, it is recommended to involve Ericsson in the tasks covered by this document.

Dimensioning is often an iterative process. Hence this document is divided into two parts: Pre-launch dimensioning, to be used before the network is taken into operation, and Post-launch dimensioning that shall be used to improve the performance in a running network and to ensure that expansions are made in due time. The dimensioning is targeting the busy hour performance, but does not take extraordinary public events into consideration.

The Post-launch dimensioning is divided up into two steps. The focus of the first step is to find out when it is time to make decisions for reconfiguration and node expansion of RNC nodes but not saying with how much.

The second step therefore focus on "Forecasting RNC expansion". This is done by fine tuning the formulas in the Pre-launch Dimensioning chapter by introducing Scaling Factors (SF). These scaling factors are based on measurements of live traffic in the RNC.

This document does not describe the characteristics of the RNC as a product, but provides a method for dimensioning the RNC in a real network. The pre-launch dimensioning have to be used as a guideline, but efficient utilization requires that the post-launch methods are taken into operation. All networks have their specific idiosyncrasies, and since all cannot be covered in a dimensioning method the post-launch activities must be used to revise the result. By doing this properly, and feeding back the result to the pre-launch methods, good accuracy can be achieved when predicting the impact from expected traffic development.

## 2 Pre-Launch Dimensioning

The target for the pre-launch dimensioning is to configure the RNC according to an expected traffic scenario, and establish good performance with reasonable dimensioning margins.

### 2.1 Introduction

The RNC 3810 is scalable on subrack level up to six subracks. It offers some flexibility of utilizing the resources and configuring the node, but it can require some iterations to get the optimal solution. The way of working is as follows:

1. All calculations are based on the assumed customer traffic model. Calculate the number of Module MP, PDR-SP, the DC-SP and the CC-SP that support the traffic model.
2. Based on above values choose the correct RNC configuration. Double check the RNC capacities for the chosen configuration and identify which processor type is the limiting factor.
3. Check that the chosen configuration can handle the required number of Iub throughput. If not, a larger node configuration has to be selected.
4. Check that the chosen configuration can handle the required number of Concurrent Active users and UTRAN Registration Area (URA) users. If not, a larger node configuration has to be selected.
5. Check that the chosen configuration can handle the required number of RBS and cells and in terms of Area Dimensioning. If not, a larger node configuration has to be selected.
6. Calculate the number of ET boards needed to cover the required bandwidth.
7. Check that these ET boards can be allocated in the subracks accordingly. If not, a larger configuration has to be selected.

### 2.2 Redundancy and Dimensioning Margins

The RNC node utilize 1+1 redundancy for the central processors and pooling mechanisms for module MP and SP.

The calculated RNC capacity in terms of subscribers and throughput decreases for the pooled resources if a HW fault occurs.

The maximum capacity of the RNC 3810 node configurations in terms of module MPs and SPs in a non fault situation is shown in Section 2.14. The consequence of a fault situation with a single board failure is described in Section 2.21.

The margins used in the dimensioning process are intended to both cover short term variations in the traffic as well as traffic events not explicitly included. As an example, the processor load for cell updates due to mobility is not included, but is together with multiple other low cost activities intended to be covered by the

margins implied by the dimensioning constants in the equations. This means that a specific margin level is hard to state, but as a general rule approximately 10% margin can be assumed.

## 2.3 Traffic Model

The traffic that the RNC shall handle and hence be dimensioned for must be expressed in a way that can be used for the dimensioning. The values of the following parameters have to be estimated, using an average level during busy hour as the target. All figures are per subscriber and per busy hour.

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>SRBs</b>                | The number of stand-alone Signalling Radio Bearer (SRB) setups per subscriber per hour, mainly consisting of Location Area updates.   |
| <b>Calls</b>               | The number of call setups per subscriber per hour, covering all types of calls.   |
| <b>Switches</b>            | The number of channel switches during PS data calls, per subscriber per hour, covering all rate and type switches.  |
| <b>SoftHOs</b>             | The number of soft handover per subscriber per hour, including IRAT HOs, IFHOs, HS cell change, Iur HOs.  |
| <b>SofterHOs</b>           | The number of softer handover per subscriber per hour.  |
| <b>E<sub>voice</sub></b>   | The voice traffic in Erlang per subscriber and busy hour.   |
| <b>E<sub>CS Data</sub></b> | The CS Data traffic in Erlang per subscriber and busy hour.   |
| <b>E<sub>PS Data</sub></b> | The PS Data (R99) traffic in Erlang per subscriber and busy hour, excluding FACH state.   |
| <b>E<sub>HS Data</sub></b> | The HS Data traffic in Erlang per subscriber and busy hour, excluding FACH state.   |
| <b>E<sub>FACH</sub></b>    | The traffic in Erlang for a subscriber to reside in FACH state during busy hour.  |
| <b>E<sub>URA</sub></b>     | The traffic in Erlang for a subscriber to reside in URA state during busy hour.   |
| <b>UP<sub>voice</sub></b>  | The transmitted voice call user plane per subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead. |
| <b>UP<sub>CS</sub></b>     | The transmitted CS data user plane per subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead.    |
| <b>UP<sub>PS</sub></b>     | The transmitted PS (R99 type) user plane per subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The   |

figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead nor retransmissions.

**UP<sub>HS</sub>** The transmitted HS user plane, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead nor retransmissions.

## 2.4 Dimensioning Targets

To illustrate the method of dimensioning and have specific requirements for the task, some target quantities are defined.

**Subscribers<sub>RNC</sub>** The required number of subscribers

**RBS** The required number of RBSs

**Cells** The required number of cells

## 2.5 Module MP Dimensioning

The number of Module MPs needed (**based on the GPB53 board**) is determined by the number of RBSs that shall be handled and the traffic load from the subscribers. The processor load on the Module MP from one subscriber complying to the average traffic model described in Section 2.3 can be expressed as:

$$\frac{1.5 \times SRB + 3 \times Calls + 0.3 \times Switches + 0.9 \times SoftHOs + 0.45 \times SofterHOs}{3600} \quad \left[ \begin{matrix} \% \end{matrix} \right]$$

*Equation 1 Module MP Load per Subscriber*

The number of subscribers that one Module MP can handle, while maintaining dimensioning margins, can be calculated using:

$$Subscribers_{MMP} = \frac{80}{Load_{subscriber, MMP}} \quad \left[ subscribers \right]$$

*Equation 2 Subscribers per Module MP*

## 2.6 CC-SP Dimensioning

The two main characteristics of the CC-SPs to take into account are the number of cells and the maximum number of concurrent FACH users. Using the latter

determines the number of subscribers per CC-SP (**on the SPB3 board**), and can be expressed as:

$$Subscribers_{CC} = \frac{2250}{EFACH} \left[ subscribers \right]$$

*Equation 3 Subscribers per CC-SP*

## 2.7 PDR-SP Dimensioning

The processor load per subscriber on the PDR-SP (**on the SPB3 board**) is determined from the payload of the PS user plane, and can be expressed as:

$$Load_{subscriber,PDR} = \frac{UP_{PS} + UP_{HS}}{4000} \left[ \% \right]$$

*Equation 4 PDR-SP Load per Subscriber*

The number of subscribers that one PDR-SP can handle, while maintaining dimensioning margins, can be calculated using:

$$Subscribers_{PDR} = \frac{75}{Load_{subscriber,PDR}} \left[ subscribers \right]$$

*Equation 5 Subscribers per PDR-SP*

## 2.8 DC-SP Dimensioning

The processor load on the DC-SP (**on the SPB3 board**) from one subscriber complying to the average traffic model described in Section 2.3 can for the control plane part be expressed as:

$$Load_{subscriber,DC,CP} = \frac{SRB + 2 \times Calls + 1.5 \times Switches + 0.6 \times SoftHOs + 0.3 \times SofterHOs}{3600} \left[ \% \right]$$

*Equation 6 DC-SP Load per Subscriber, Control Plane Part*

The user plane from one subscriber loads the DC-SP processor according to the following expression:

$$Load_{subscriber,DC,UP} = 0.03 \times UP_{voice} + 0.01 \times UP_{CS} + 0.003 \times \left[ UP_{PS} + UP_{HS} \right] \left[ \% \right]$$

*Equation 7 DC-SP Load per Subscriber, User Plane Part*

The total processor load on the DC-SP from one subscriber is then the sum of the control plane load and the user plane load:

$$Load_{subscriber,DC} = Load_{subscriber,DC,CP} + Load_{subscriber,DC,UP} \left[ \% \right]$$

*Equation 8 DC-SP Load per Subscriber, Total*

The number of subscribers that one DC-SP can handle, while maintaining dimensioning margins, can be calculated using:

$$Subscribers_{DC} = \frac{75}{Load_{subscriber,DC}} \left[ subscribers \right]$$

*Equation 9 Subscribers per DC-SP*

## 2.9 Number of Module MPs

The number of Module MPs that is required to fulfill the requirements is determined by the total subscriber capacity.

$$ModuleMPs = \left\{ ROUNDUP \left( \frac{Subscribers_{RNC}}{Subscribers_{MMP}} \right) \right\}$$

*Equation 10 Number of Module MPs Required*

This number determines the lowest number of Module MPs that can fulfill the subscriber requirement. In Section 2.14 the available configurations of the RNC 3810 are outlined, and an appropriate configuration regarding the number of Module MPs shall be selected as starting point for the node configuration. The rule is that the smallest possible configuration shall be selected primarily unless a larger configuration is in line with an established expansion strategy. The dimensioning of the RNC is an iterative task, so this first selection is by no means final.

## 2.10 Number of CC-SPs

The next step is to determine the required number of CC-SPs in the node. The characteristics to check are the number of subscribers to handle.

$$CC = \left\{ ROUNDUP \left( \frac{Subscribers_{RNC}}{Subscribers_{CC}} \right) \right\}$$

*Equation 11 Number of CC-SPs Required*

This number then determines the lowest number of CC-SPs that can fulfill the subscriber requirement. If the configuration selected in the previous chapter for Module MPs holds less than the required number of CC-SPs, choose the configuration that fulfills both criteria.

### 2.11 Number of PDR-SPs

The required number of PDR-SPs in the node shall be determined, and only the subscriber requirement sets the limitation. The RNC is delivered with 5 PDR-SP per RNC for all RNC configurations. If more than 5 PDR-SPs are required an extra RNC is needed.

$$PDR = \text{ROUNDUP} \left( \frac{\text{Subscribers}_{RNC}}{\text{Subscribers}_{PDR}} \right)$$

*Equation 12 Number of PDR-SPs Required*

This number determines the lowest number of PDR-SPs that can fulfill the subscriber requirement.

### 2.12 Number of DC-SPs

The required number of DC-SPs in the node shall be determined in the same way, using the subscriber requirement as the limitation.

If the configuration selected in the previous section for Module MPs and CC-SPs holds less than the required number of DC-SPs, choose the configuration that fulfills all criteria.

$$DC = \text{ROUNDUP} \left( \frac{\text{Subscribers}_{RNC}}{\text{Subscribers}_{DC}} \right)$$

*Equation 13 Number of DC-SPs Required*

This number determines the lowest number of DC-SPs that can fulfill the subscriber requirement.

### 2.13 Selection of RNC Configuration

Based on the number of required processors types, (calculated in the previous sections), choose an RNC configuration from Table 1, that fulfills the requirement for all four (4) processor types.

If the required number of processor types, (Module MPs, CC-SPs, PDR-SPs, or DC-SPs) is larger than the available number in the selected RNC configuration, a larger RNC configuration has to be selected.

## 2.14 RNC 3810 Configurations

The HW entities of different predetermined configurations of the RNC 3810 are shown in Table 1. Size type 50 refers to a node with just a Main Subrack (MS). All other size types refers to nodes with a MS and one to five ES. Based on the six basic HW configurations it is possible to add Capacity Enhancements features.

In RNC 3810 the software allocations of the PDR, DC and CC are fixed in number for each subrack. Increasing the HW capacity in the user plane (that is number of PDR, DC, and CC), is done by adding extra ESs.

*Table 1 Configurations for RNC 3810 with R5.1 HW*

| <b>RNC 3810 Type</b>   | <b>Module MPs</b> | <b>PDR-SPs</b> | <b>DC-SPs</b> | <b>CC-SPs</b> |
|------------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| RNC 3810 type 50       | 3                 | 5              | 7             | 3             |
| RNC 3810 type 175      | 9                 | 5              | 28            | 9             |
| RNC 3810 type 200 (CE) |                   |                |               |               |
| RNC 3810 type 300      | 15                | 5              | 49            | 15            |
| RNC 3810 type 350 (CE) |                   |                |               |               |
| RNC 3810 type 425      | 21                | 5              | 70            | 21            |
| RNC 3810 type 500 (CE) |                   |                |               |               |
| RNC 3810 type 550      | 27                | 5              | 91            | 27            |
| RNC 3810 type 650 (CE) |                   |                |               |               |
| RNC 3810 type 675      | 33                | 5              | 112           | 33            |
| RNC 3810 type 800 (CE) |                   |                |               |               |



**Note:**

Configurations indicated with "CE" include the optional features Capacity Enhancements.

**2.15 Checking the Limitation of Concurrent Active Users**

The node can handle a large but still limited number of active users, which includes users performing voice, CS Data, PS and HS calls. The total number of active users must be compared to the nominal node limitation.

URA users are checked separately and are not part of the active users.

Calculate the total number of concurrent active users as follows:

$$Active\ Users = Subscribers_{RNC} \times \left[ E_{voice} + E_{CS\ Data} + E_{PS\ Data} + E_{HS\ Data} + E_{FACH} \right] \left[ Users \right]$$

*Equation 14 Active Users*

Calculate the total number of URA users as follows:

$$URA\ Users = Subscribers_{RNC} \times \left[ E_{URA} \right] \left[ Users \right]$$

*Equation 15 URA Users*

If the calculated number of active or URA users is larger than the nominal figure for the selected node, a larger node must be selected, or ultimately one more node must be used.

**Note:**

The amount of active users does not impact the possible number of URA users, nor vice versa.

*Table 2 Maximum Number of Concurrent Users in RNC 3810*

| <b>RNC Configuration</b> | <b>Max Number of Active Users</b> | <b>Max Number of URA Users</b> |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>R5.1 HW</b>           |                                   |                                |
| RNC 3810 type 50         | 1 500                             | 8 000                          |
| RNC 3810 type 175        | 6 400                             | 28 000                         |
| RNC 3810 type 200 (CE)   | 6 400                             | 32 000                         |
| RNC 3810 type 300        | 11 300                            | 48 000                         |
| RNC 3810 type 350 (CE)   | 11 300                            | 56 000                         |

|                        |        |         |
|------------------------|--------|---------|
| RNC 3810 type 425      | 16 200 | 68 000  |
| RNC 3810 type 500 (CE) | 16 200 | 80 000  |
| RNC 3810 type 550      | 21 100 | 88 000  |
| RNC 3810 type 650 (CE) | 21 100 | 104 000 |
| RNC 3810 type 675      | 26 000 | 108 000 |
| RNC 3810 type 800 (CE) | 26 000 | 128 000 |

**Note:**

Configurations indicated with "CE" include the optional Capacity Enhancements.

## 2.16 Checking the RBS and Cell Limitations

The numbers of RBSs and cells must be checked against nominal maximums for the node. The numbers of RBSs and cells for the node must be equal to or less than the following or a larger node has to be chosen:

*Table 3 Maximum Number of Cells and RBSs per RNC, R5.1 HW*

| <b>RNC Configuration</b> | <b>50</b> | <b>175/200</b> | <b>300/350</b> | <b>425/500</b> | <b>550/650</b> | <b>675/800</b> |
|--------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Number of cells          | 384       | 1344           | 2304           | 2304           | 2304           | 2304           |
| Number of RBSs           | 128       | 448            | 768            | 768            | 768            | 768            |

**Note:**

These figures are applied in situations/scenarios where Multiple FACH or MBMS are not used. The same figures are valid for the R5 HW configurations without the capacity enhancement enabled.

## 2.17 Area Dimensioning

A few rules are valid for the different RAN area types that the node handles, according to the following:

- Maximum number of Service Areas (SA) in the node: equal to maximum number of cells supported by the chosen configuration, see Table 3.
- Maximum number of Routing Areas (RA) in the node: 154.
- Maximum number of Location Areas (LA) in the node: 47.

If the number of cells are less than the stated numbers for SA, RA or LA, then the stated number of SA, LA, SA cannot exceed the actual number of cells.

## 2.18 Effect of HW Faults on the Calculated Capacities

The calculated RNC capacity decreases for the pooled resources (Module MP, PDR-SP, CC-SP and DC-SP) if a HW fault occur when a GPB or a SPB is broken. This is described below:

### Module MP

Worst case of a broken GPB board is the loss of one Module MP resulting in 1/33 Module MP capacity loss in RNC type 800 node up to 1/3 Module MP capacity loss in a type 50 node.

### PDR-SP

Worst case of a broken SPB3 board is the loss of one PDR-SP resulting in a 1/5 capacity loss for all node sizes.

### CC-SP

Worst case of a broken SPB3 board is the loss of one CC-SP resulting in 1/33 CC-SP capacity loss in RNC type 800 node up to 1/3 CC-SP capacity loss in a type 50 node.

### DC-SP

Worst case of a broken SPB3 board in an ES is the loss of three DC-SP resulting in 3/112 DC-SP capacity loss in RNC type 800 node up to 3/28 DC-SP capacity loss in a type 175 node. Worst case of a broken SPB3 board in a MS is the loss of two DC-SP resulting in 2/112 DC-SP capacity loss in RNC type 800 node up to 2/7 DC-SP capacity loss in a type 50 node.

## 2.19 Summary of the Pre-launch Dimensioning

This summarizes the pre-launch dimensioning of the RNC 3810. If all the steps are followed, a configuration shall now be defined that matches all the known and assumed conditions the node is facing. As stated, the exact traffic situation and environment are difficult to predict and hence dimensioning adjustments can be necessary when the node is taken into operation. How to perform this is outlined in Section 3.

## 3 Post-launch Dimensioning

The Post-launch dimensioning is divided up into two steps. The focus of the first step is to find out when it is time to make decisions for reconfiguration and node expansion of RNC nodes but not saying with how much.

The second step focus on "Fine tune Pre-launch formulas for RNC Expansion". This is done by fine tuning the formulas in the Pre-launch Dimensioning section by introducing Scaling Factors (SF). These scaling factors are based on measurements of live traffic in the RNC.

### **3.1 Introduction**

User behavior and traffic patterns are vastly different in different networks. This makes forecasting the required capabilities of the node difficult. However, it is possible to gauge actual loads much more accurately once the network is launched and is up and running. There are several resources that have to be monitored, and the most obvious is the capacity of the different processors in the node. By regularly monitoring the processor load and other characteristics, the proper decisions for node reconfiguration, node expansion or network reconfiguration can be taken. An important objective can be to get a relevant picture of the trends of utilization increase in the node.

### **3.2 MP Processor Load**

The MP processors handle a great deal of traffic, and the variations are not expected to be significant in the short perspective. Hence the node can tolerate quite high average load on these processors, but even though the Module MPs do not start rejecting traffic until the load is above 80% preparations for increasing the capacity have to be performed at a lower load level. When the observed processor load given by the PM counters over a 2 minute period exceeds 65% it is recommended to start paying attention to the MP processor load. The activities can involve expanding the node, obtaining more nodes, or reconfiguring the RBSs to other RNSs to even out the load over the network.

#### **3.2.1 Module MPs**

The Module MPs handle all control plane signalling and are therefore directly impacted by increased traffic activities. The processor is efficiently protected against overload, but high or bursty load can result in rejected calls. To determine the average load during the ROP period, the counters `pmSumMeasuredLoad` and `pmSampleMeasuredLoad` have to be read. The quotient  $\text{pmSumMeasuredLoad} / \text{pmSampleMeasuredLoad}$  results in the average load in %.

The histogram counter, `pmMeasuredLoad`, shows the load distribution over the 0-100% interval. The appropriate interval in this counter is incremented every second to result in the number of seconds the load has been in each interval during the ROP period.

The counters are listed in Table 4.

Table 4 Module MP Load Counters

| Measure   | Counters Used                            |
|---|--|
| Module MP processor load, in %  | pmSumMeasuredLoad / pmSampleMeasuredLoad |
| Module MP processor load as histogram, number of seconds during the ROP in each load interval | pmMeasuredLoad                           |

### 3.2.2 RANAP / RNSAP MP

The signalling load is difficult to predict in pre-dimensioning and depends on a variety of reasons for example the number of RNCs in densely populated areas or the traffic behavior of the UE, an example of the later is Smart-phones that can have high mobility and high activity. These reasons can give cause to increased RANAP and RNSAP signalling load but the majority of the nodes/networks have usually no problem with increased RANAP / RNSAP load.

When the observed RANAP/RNSAP processor load given by the PM counters over a 2 minute period exceeds 65% it is recommended to start paying attention to the RANAP / RNSAP MP processor load. The activities can involve that RNS borders are moved or use of radio functions such as URA PCH. See also Section 3.6.

The RANAP/RNSAP MP has the same load measurements as the Module MPs; the ROP average and the histogram counter to show the interval distribution. The counters are listed in Table 5.

Table 5 RANAP MP Load Counters

| Measure  | Counters Used                            |
|--|--|
| RANAP/RNSAP MP processor load, in %  | pmSumMeasuredLoad / pmSampleMeasuredLoad |
| RANAP/RNSAP MP processor load as histogram, number of seconds during the ROP in each load interval | pmMeasuredLoad                           |

### 3.2.3 SCCP MP, O&M MP and Central MP

Since these processors do not have the same load control - and do not need it - the load has to be measured using the Plug In Unit load counters. These counters, called pmProcessorLoad, are located in the PlugInUnit MO

The counters are listed in Table 6.

Table 6 Load Counters for SCCP MP, O&M MP and Central MP

| Measure                                 | Counters Used                           |
|---|---|
| SCCP MP processor load, in %            | pmProcessorLoad, PIU 8 in Main Subrack  |
| SCCP MP standby processor load, in %    | pmProcessorLoad, PIU 9 in Main Subrack  |
| Central MP processor load, in %         | pmProcessorLoad, PIU 10 in Main Subrack |
| Central MP standby processor load, in % | pmProcessorLoad, PIU 11 in Main Subrack |
| O&M MP processor load, in %             | pmProcessorLoad, PIU 12 in Main Subrack |
| O&M MP standby processor load, in %     | pmProcessorLoad, PIU 13 in Main Subrack |

In normal cases, the standby processors are not executing but showing an idle load close to zero.

**Note:**

To get optimal overload protection, the HW revision of the SCCP MPs shall be at least on par with the RANAP MPs.

### 3.3 SP Processor Load

Each SP processor has its own load measurement counters, and they are used in a similar way as for the Module MPs. The following quotients give the average load over the 2 minutes ROP period in % for the CC SP, the DC SP and the PDR SP, respectively:

- $\text{pmSumMeasuredCcSpLoad} / \text{pmSamplesMeasuredCcSpLoad}$
- $\text{pmSumMeasuredDcSpLoad} / \text{pmSamplesMeasuredDcSpLoad}$
- $\text{pmSumMeasuredPdrSpLoad} / \text{pmSamplesMeasuredPdrSpLoad}$

The load can vary between the SPs, but in general the load have to be spread over all the SPs in the node, specifically in high load scenarios. If the node average load for an SP type over an ROP period is higher than 50%, attention have to be paid. The reason for the lower threshold for starting to pay attention compared to the MPs is that the load could change more and faster on the SPs due to payload variations and fewer users per processor.

There are Plug in Unit load counters for the SPB boards, called pmProcessorLoad, but these counters show the load for the BP (Board Processor) of the board. The BP load shall not be allowed to get over 50%.

The counters are listed in Table 7.

Table 7 SP Processor Load Counters

| Measure                     | Counters Used   |
|-----------------------------|---|
| CC-SP processor load, in %  | $\text{pmSumMeasuredCcSpLoad} / \text{pmSamplesMeasuredCcSpLoad}$   |
| DC-SP processor load, in %  | $\text{pmSumMeasuredDcSpLoad} / \text{pmSamplesMeasuredDcSpLoad}$   |
| PDR-SP processor load, in % | $\text{pmSumMeasuredPdrSpLoad} / \text{pmSamplesMeasuredPdrSpLoad}$ |
| BP processor load, in %     | <code>pmProcessorLoad</code>  |

### 3.4 PDR-SP Throughput

For the R3 HW the PDR-SP can become a limitation, specifically if the node is expanded but the original SPB boards in the Main Subrack are kept. This cannot necessarily be reflected in the processor load, since there are other limitations in the hardware. It is therefore advised to sum up the throughput counters for each PDR device and check against the maximum values in Table 8.

The counters to use are `pmNoRoutedIpBytesUl` and `pmNoRoutedIpBytesDl` for the classes `IpEthPacketDataRouter` and `PacketDataRouter`, aggregated per PDR Device. The counters give the average value over the ROP, and since the table below is the maximum peak level a margin must be maintained. A reasonable value to recommend is a 70% margin, meaning that the measured throughput have to be below 70% of the stated maximum level. In case of higher throughput levels the alternatives are HW upgrading or node expansion.

Table 8 PDR Throughput

| Type of PDR-SP             | Throughput per PDR-SP (DL + UL) |
|----------------------------|---------------------------------|
| PDR-SP throughput, R3 HW   | 40 Mbps                         |
| PDR-SP throughput, R4 HW   | 300 Mbps                        |
| PDR-SP throughput, R5 HW   | 300 Mbps                        |
| PDR-SP throughput, R5.1 HW | > 300 Mbps                      |

### 3.5 Rejected Calls

The Module MP has an efficient overload protection that can reject call setup requests. If the short term average of the processor load gets higher than the nominal 85%, new RRC connection requests are rejected. This can be observed in the counters in Table 9 belonging to the `LoadControl` MO, and specifically the

F2 and F3 gates have to be monitored for any indications of excessive offered traffic. The important figure is the ratio between accepted and rejected calls, but it must also be noticed that calls can be rejected for other reasons than processor overload.

*Table 9 Counters for Rejected Calls*

| <b>Measure</b>                                     | <b>Counters Used</b>  |
|--|-----------------------|
| Total number of rejected calls due to Load Control | pmNoRejRrcConnMpLoadC |
| Number of accepted terminating calls               | pmAdmittedRequestsF2  |
| Number of accepted originating calls               | pmAdmittedRequestsF3  |
| Number of rejected terminating calls               | pmRefusedRequestsF2   |
| Number of rejected originating calls               | pmRefusedRequestsF3   |

The Module MPs handle the majority of all incoming control plane signals, as well as other related activities. Hence there can be several reasons for high load on the processors. However, mostly the load is a broad combination of radio network activities of the individual mobiles. The main contributors, though, are usually high intensities of handover events and channel switching, so improvement activities have to be focused on reducing these events. When co-residing with other RAN technologies, like GSM, shared Location Updates and Paging can be a factor, as well as IRAT handover (handover to and from GSM, for example).

### 3.6 URA Users

The number of concurrent URA users in the node is not likely to reach the capability maximum unless a large portion of the users is residing in URA state. The URA limitation does not impact the ability to handle FACH and DCH/HS users. The average number of URA users on node level over a ROP period can be found in the counters for UeRc instance 21, as indicated in Table 10.

*Table 10 Counters for URA Users*

| <b>Measure</b>                       | <b>Counters Used</b>  |
|--------------------------------------|---|
| Average number of users in URA state | pmSumRabEstablish /<br>pmSamplesRabEstablish for UeRc<br>instance UeRc = 21 (URA_PCH) |

The RNC nodes ability to support simultaneous SS7 connections sets the limit of how many URA users can be supported. When the average number of URA users exceeds 75% of the supported URA users in the node type, it is recommended to start paying attention to the URA load. If the URA load is too heavy URA hold timer have to be reduced.



### 3.7 Capacity Licensing Considerations

Capacity licensing can be the limiting factor for the traffic processing. There are a number of counters, listed in Table 11, that have to be monitored to ensure that the licenses are sufficient.

There are two Capacity License dimensions; Iub throughput and concurrent DCH, HS and FACH users. For each of these two dimensions there are capacity counters . The license dimensions are distinguished by the `RncCapacityId`, set to `IubThroughput` or `FachDchHsUsers`. For each of these dimensions there are counters that show the average level of utilized capacity for the 2 minute ROP period: the average level when the regulation has kicked in, and the number of seconds the regulation has taken place.

Table 11 Counters for Capacity Licensing

| Measure   | Counters Used  |
|---|--|
| The utilized Iub throughput in kbps   | <code>pmSumCapacity / pmSamplesCapacity</code> for <code>RncCapacityId = IubThroughput</code>                      |
| The utilized number of FACH/DCH/HS users  | <code>pmSumCapacity / pmSamplesCapacity</code> for <code>RncCapacityId= FachDchHsUsers</code>                      |
| The average Iub throughput in kbps during regulated intervals   | <code>pmSumCapacityRegulation / pmSamplesCapacityRegulation</code> for <code>RncCapacityId = IubThroughput</code>  |
| The average number of FACH/DCH/HS users during regulated intervals  | <code>pmSumCapacityRegulation / pmSamplesCapacityRegulation</code> for <code>RncCapacityId = FachDchHsUsers</code> |
| The number of seconds during the ROP period that the regulation has taken place for the Iub throughput              | <code>pmTotalTimeCapacityRegulated</code> for <code>RncCapacityId = IubThroughput</code>                           |
| The number of seconds during the ROP period that the regulation has taken place for the number of FACH/DCH/HS users | <code>pmTotalTimeCapacityRegulated</code> for <code>RncCapacityId = FachDchHsUsers</code>                          |

### 3.8 ISL Overload Protection

The ISL load level can be monitored by the counter `pmPeakBwLevel` in the `MO InternalLinkGroup`. The counter has to be turned on manually, and it shows the distribution of the ISL load over different load levels over the period. The ISL Load Control is triggered when the ISL load is over 80%.

### 3.9 Fine Tune Pre-Launch Formulas for RNC Expansion

In the previous part of the Post-launch dimensioning the focus has been on regular monitoring of the processor load and other parameters, to find out when it is time to make decisions for node reconfiguration, node expansion or network reconfiguration but not saying with how much.

Due to a predicted change in the traffic model, for example more HS calls, it is desirable to evaluate how that affects the load of the different processors in the RNC. The traffic predictions can either be based on existing traffic models with modifications for anticipated changes in traffic behavior or be based on new traffic models derived from counters together with estimations of changing traffic behavior.

The formulas used in Section 2 are the first approximation to estimate the initial node configurations.

When the deviation between calculated and measured load (for example in module MP) is big (for example it differs more than 10% in relative during peak hours), a scaling factor can be applied. This is mainly due to the model used in this document is a simplification of the actual node behavior. To get improved predictions for future RNC expansion, it is possible to fine tune the formulas in Section 2 by introducing Scaling Factors (SF).

Based on measurements of live traffic in the RNC and relating these measurements to the theoretical formulas in Section 2 it is possible to derive a Scaling Factor (SF) for different resources of the RNC. The most obvious resources are the different processors in the node.

The variables used, to determine for example the "Calculated Module MP load during peak hour" are the same variables used in Section 2 but determined by measurements based on counters. The counters gives values in (1/s) and (kb) for a ROP duration of usually 120 seconds. A suffix "m" is used to show the counter based values.

#### 3.9.1 Module MP

The Scaling Factor (SF) for module MP load is derived from the following formula:

$$SF_{MP} = \frac{\text{Measured module MP Load during peak hour}}{\text{Calculated module MP Load during peak hour}}$$

*Equation 16 Scaling Factor (SF) for Module MP Load*

To determine "Measured module MP load during peak hour", the counters `pmSumMeasuredLoad` and `pmSampleMeasuredLoad` have to be read. The quotient `pmSumMeasuredLoad / pmSampleMeasuredLoad` results in the average load in %.

$$\text{Measured Module MP load during peakhour} = \frac{\text{'pmSumMeasuredLoad'}}{\text{'pmSamplesMeasuredLoad'}} \left[ \begin{matrix} \% \end{matrix} \right]$$

*Equation 17 Measured Module MP Load*

The part called "Calculated Module MP load during peak hour" (%) for measured key events is based on the simplified component method and can be found in Equation 18.

The values in the formula for key events: SRB<sub>m</sub>, Calls<sub>m</sub>, Switches<sub>m</sub>, SoftHO<sub>m</sub> and SofterHO<sub>m</sub> are retrieved from PM counters specified in Table 12 . The intensities are calculated per second and for a module-MP (that is the average load for one module-MP):

In the table: N = no\_of\_modules x ROP\_duration, (ROP duration is in seconds)

where no\_of\_modules is the number of modules-MPs in the whole RNC.

$$\begin{aligned} &\text{Calculated Module MP load during peak hour} = \\ &1.5 \times \text{SRB}_m + 3 \times \text{Calls}_m + 0.3 \times \text{Switches}_m + 0.9 \times \text{SoftHO}_m + 0.45 \times \text{SofterHO}_m \left[ \begin{matrix} \% \end{matrix} \right] \end{aligned}$$

*Equation 18 Calculated Module MP Load*

The output of "Calculated Module MP load during peak hour" is used in Equation 16.

For easy reference, see the forecasting Equation 19. From Equation 16 a new SF (MP) is introduced in Equation 1.

$$\text{SFMP} \times \frac{\text{Load}_{\text{subscr MMP}} = 1.5 \times \text{SRB} + 3 \times \text{Calls} + 0.3 \times \text{Switches} + 0.9 \times \text{SoftHOs} + 0.45 \times \text{SofterHOs}}{3600} \left[ \begin{matrix} \% \end{matrix} \right]$$

*Equation 19 Tuned Module MP Load per Subscriber*

The same procedure as described in Section 2 is then used

Due to a predicted change in the traffic model, that is more HS calls, it is possible to evaluate how that affects the load of the Module MP.

### 3.9.2 DC-SP

The Scaling Factor (SF) for DC-SP load is derived from the following formula:

$$SF_{DC-SP} = \frac{\text{Measured DC-SP Load during peak hour}}{\text{Calculated DC-SP Load during peak hour}}$$

*Equation 20 Scaling Factor (SF) for DC-SP load*

In the formula, "Measured DC-SP processor load during peak hour" in % is derived from PM counters `pmSumMeasuredDcSpLoad`, and `pmSamplesMeasuredDcSpLoad`, and applied in the following formula:

$$\text{Measured DC-SP load during peak hour} = \frac{\text{'pmSumMeasuredDcSpLoad'}}{\text{'pmSamplesMeasuredDcSpLoad'}} \left[ \begin{matrix} \text{ } \\ \% \end{matrix} \right]$$

*Equation 21 Measured DC-SP Processor Load*

The part called "Calculated DC-SP processor load during peak hour" (%) for measured key events is based on the simplified component method and can be found in Equation 22.

The values in the formula for key events:  $SRB_m$ ,  $Calls_m$ ,  $Switches_m$ ,  $SoftHO_s_m$  and  $SofterHO_s_m$  are retrieved from PM counters specified in Table 12 . Counters Used for Event intensity is in (1/s).

Intensities are calculated per second and for a DC-SP:

In the table:  $N = \text{no\_of\_DCSP} \times \text{ROP\_duration}$

where `no_of_DCSP` is the number of DC-SP processors in the whole RNC.

The values in the formula for key events:  $UPvoice_m$ ,  $UPcs_m$  and  $UPpsms_m$  are retrieved from PM counters specified in Table 13. Counters Used for Event intensity for throughput is either in kb (1000 bits) or kB (1000 bytes).

$$\begin{aligned} \text{Calculated DC-SP Load during peak hour} = \\ SRB_m + 2 \times Calls_m + 1.5 \times Switches_m + 0.6 SoftHO_s_m + 0.3 SofterHO_s_m \\ + 0.03 \times UPvoice_m + 0.01 \times UPcs_m + 0.003 \times \left[ \begin{matrix} \text{ } \\ \text{UPPSHSm} \end{matrix} \right] \left[ \begin{matrix} \text{ } \\ \% \end{matrix} \right] \end{aligned}$$

*Equation 22 Calculated DC-SP Processor Load, Control Plane and User Plane Part*

The output of "Calculated DC-SP load during peak hour" is used in Equation 20.

For easy reference, see the forecasting Equation 23 and Equation 24. The new SF (DC-SP) is introduced in Equation 6 and Equation 7.

$$SF_{DC-SP} \times \frac{Load_{subscriber,DC,CP} = SRB + 2 \times Calls + 1.5 \times Switches + 0.6 \times SoftHOs + 0.3 \times SofterHOs}{3600} \left[ \% \right]$$

*Equation 23 Tuned DC-SP Processor Load per Subscriber, Control Plane Part*

The user plane from one subscriber loads the DC-SP processor according to the following expression:

$$Load_{subscriber,DC,UP} = SF_{DC-SP} \times \left( 0.03 \times UP_{voice} + 0.01 \times UP_{CS} + 0.003 \times \left[ UP_{PS} + UP_{HS} \right] \right) \left[ \% \right]$$

*Equation 24 Tuned DC-SP Load per Subscriber, User Plane Part*

The same procedure as described in Section 2 is then used

Due to a predicted change in the traffic model, that is more HS calls, it is now possible to evaluate how that affects the load of the DC-SP.

### **3.9.3 PDR-SP**

The Scaling Factor (SF) for PDR-SP processor load is derived from the following formula:

$$SF_{PDR-SP} = \frac{\text{Measured PDR-SP Load during peak hour}}{\text{Calculated PDR-SP load during peak hour}}$$

*Equation 25 Scaling Factor (SF) for PDR-SP Load*

In the formula, measured PDR-SP processor load in % is derived from pmSumMeasuredPdrSpLoad, and pmSamplesMeasuredPdrSpLoad, and applied in the following formula:

$$\text{Measured PDR-SP load during peakhour} = \frac{\text{'pmSumMeasuredPdrSpLoad'}}{\text{'pmSamplesMeasuredPdrSpLoad'}} \left[ \% \right]$$

*Equation 26 Measured PDR-SP Processor Load*

The part called "Calculated PDR-SP processor load during peak hour" (%) for measured key events is based on the simplified component method and can be found in Equation 27.

The values in the formula for key events:  $UPpshs_m$  are retrieved from PM counters specified in Table 14. Counters Used for Event intensity for throughput is in kB (1000 bytes).

Intensities are calculated per second and for an PDR-SP:

In the table:  $N = no\_of\_PDRSP \times ROP\_duration$

where  $no\_of\_PDRSP$  is the number of PDR-SP processors in a whole RNC.

$$\text{Calculated PDR-SP Load during peak hour} = \frac{UPPSHSm}{4000} \left[ \begin{matrix} \\ \% \end{matrix} \right]$$

*Equation 27 Calculated PDR-SP Processor Load*

The output of "Calculated PDR-SP load during peak hour" is used in Equation 25.

For easy reference see forecasting Equation 28. The new SF (PDR-SP) is introduced in Equation 4.

$$\text{Load}_{\text{subscriber, PDR}} = SF_{\text{PDR-SP}} \times \frac{UPPS+UPHS}{4000} \left[ \begin{matrix} \\ \% \end{matrix} \right]$$

*Equation 28 Tuned PDR-SP Processor Load per Subscriber*

The same procedure as described in Section 2 is then used

Due to a predicted change in the traffic model, that is more HS calls, it is now possible to evaluate how that affects the load of the PDR-SP.

### 3.9.4 Counters to determine Processor load

Below are the counters used in the equations above:

Table 12 Counters to Determine Module MP or DC-SP Processor Load

| Key Event to be Measured   | Events Grouped Together  | Counters Used for Event Intensity (1/s)  |
|--|--|--|
| SRB <sub>m</sub> : Successful location updates and SMS per second                          |  | $\{pmTotNoRrcConnectReqSuccess - pmTotNoRrcConnectReqCsSucc - pmTotNoRrcConnectReqPsSucc\}/N$  |
| Calls <sub>m</sub> : Successful call establishment per second, covering all types of calls | Including:<br><br>Speech<br>CS<br>PS R99<br>HS   | $\{pmNoRabEstablishSuccessSpeech + pmNoRabEstablishSuccessCs57 + pmNoRabEstablishSuccessCS64 + pmNoRabEstablishSuccessPacketInteractive + pmNoRabEstablishSuccessPacketStream + pmNoRabEstablishSuccessPacketStream128 + pmNoRabEstSuccessPsStreamHs\}/N$  |
| Switches <sub>m</sub> : Successful channel switching per second                            | Including:<br><br>Dedicated channel switching types<br>Channel switching between URA and FACH                        | $\{pmUlUpSwitchSuccessLow + pmDlUpSwitchSuccessLow + pmUlUpSwitchSuccessMedium + pmDlUpSwitchSuccessMedium + pmUlUpSwitchSuccessHigh + pmDlUpSwitchSuccessHigh + pmUlUpSwitchSuccessEul + pmDlUpSwitchSuccessHs + pmUpSwitchFachHsSuccess + pmDownSwitchSuccess + pmChSwitchSuccUraFach + pmChSwitchSuccFachUra\}/N$ |
| SoftHOs <sub>m</sub> : Successful Soft Handover per second                                 | Including:<br><br>Successful Non Iur Soft HO<br>HS cell change<br>Iur HOs<br>IRAT HOs *<br>IFHOs<br>IRAT cell change | $\{pmSoftHoSuccessNonIur + pmNoHsCcSuccess + pmNoEulCcSuccess + pmNoPsStreamHsCcSuccess + pmSoftSofterHoSuccessIur + pmNoSuccessOutIratHoCs57 + pmNoSuccessOutIratHoMulti + pmNoSuccessOutIratHoSpeech + pmNoSuccessOutIratHoStandalone + pmNoTimesIfhoRlAddToActSet + pmTotNoRrcConnectSuccessIratCellResel\}/N$    |

|  |  |  |
|--|--|--|
| SofterHO <sub>m</sub> :<br>The number<br>of Softer<br>Handovers<br>per second. |  | $\{\text{pmSofterHoSuccessNonIur}\}/N$ |
| * pm counters are from Managed Object GSM relation                             |  |  |

**Note:**

The same formulas are used for both Module MP and DC-SP processor load calculation but "N" is not the same. The definition of "N" in the Module MP case is defined in the Module MP chapter above and "N" in the DC-SP case has an other definition found in the DC-SP chapter above.

Table 13 Counters to Determine Throughput Load DC-SP

| Key Event to be Measured  | Events Grouped Together | Counters Used for Throughput Load (kb/s)  |
|---|-------------------------|---|
| UP voice <sub>m</sub> : Average voice throughput in kbps (UL + DL), payload only  |                         | $\{\text{pmULTrafficVolumeCs12} + \text{pmDLTrafficVolumeCs12}\}/N$   |
| UP cs <sub>m</sub> : Average CS Data throughput in kbps (UL + DL), payload only   | Cs57<br>Cs64            | $\{\text{pmULTrafficVolumeCs57} + \text{pmDLTrafficVolumeCs57} + \text{pmULTrafficVolumeCs64} + \text{pmDLTrafficVolumeCs64}\}/N$ |
| UP pshs <sub>m</sub> : Average PS throughput in kbps (UL + DL), payload only<br><br>Routed PS data bytes, DL:<br><br>Routed PS data bytes, UL:<br><br>For classes:<br><br>(IuPS over ATM)<br><br>(IuPS over IP)<br><br>Aggregated for all the PDR devices |                         | $\{\text{pmNoRoutedIpBytesDl} + \text{pmNoRoutedIpBytesUl}\} \times 8/N$  |

The definition of "N" is defined in the DC-SP chapter.



Table 14 Counters to Determine Throughput Load for PDR-SP

| Key Event to be Measured   | Events Grouped Together | Counters Used for Throughput Load (kb/s)                     |
|--|-------------------------|--|
| <p>UP pshs<sub>m</sub>: Average PS throughput in kbps (UL + DL), payload only</p> <p>Routed PS data bytes, DL:</p> <p>Routed PS data bytes, UL:</p> <p>For classes:</p> <p>(IuPS over ATM)</p> <p>(IuPS over IP)</p> <p>Aggregated for all the PDR devices</p> |                         | $\{pmNoRoutedIpBytesDl + pmNoRoutedIpBytesUl\} \times 8 / N$ |

The definition of "N" is defined in the PDR-SP chapter.

## [ANEXO 2]

[Dimensioning Description 3820]

# Dimensioning Description RNC 3820

## Contents

|       |  |
|-------|--|
| 1     | Introduction   |
| 2     | Pre-launch Dimensioning  |
| 2.1   | Introduction   |
| 2.2   | Redundancy and Dimensioning Margins  |
| 2.3   | Traffic Model  |
| 2.4   | Dimensioning Targets   |
| 2.5   | Dimensioning of Processor Types  |
| 2.5.1 | Module MP Dimensioning   |
| 2.5.2 | CC-SP Dimensioning   |
| 2.5.3 | PDR-SP Dimensioning  |
| 2.5.4 | DC-SP Dimensioning   |
| 2.5.5 | Number of Module MPs   |
| 2.5.6 | Number of CC-SPs   |
| 2.5.7 | Number of PDR-SPs  |
| 2.5.8 | Number of DC-SPs   |
| 2.5.9 | Total Number of SPs  |
| 2.6   | Building RNC 3820 Based on Standard Configurations or Optimized Configurations |
| 2.6.1 | Introduction   |
| 2.6.2 | Track 1, Based on Standard Configuration                                       |
| 2.6.3 | Track 2, Based on Optimized Configurations                                     |
| 2.6.4 | Configuring the SPBs   |
| 2.6.5 | Effect of HW faults on the Calculated Capacities                               |
| 2.7   | Checking Limitations   |
| 2.7.1 | Checking the Limitation of Concurrent Active and URA Users                     |
| 2.7.2 | Checking the Connectivity Limitation   |
| 2.8   | HW Generation Constant   |
| 2.9   | Summary of the pre-launch Dimensioning   |

|                |  |
|----------------|--|
| Copyright      | © Ericsson AB 2009. All rights reserved. No part of this document may be reproduced in any form without the written permission of the copyright owner.   |
| Disclaimer     | The contents of this document are subject to revision without notice due to continued progress in methodology, design and manufacturing. Ericsson shall have no liability for any error or damage of any kind resulting from the use of this document. |
| Trademark List | All trademarks mentioned herein are the property of their respective owners. These are shown in the document Trademark Information.  |

## 1 Introduction

This document describes how to dimension the Ericsson Radio Network Controller (RNC) in a Radio Access Network (RAN). The intended readers are radio network design engineers involved in the planning, design, or maintenance of a Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) radio network.

The document is intended to support engineers in the task of planning and maintaining a correctly dimensioned UTRAN. As the quality of the planning result is dependent on the input data and on an understanding of the limitations of the procedures and methods used, it is recommended to involve Ericsson in the tasks covered by this document.

Dimensioning is often an iterative process. Hence this document is divided into two parts:

1. Pre-launch dimensioning, to be used before the network is taken into operation, and
2. Post-launch dimensioning that have to be used to improve the performance in a running network and to ensure that expansions are made in due time. The dimensioning is targeting the busy hour performance, but does not take extraordinary public events into consideration.

This document does not describe the characteristics of the RNC as a product, but provides a method for dimensioning the RNC in a real network. The Pre-launch dimensioning has to be used as a guideline, but efficient utilization requires that the Post-launch methods are taken into operation. All networks have their specific idiosyncrasies, and since all cannot be covered in a dimensioning method the Post-launch activities must be used to revise the result. By doing this properly, and feeding back the result to the Pre-launch methods, good accuracy can be achieved when predicting the impact from expected traffic development.

Several HW generations may be used in the RNC, dimensioned by using the equations in this description. How these relates to each other is described in Compatibilities for Hardware and Software and to dimension the RNC system needs related correction values for each HW generation that can be found in Section 2.8.

## 2 Pre-launch Dimensioning

The target for the Pre-launch dimensioning is to configure the RNC according to an expected traffic scenario, and establish good performance with reasonable dimensioning margins.

### 2.1 Introduction

The RNC 3820 offers great flexibility of utilizing the resources and configuring the node, but it can require some iterations to get the optimal solution. The RNC 3820 offers the flexibility of building the RNC nodes based on either Standard Configurations which is described in Track 1 or Optimized Configurations described in Track 2. Both types of configurations must meet the dimensioning target of required number of Module MPs and SPs. The way of working on a high level is as follows:

1. Collect Traffic data as input to the calculations below
2. Calculate max number of subscribers per Module MP, CC-SP, PDR-SP and DC-SP.
3. Calculate required number of Module MPs based on number of subscribers and RBS.
4. Calculate required number of CC-SPs based on number of subscribers and cells.
5. Calculate required number of PDR-SPs based on number of subscribers.
6. Calculate required number of DC-SPs based on number of subscribers.
7. Track 1. Find minimum Standard Configuration supporting the calculated number of Module MPs, CC-SPs, PDR-SPs and DC-SPs.
8. Track 2. Calculate number of required SPBs, find minimum optimized configuration supporting number of Module MPs and SPBs.
9. Calculate number of required ET boards.
10. Check that all boards fits into the chosen configuration and that all redundancy requirements are fulfilled.
11. Check that max supported Iub throughput and max supported number of active users per RNC is not exceeded.

The procedure is iterative, if not all requirements can not be fulfilled with chosen configuration, a larger configuration or less subscribers per RNC must be considered.

## 2.2 Redundancy and Dimensioning Margins

The RNC node utilizes 1+1 redundancy for the central processors and pooling mechanisms for Module MP and SP. The calculated RNC capacity in terms of subscribers and throughput decreases for the pooled resources if a HW fault occurs.

The maximum capacity of the RNC 3820 node configurations in terms of Module MP and SP in a non fault situation is shown in Section 2.6.2. The consequence of a fault situation with a single board failure is described in Section 2.6.5.

The margins used in the dimensioning process are intended to both cover short term variations in the traffic as well as traffic events not explicitly included. As an example, the processor load for cell updates due to mobility is not included, but is together with multiple other low cost activities intended to be covered by the margins implied by the dimensioning constants in the equations. This means that a specific margin level is hard to state, but as a general rule approximately 10% margin can be assumed.

## 2.3 Traffic Model

The traffic that the RNC shall handle and hence be dimensioned for must be expressed in a way that can be used for the dimensioning. The values of the following parameters have to be estimated, using an average level during busy hour as the target. All figures are per subscriber and per busy hour.

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>SRBs</b>                | The number of stand-alone Signalling Radio Bearer (SRB) setups per subscriber per hour, mainly consisting of Location Area updates. |
| <b>Calls</b>               | The number of call setups per subscriber per hour, covering all types of calls.   |
| <b>Switches</b>            | The number of channel switches during PS data calls, per subscriber per hour, covering all rate and type switches.                  |
| <b>SoftHOs</b>             | The number of soft handover per subscriber per hour, including IRAT HOs, IFHOs, HS cell change, Iur HOs.                            |
| <b>SofterHOs</b>           | The number of softer handover per subscriber per hour.  |
| <b>E<sub>voice</sub></b>   | The voice traffic in Erlang per subscriber and busy hour.   |
| <b>E<sub>CS Data</sub></b> | The CS Data traffic in Erlang per subscriber and busy hour.   |
| <b>E<sub>PS Data</sub></b> | The PS Data (R99) traffic in Erlang per subscriber and busy hour, excluding FACH state.   |
| <b>E<sub>HS Data</sub></b> | The HS Data traffic in Erlang per subscriber and busy hour, excluding FACH state.   |
| <b>E<sub>FACH</sub></b>    | The traffic in Erlang for a subscriber to reside in FACH state  |

during busy hour.

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>E<sub>URA</sub></b>    | The traffic in Erlang for a subscriber to reside in URA state during busy hour.  |
| <b>UP<sub>voice</sub></b> | The transmitted voice call user plane per subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead.                        |
| <b>UP<sub>CS</sub></b>    | The transmitted CS data user plane per subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead.                           |
| <b>UP<sub>PS</sub></b>    | The transmitted PS (R99 type) user plane per subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead nor retransmissions. |
| <b>UP<sub>HS</sub></b>    | The transmitted HS user plane, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead nor retransmissions.                           |

## 2.4 Dimensioning Targets

The RNC must not only be dimensioned according to the subscriber traffic model but need to meet network requirements in terms of:

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Subscribers<sub>RNC</sub></b> | The required number of subscribers |
| <b>RBS</b>                       | The required number of RBSs        |
| <b>Cells</b>                     | The required number of cells       |

## 2.5 Dimensioning of Processor Types

### 2.5.1 Module MP Dimensioning

The number of Module MPs needed is determined by the number of RBSs that have to be handled and the traffic load from the subscribers. The processor load on the Module MP from one subscriber complying to the average traffic model described in Section 2.3 can be expressed as:

$$Load_{subscr,MMP} = \frac{1.5 \times SRB + 3 \times Calls + 0.75 \times Switches + 0.9 \times SoftHOs + 0.45 \times SofterHOs}{3600} \times \frac{1}{GPB_{GenConst}} \left[ \frac{\%}{\%} \right]$$

*Equation 1 Module MP Load Per Subscriber*

A hardware generation constant  $GPB_{GenConst}$  has to be included to scale the Module MP equation above to the right GPB hardware. The HW scaling factor is given in Section 6.

The number of subscribers that one Module MP can handle, while maintaining dimensioning margins, can be calculated using:

$$Subscribers_{MMP} = \frac{85}{Load_{subscr,MMP}} \left[ subscribers \right]$$

*Equation 2 Subscribers Per Module MP*

## 2.5.2 CC-SP Dimensioning

The two main characteristics of the CC-SPs to take into account are the number of cells and the maximum number of concurrent FACH users. Using the latter determines the number of subscribers per CC-SP (**on the SPB3**), and can be expressed as:

$$Subscribers_{CC} = \frac{2250}{EFACH} \left[ subscribers \right]$$

*Equation 3 Subscribers Per CC-SP*

## 2.5.3 PDR-SP Dimensioning

The processor load per subscriber on the PDR-SP (**on the SPB3**) is determined from the payload of the PS user plane, and can be expressed as:

$$Load_{subscr,PDR} = \frac{UP_{PS} + UP_{HS}}{4000} \left[ \frac{\%}{\%} \right]$$

*Equation 4 PDR-SP Load Per Subscriber*

The number of subscribers that one PDR-SP can handle, while maintaining dimensioning margins, can be calculated using:

$$Subscribers_{PDR} = \frac{75}{Load_{subscr,PDR}} \left[ subscribers \right]$$

Equation 5 Subscribers Per PDR-SP

## 2.5.4 DC-SP Dimensioning

The processor load on the DC-SP (**on the SPB3**) from one subscriber complying to the average traffic model described in Section 2.3 can for the control plane part be expressed as:

$$Load_{subscr,DC,CP} = \frac{SRB + 2 \times Calls + 1.5 \times Switches + 0.6 \times SoftHOs + 0.3 \times SofterHOs}{3600} \left[ \% \right]$$

Equation 6 DC-SP Load Per Subscriber, Control Plane Part

The user plane from one subscriber loads the DC-SP processor according to the following expression:

$$Load_{subscr,DC,UP} = 0.03 \times UP_{voice} + 0.01 \times UP_{CS} + 0.003 \times \left[ UP_{PS} + UP_{HS} \right] \left[ \% \right]$$

Equation 7 DC-SP Load Per Subscriber, User Plane Part

The total processor load on the DC-SP from one subscriber is then the sum of the control plane load and the user plane load:

$$Load_{subscr,DC} = Load_{subscr,DC,CP} + Load_{subscr,DC,UP} \left[ \% \right]$$

Equation 8 DC-SP Load Per Subscriber, Total

The number of subscribers that one DC-SP can handle, while maintaining dimensioning margins, can be calculated using:

$$Subscribers_{DC} = \frac{75}{Load_{subscr,DC}} \left[ subscribers \right]$$

Equation 9 Subscribers Per DC-SP

## 2.5.5 Number of Module MPs

The number of Module MPs that is required to fulfill the requirements is determined by the total subscriber capacity and the ability to handle the requested amount of RBSs (Iub Links).



$$ModuleMPs = MAX \left\{ ROUNDUP \left( \frac{RBSs}{125} \right), ROUNDUP \left( \frac{Subscribers_{RNC}}{Subscribers_{MMP}} \right) \right\}$$

*Equation 10 Number of Module MPs Required*

This number determines the lowest number of Module MPs that can fulfill both the subscriber and the RBS requirements. In Section 2.6.2 the available configurations of the RNC 3820 are outlined, and an appropriate configuration regarding the number of Module MPs have to be selected as starting point for the node configuration. There is an obvious overlap between the tables due to the number of subracks used, and the rule is that the smallest possible configuration have to be selected primarily unless a larger configuration is in line with an established expansion strategy. The dimensioning of the RNC is an iterative task, so this first selection is by no means final.

### **2.5.6 Number of CC-SPs**

The next step is to determine the required number of CC-SPs in the node. The characteristics to check are the number of subscribers and the number of cells to handle.

$$CC = MAX \left\{ ROUNDUP \left( \frac{Cells}{192} \right), ROUNDUP \left( \frac{Subscribers_{RNC}}{Subscribers_{CC}} \right) \right\}$$

*Equation 11 Number of CC-SPs Required*

This number then determines the lowest number of CC-SPs that can fulfill both the subscriber and the cell requirements. Even if the configuration selected in the previous section holds less than the required number of CC-SPs, it may still be proven useful. The SP configuration is flexible and before changing node type the other SP types have to be dimensioned, in order to make sure the required number of SPs are available in the node.

### **2.5.7 Number of PDR-SPs**

The required number of PDR-SPs in the node have to be determined, and only the subscriber requirement sets the limitation.

$$PDR = ROUNDUP \left( \frac{Subscribers_{RNC}}{Subscribers_{PDR}} \right)$$

*Equation 12 Number of PDR-SPs Required*

This number then determines the lowest number of PDR-SPs that can fulfill the subscriber requirement.

### 2.5.8 Number of DC-SPs

The required number of DC-SPs in the node have to be determined in the same way, using the subscriber requirement as the limitation.

$$DC = \text{ROUNDUP} \left( \frac{\text{Subscribers}_{RNC}}{\text{Subscribers}_{DC}} \right)$$

*Equation 13 Number of DC-SPs Required*

This number then determines the lowest number of DC-SPs that can fulfill the subscriber requirement.

### 2.5.9 Total Number of SPs

The first attempt to select a Standard Configuration (based on number of Module MPs) has a fixed number of SPB boards, with a set number of SPs. (There are five SPs per SPB). Based on the calculated number of required SP types (done in the previous chapters), the selected configuration can now be evaluated as to whether it is able to match those figures.

Firstly, the total number of SPs in the configuration is calculated from the stated figures in the tables in Section 2.6.2:

$$SP_{table} = PDR_{table} + DC_{table} + CC_{table}$$

*Equation 14 Total Number of SPs in Initial Configuration*

Then the required number of SPs is calculated, using the previously calculated figures:

$$SP_{required} = PDR + DC + CC$$

*Equation 15 Total Required Number of SPs*

If the required number of SPs is larger than the available number in the selected node, obviously a larger node has to be selected. If Equation 16 is true, then a larger node size must be selected in order to fulfill the requirements.

$$SP_{required} > SP_{table}$$

*Equation 16 Condition for Number of SPs*

The flexibility of the RNC 3820 node allows allocation of the SPs to the three different SP roles namely DC-SP, CC-SP and PDR-SP. If the required total number of SPs is fulfilled but not for each specific SP role, it is possible to readjust the roles. This reallocation, if needed, is done in accordance with the directives in Section 2.6.4.

## 2.6 Building RNC 3820 Based on Standard Configurations or Optimized Configurations

### 2.6.1 Introduction

The RNC 3820 offers the flexibility of building the RNC nodes based on either Standard Configurations or Optimized Configurations. Both types of configurations must meet the dimensioning target of required number of Module MPs and SPs, see Figure 1.

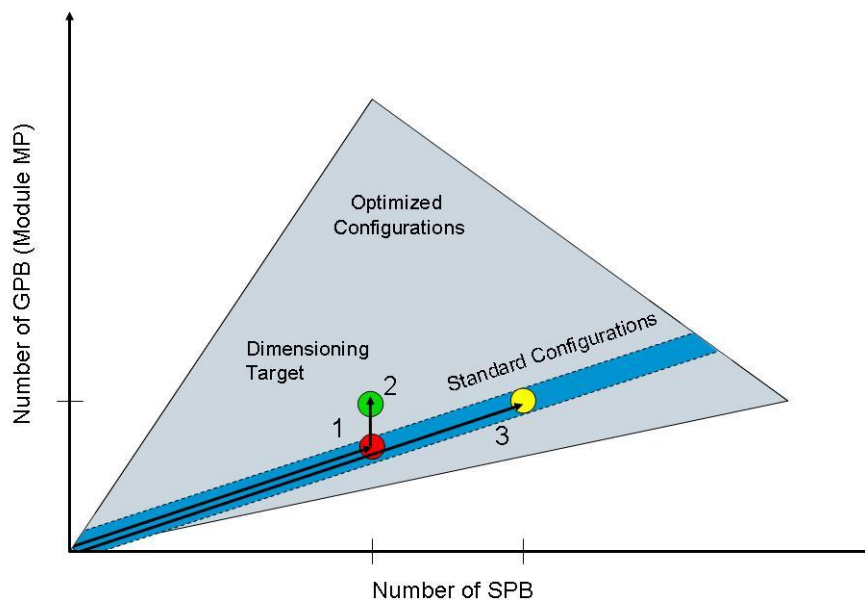


Figure 1 Standard or Optimized Configurations

The "Standard Configurations" consist of predefined building blocks for achieving the required capacity, with so called C-Pack. The increased capacity is linear, and this path can for many cases be used to meet the Dimensioning Target (for example point 2) by reaching the point 3 as illustrated in Figure 1. The Standard Configuration is designed with a focus on the user plane rather than control plan. To dimension a Standard Configured RNC 3820, follow Track 1 in Section 2.6.2.

"The Optimized Configurations" are based on C-Packs, but also on either O-Pack-U (consisting of 5 SP=1 SPB) or O-Pack-C (consisting of 1 GPB). ("-U" as in User plane and "-C "as in Control plane). This offers the possibility to meet more diverse traffic scenarios which might primarily be more control (C) plane centric, rather than user (U) plane centric and defined within the "triangle" in Figure 1. The dimensioning target is met in two steps. The first step is to define the smallest number of C-Packs which is the smallest Standard Configuration used (point 1 in the figure). Step two is to increase the capacity with O-Packs up to the final required capacity (point 2 in the figure). If the dimensioning target is above the straight line then O-Pack-C are needed. If the dimensioning target is below the straight line (not illustrated), then O-Pack-U are needed. To dimension a Optimized Configured RNC 3820 follow Track 2 in Section 2.6.3.

## 2.6.2 Track 1, Based on Standard Configuration

The Standard Configurations of the RNC 3820 are shown in Table 1, table 2 and table 3. Size A refers to a node with just a Main Subrack (MS), size B to a node with a MS and one Extension Subrack (ES), and size C refers to a node consisting of a MS and two ESs.

The maximum capacity of the RNC 3820 node configurations in terms of Module MPs and different SP processor entities in a non fault situation is shown in the tables below. The RNC node utilize pooling mechanisms for Module MP and SP. The consequence of a fault situation with a single board failure is described in Section 2.6.5.

*Table 1 Standard Configurations for RNC 3820 Size A, Including Optional Module MPs*

| <b>RNC 3820 Type</b> | <b>Module MPs</b> | <b>PDR-SPs</b> | <b>DC-SPs</b> | <b>CC-SPs</b> | <b>Free Slots</b> |
|----------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|
| Size A - 10          | 2                 | 3              | 9             | 3             | 11                |
| Size A - 20          | 3                 | 3              | 18            | 4             | 8                 |
| Size A - 30          | 4                 | 3              | 27            | 5             | 5                 |
| Size A - 40          | 5                 | 3              | 36            | 6             | 2                 |

*Table 2 Standard Configurations for RNC 3820 Size B, Including Optional Module MPs*

| <b>RNC 3820 Type</b> | <b>Module MPs</b> | <b>PDR-SPs</b> | <b>DC-SPs</b> | <b>CC-SPs</b> | <b>Free Slots</b> |
|----------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|
| Size B - 20          | 3                 | 6              | 18            | 6             | 29                |
| Size B - 30          | 4                 | 6              | 28            | 6             | 26                |
| Size B - 40          | 5                 | 6              | 37            | 7             | 23                |
| Size B - 50          | 6                 | 6              | 47            | 7             | 20                |
| Size B - 60          | 7                 | 6              | 57            | 7             | 17                |
| Size B - 70          | 8                 | 6              | 66            | 8             | 14                |

|              |    |   |    |   |    |
|--------------|----|---|----|---|----|
| Size B - 80  | 9  | 6 | 76 | 8 | 11 |
| Size B - 90  | 10 | 6 | 86 | 8 | 8  |
| Size B - 100 | 11 | 6 | 95 | 9 | 5  |

*Table 3 Standard Configurations for RNC 3820 Size C, Including Optional Module MPs*

| <b>RNC 3820 Type</b> | <b>Module MPs</b> | <b>PDR-SPs</b> | <b>DC-SPs</b> | <b>CC-SPs</b> | <b>Free Slots</b> |
|----------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|
| Size C - 30          | 4                 | 9              | 27            | 9             | 47                |
| Size C - 40          | 5                 | 9              | 37            | 9             | 44                |
| Size C - 50          | 6                 | 9              | 47            | 9             | 41                |
| Size C - 60          | 7                 | 9              | 56            | 10            | 38                |
| Size C - 70          | 8                 | 9              | 66            | 10            | 35                |
| Size C - 80          | 9                 | 9              | 76            | 10            | 32                |
| Size C - 90          | 10                | 9              | 86            | 10            | 29                |
| Size C - 100         | 11                | 9              | 96            | 10            | 26                |
| Size C - 110         | 12                | 9              | 105           | 11            | 23                |
| Size C - 120         | 13                | 9              | 115           | 11            | 20                |
| Size C - 130         | 14                | 9              | 125           | 11            | 17                |
| Size C - 140         | 15                | 9              | 135           | 11            | 14                |
| Size C - 150         | 16                | 9              | 145           | 11            | 11                |
| Size C - 160         | 17                | 9              | 154           | 12            | 8                 |

**Note:**

The free slots are counted prior to the insertion of any additional O-Pack-U or O-Pack-C or ET-IPG.

The next step is: Configure the SPBs, see Section 2.6.4.

### **2.6.3 Track 2, Based on Optimized Configurations**

The optimized RNC configurations are based on building blocks C-Pack and either O-Pack-C or O-Pack-U.

The supported configurations built by the three building blocks are shown in the Figure 2.

From the figure we find that RNC 3820 can support the following:

- Max number of GPB with Module MP function: 32
- Max number of SPB: 40

- Max number of GPB (with Module MP function) + SPB: 52

It is possible to insert a maximum of for example 32 Module MP + 20 SPB or 12 Module MP + 40 SPB in a RNC Size C node fulfilling the slot limit of 52 boards and power limits.

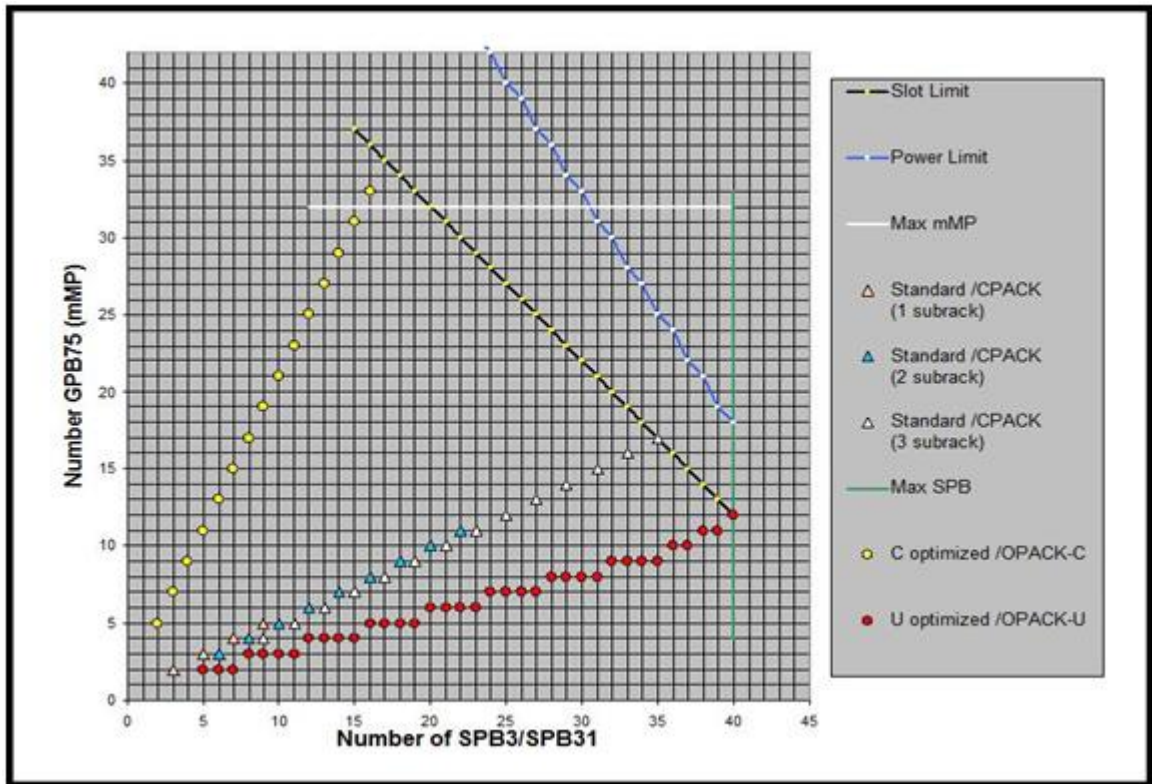


Figure 2 Supported RNC 3820 Configurations

The configuration work is based on the required number of Module MP and SPB.

Required number of Module MP is determined by Equation 10.

Required number of SPBs can be determined using the equation:

$$SPB = \text{MAX} \left\{ \frac{DC + PDR + CC}{5}, PDR, CC \right\}$$

Equation 17 Required Number of SP Boards

The needed number of CC-SP, PDR-SP and DC-SP has been determined by Equation 11, Equation 12 and Equation 13.

The following dimensioning steps are needed to meet the dimensioning target with the optimized RNC configuration:

1. Define the smallest Standard Configuration by defining the smallest number of C-Packs necessary.
2. Optimize the RNC to the right required capacity by defining either the number of O-Pack-U or O-Pack-C

Whether O-Pack-U or O-Pack-C is used is determined if the dimensioning target is above or below the straight line defined by the Standard Configurations, see Figure 1 and Figure 2. Whether being above or below the straight line is done with the "If" statement preceding the two dimensioning steps below.

Use the following work procedure for the two steps:

Above "the straight line" (O-Pack-C are needed)

If:  $SPB < (2 \times \text{Module MP})$

1) Then:  $C\text{-Pack} = SPB / 2$ ,

The number of Module MP determines the Standard Configuration needed.

Choose the Standard Configuration from Table 1, Table 2 and Table 3.

For example 6 Module MP defines a RNC type 50 node in B or C Size.

2)  $O\text{-Pack-C} = \text{Module MP} - C\text{-Pack}$

This gives the number of O-Pack-C to meet the required capacity.

Below "the straight line" (O-Pack-U are needed)

If:  $SPB > (2 \times \text{Module MP})$

1) Then:  $C\text{-Pack} = \text{Module MP}$ ,

The number of Module MP determines the Standard Configuration needed.

Choose the Standard Configuration from Table 1, Table 2 and Table 3.

2)  $O\text{-Pack-U} = SPB - C\text{-Pack} \times 2$

This gives the number of O-Pack-U to meet the required capacity.

The next step is: Configure the SPBs, see Section 2.6.4.

## **2.6.4 Configuring the SPBs**

The SPBs are delivered pre-configured from factory. The pre-configurations can be delivered in four SPB layouts; SPB type A, B, C or D. These SPB layouts have the SP software of PDR, CC and DC allocated according to Table 4. The given SPB type in the pre-configured node depends on how many SPBs there are and the location of the SPBs in the node. For Track 1 which is based on C-Packs and Track 2 with the alternative based on C-Pack + O-Pack-C, the number of specific SP roles are defined by the chosen number of C-Packs only.

To be covered in this chapter.

- For Track 1 (with the C-Packs) and Track 2 with C-Pack + O-Pack-C alternative, there might also for some instances be a need to optimize the balance of the predefined SP roles in the SPBs by re-configuring a minor number of SP roles that are not fully utilized, to roles that there are a shortage of. This may be relevant in the case where the capacity of the chosen node configuration is stretched and there are a limited number of spare slots available. The alternative may be to choose a larger node size or an additional RNC.
- For Track 2, with the alternative, based on C-Pack + O-Pack-U, there is a need to first of all determine the total number of specific SP roles given by the chosen number of C-Pack and O-Pack-U delivered from factory and then reconfigure the predefined SP roles according to the needed roles determined in Section 2.5.6, Section 2.5.7 and Section 2.5.8.

Configuring the SPBs:

- The chosen RNC configuration has to not only fulfill at least the right "Total Required Number of SPs" (see Equation 15) (which is a prerequisite to be able to re-configure SPBs).
- The RNC should also fulfill the right required number of specific SP types: CC-SPs, PDR-SPs and DC-SPs (see Equation 11, Equation 12 and Equation 13).
- The difference between the required need and what is delivered from factory is corrected by changing the allocation of existing SPB types to other types of predefined SPB boards, in order to get the right number of different SP types, for example CC-SPs, PDR-SPs, and DC-SPs.
- Check the SPB configurations and readjust so that the required number of SPs for the different roles are possible to achieve with the help of the four different predefined SPB types of software allocations. These four different SPB types are A, B, C and D are described in Table 4. The required number of different SP roles, must be possible to achieve by using these SPB types.

Track 1:

- For RNC nodes consisting of C-Pack, check the SPB types (in the C-Packs) as defined in the Standard Configurations in Table 5, Table 6 and Table 7 and then re-configure the SPB types so that the specific goal of SP types is met. If the required number of SP types is not possible to fulfill by using re-configured SPB types, a larger node must be selected for the Standard Configurations.

For Track 2, there are two cases:

- For RNC nodes consisting of C-Pack + O-Pack-C, check and adjust the SPB types in the C-Packs as defined in the Standard



Configurations. This is the same procedure as in Track 1 looking at the chosen Standard Configuration only.

- For RNC nodes consisting of C-Pack + O-Pack-U, check and adjust the total number of all the SPBs found in both the Standard Configuration + O-Pack-U. Do it based on the different SPB types found for a chosen Standard Configuration (in Table 5, Table 6 and Table 7) and add the different SPB types found for the required additional number of O-Pack-U (in the MS - Table 8 and ES - Table 9).

When adding additional O-Pack-U in the MS and ESs do it in such a way that the same amount of free slots are available in all subracks and that there are enough free slots available to cater for future expansion in each subrack for different future ETs.

When reconfiguring the factory delivered O-Pack-U do it in such a way that the balance of PDR : DC : CC in each subrack is according to same ratio given by the total number of PDR-SP, DC-SP and CC-SP roles determined in Section 2.5.6, Section 2.5.7 and Section 2.5.8.

If the required number of SP instances for any of the SP roles is not possible to fulfill using the predefined SPB layouts a larger node must be selected for the Standard Configurations or extra O-Pack-U boards be inserted.

Check that there are enough free slots (see Table 1, Table 2 and Table 3) available in the decided RNC configuration (type A, B or C) for the defined number of O-Pack, else choose the next larger configuration or an extra RNC node.

If it is possible to configure the SPBs so that the correct number of SPs is reached, the node size should be sufficient. The actual SPB configuration have to be performed according to the Changing Board Configuration.

*Table 4 SPB Types*

|             | <b>SPB Type A</b> | <b>SPB Type B</b> | <b>SPB Type C</b> | <b>SPB Type D</b> |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>SP 0</b> | PDR-SP            | CC-SP             | PDR-SP            | DC-SP             |
| <b>SP 1</b> | CC-SP             | DC-SP             | DC-SP             | DC-SP             |
| <b>SP 2</b> | DC-SP             | DC-SP             | DC-SP             | DC-SP             |
| <b>SP 3</b> | DC-SP             | DC-SP             | DC-SP             | DC-SP             |
| <b>SP 4</b> | DC-SP             | DC-SP             | DC-SP             | DC-SP             |

The standard node configurations described in Table 1, 2 and 3 are all configured with SPB types selected from Table 4. In the following tables, Table 5, all the SPB boards in the Standard Configurations are outlined. From these tables the necessary and possible changes in the SPB configuration can be determined.

*Table 5 SPB Types in the Standard Configurations for RNC 3820 Size A*

| <b>RNC 3820 type</b> | <b>SPB Type A</b> | <b>SPB Type B</b> | <b>SPB Type C</b> | <b>SPB Type D</b> |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Size A - 10          | 3                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| Size A - 20          | 3                 | 1                 | 0                 | 1                 |
| Size A - 30          | 3                 | 2                 | 0                 | 2                 |
| Size A - 40          | 3                 | 3                 | 0                 | 3                 |

*Table 6 SPB Types in the Standard Configurations for RNC 3820 Size B*

| <b>RNC 3820 type</b> | <b>SPB Type A</b> | <b>SPB Type B</b> | <b>SPB Type C</b> | <b>SPB Type D</b> |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Size B - 20          | 6                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| Size B - 30          | 6                 | 0                 | 0                 | 2                 |
| Size B - 40          | 6                 | 1                 | 0                 | 3                 |
| Size B - 50          | 6                 | 1                 | 0                 | 5                 |
| Size B - 60          | 6                 | 1                 | 0                 | 7                 |
| Size B - 70          | 6                 | 2                 | 0                 | 8                 |
| Size B - 80          | 6                 | 2                 | 0                 | 10                |
| Size B - 90          | 6                 | 2                 | 0                 | 12                |
| Size B - 100         | 6                 | 3                 | 0                 | 13                |

*Table 7 SPB Types in the Standard Configurations for RNC 3820 Size C*

| <b>RNC 3820 type</b> | <b>SPB Type A</b> | <b>SPB Type B</b> | <b>SPB Type C</b> | <b>SPB Type D</b> |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Size C - 30          | 9                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| Size C - 40          | 9                 | 0                 | 0                 | 2                 |
| Size C - 50          | 9                 | 0                 | 0                 | 4                 |
| Size C - 60          | 9                 | 1                 | 0                 | 5                 |
| Size C - 70          | 9                 | 1                 | 0                 | 7                 |
| Size C - 80          | 9                 | 1                 | 0                 | 9                 |
| Size C - 90          | 9                 | 1                 | 0                 | 11                |
| Size C - 100         | 9                 | 1                 | 0                 | 13                |
| Size C - 110         | 9                 | 2                 | 0                 | 14                |
| Size C - 120         | 9                 | 2                 | 0                 | 16                |
| Size C - 130         | 9                 | 2                 | 0                 | 18                |
| Size C - 140         | 9                 | 2                 | 0                 | 20                |
| Size C - 150         | 9                 | 2                 | 0                 | 22                |
| Size C - 160         | 9                 | 3                 | 0                 | 23                |

When the sub-racks are delivered for the different RNC sizes A, B and C with additional O-Pack-U, the SPB boards are pre-configured from factory. In the following tables the number and types of SPB boards for additional **O-Pack-U** is outlined for the MS and the ES.

*Table 8 SPB Types in the Additional O-Packs-U Located in Main Subrack*

| <b>No. of O-Pack-U</b> | <b>SPB Type A</b> | <b>SPB Type B</b> | <b>SPB Type C</b> | <b>SPB Type D</b> |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1                      | 0                 | 0                 | 0                 | 1                 |
| 2                      | 0                 | 1                 | 0                 | 1                 |
| 3                      | 0                 | 1                 | 0                 | 2                 |
| 4                      | 0                 | 2                 | 0                 | 2                 |
| 5                      | 0                 | 2                 | 0                 | 3                 |
| 6                      | 0                 | 3                 | 0                 | 3                 |
| 7                      | 0                 | 3                 | 0                 | 4                 |
| 8                      | 0                 | 4                 | 0                 | 4                 |
| 9                      | 0                 | 4                 | 0                 | 5                 |
| 10                     | 0                 | 5                 | 0                 | 5                 |
| 11                     | 0                 | 5                 | 0                 | 6                 |

*Table 9 SPB Types in the Additional O-Packs-U Located in Extension Subrack*

| <b>No. of O-Pack-U</b> | <b>SPB Type A</b> | <b>SPB Type B</b> | <b>SPB Type C</b> | <b>SPB Type D</b> |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1                      | 0                 | 0                 | 0                 | 1                 |
| 2                      | 0                 | 0                 | 0                 | 2                 |
| 3                      | 0                 | 0                 | 0                 | 3                 |
| 4                      | 0                 | 0                 | 0                 | 4                 |
| 5                      | 0                 | 0                 | 0                 | 5                 |
| 6                      | 0                 | 0                 | 0                 | 6                 |
| 7                      | 0                 | 0                 | 0                 | 7                 |
| 8                      | 0                 | 0                 | 0                 | 8                 |
| 9                      | 0                 | 0                 | 0                 | 9                 |
| 10                     | 0                 | 0                 | 0                 | 10                |
| 11                     | 0                 | 0                 | 0                 | 11                |
| 12                     | 0                 | 0                 | 0                 | 12                |
| 13                     | 0                 | 0                 | 0                 | 13                |
| 14                     | 0                 | 0                 | 0                 | 14                |
| 15                     | 0                 | 0                 | 0                 | 15                |

## 2.6.5 Effect of HW faults on the Calculated Capacities

The calculated RNC capacity decreases for the pooled resources (Module MP, PDR-SP, CC-SP and DC-SP) if a HW fault occur when a GPB or a SPB is broken. Since an RNC node always is based on at least a number of C-Pack the consequence of a faulty board is described below:

### **Module MP**

Worst case of a broken GPB board is the loss of one Module MP resulting in 1/17 Module MP capacity loss in RNC type "Size C - 160" node and up to 1/2 Module MP capacity loss in a type "Size A - 10" node.

### **PDR-SP**

Worst case of a broken SPB board is the loss of one PDR-SP resulting in 1/9 PDR-SP capacity loss in RNC type "Size C - 160" node and up to 1/3 PDR-SP capacity loss in a type "Size A - 10" node.

### **CC-SP**

Worst case of a broken SPB board is the loss of one CC-SP resulting in 1/12 CC-SP capacity loss in RNC type "Size C - 160" node and up to 1/3 CC-SP capacity loss in a type "Size A - 10" node.

### **DC-SP**

Worst case of a broken SPB board is the loss of one DC-SP resulting in 5/154 DC-SP capacity loss in RNC type "Size C - 160" node and up to 3/9 DC-SP capacity loss in a type "Size A - 10" node.

Additional O-Packs improve the above values.

## 2.7 Checking Limitations

### 2.7.1 Checking the Limitation of Concurrent Active and URA Users

The node can handle a large number of Users, mainly Active Users and URA users but the maximum limit of these users is mainly determined by the maximum number of SCCP (SS7) connections that the RNC can set up towards the core network (via Iu) and other RNCs (via Iur).

Check chosen RNC configuration in a step wise approach against: Active Users, URA users, and SCCP (SS7) connections.

#### **Active Users**

The node can handle a number of active users, which includes users performing voice, CS Data, PS and HS calls.

The total number of active users must be compared to and not exceed the nominal node limitation of active users per DC-SP and Module MP.

Calculate the total number of concurrent active users as follows:

$$Active\ Users = Subscribers_{RNC} \times \left( E_{voice} + E_{CS\ Data} + E_{PS\ Data} + E_{HS\ Data} + E_{FACH} \right) \left[ Users \right]$$

*Equation 18 Active Users*

Find the number of DC-SP and Module MP respectively for the chosen configuration and multiply it with the number active users per DC-SP and the number active users per Module MP found in Table 10.

The total number of active users in the node must be less than or equal to the node limitation as given by the calculations.

If the calculated number of active users is larger than the nominal figure for the selected node, a larger node must be selected, or ultimately one more node must be used.

*Table 10 Maximum Active Users*

|           | <b>Max Active Users</b>       |
|-----------|-------------------------------|
| Module MP | 4800 active users / Module MP |
| DC-SP     | 270 active users / DC-SP      |

### **URA Users**

The total number of URA users must be compared to and not exceeding the nominal node limitation of URA users per Module MP.

Calculate the total number of URA users as follows:

$$URAUUsers = Subscribers_{RNC} \times E_{URA} \left[ Users \right]$$

*Equation 19 URA Users*

Find the number of Module MP for the chosen configuration and multiply it with the number of URA users per Module MP found in Table 11.

The total number of URA users in the node must be less than or equal to the node limitation as given by the calculations but may never exceed the value given in Table 11 for any RNC 3820.

If the calculated number of URA users is larger than the nominal figure for the selected node, a larger node must be selected, or ultimately one more node must be used.

Table 11 Maximum URA Users

|           | Max URA Users               |
|-----------|-----------------------------|
| Module MP | 8 300 URA users / Module MP |

Active users here mean any RRC connection in AMR voice state or with RAB state DCH, HS or FACH. This is the highest supported level of active users irrespective of state.

URA users mean number of users in URA\_PCH state.

### SCCP (SS7) Connections

The total number SCCP(SS7) connections generated by the required number of Active and URA users must be compared to and not exceed the node limitation of SCCP (SS7) connections per RNC node given by Table 12.

Use the total number of calculated Active and URA users from the equations above and insert them in Equation 20

$$SCCP \left[ SS7 \right] Connections > URAusers + Activeusers \times \left[ 1 + 2 \times P \left[ Iur \right] \right] \left[ Connections \right]$$

Equation 20 SCCP (SS7) Connections per RNC

Table 12 Maximum SCCP (SS7) Connections per RNC

|                        | SCCP (SS7) Connections |
|------------------------|------------------------|
| Any Node Configuration | 220 000                |

If the calculated number of SCCP(SS7) connections generated by the Active and URA users is larger than the number of SCCP(SS7) connection for any RNC node, more nodes must be used.

## 2.7.2 Checking the Connectivity Limitation

The numbers of RBSs and cells must also be checked against nominal maximums for the node. The numbers of RBSs and cells for the node must be equal to or less than shown in Table 13:

Table 13 Maximum RBSs and Cells

|                     |      |
|---------------------|------|
| Max Number of RBSs  | 768  |
| Max Number of Cells | 2304 |

If the required number of RBSs or cells is larger than the nominal figure, more than one node must be used.

## 2.8 HW Generation Constants

Constants used in Equations to normalize the HW generation processor capacity.

Table 14 List of HW Generation Constants Defined for GPB

| HW Type | HW Generation | Correction Constant |
|---------|---------------|---------------------|
| GPB65   | R1            | 1,50                |
| GPB75   | R1.1          | 2,53                |

## 2.9 Summary of the Pre-launch Dimensioning

This summarizes the Pre-launch dimensioning of the RNC 3820. If all the steps are followed, a configuration have to be now defined that matches all the known and assumed conditions the node is facing. As stated, the exact traffic situation and environment are difficult to predict and hence dimensioning adjustments will probably be necessary when the node is taken into operation.

## [ANEXO 3]

### [Dimensioning Description Evo Controller 8200]

# Dimensioning Description

## Evo Controller 8200/RNC

## Contents

|          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | <b>Introduction</b>  |
| <b>2</b> | <b>Pre-launch Dimensioning</b>                             |
| 2.1      | Overview   |
| 2.2      | Traffic Model  |
| 2.3      | Dimensioning Targets                                       |
| 2.4      | Dimensioning of Processor Boards                           |
| 2.4.1    | Introduction   |
| 2.4.2    | Processor Load Target                                      |
| 2.4.3    | EPB and Module Controller Dimensioning                     |
| 2.4.4    | EPB and Device Dimensioning                                |
| 2.4.4.1  | CC device Dimensioning                                     |
| 2.4.4.2  | PDR device Dimensioning                                    |
| 2.4.4.3  | DC device Dimensioning                                     |
| 2.4.5    | Determine Lowest Number of EPB                             |
| 2.4.6    | Effect of HW faults on the Calculated Capacities           |
| 2.4.7    | Redundancy   |
| 2.5      | Checking Limitations                                       |
| 2.5.1    | General  |
| 2.5.2    | Checking the Limitation of Concurrent Active and URA Users |
| 2.5.3    | Checking the Connectivity Limitation                       |

|                |  |
|----------------|--|
| Copyright      | © Ericsson AB 2011, 2012. All rights reserved. No part of this document may be reproduced in any form without the written permission of the copyright owner.   |
| Disclaimer     | The contents of this document are subject to revision without notice due to continued progress in methodology, design and manufacturing. Ericsson shall have no liability for any error or damage of any kind resulting from the use of this document. |
| Trademark List | All trademarks mentioned herein are the property of their respective owners. These are shown in the document <a href="#">Trademark Information</a> .   |



# 1 Introduction

Dimensioning is the process of determining how much HW capacity is needed in the Radio Access Controller (RNC) for controlling the customer network with its particular set of users and services. Normally this entails deciding how much HW to add and what role the SW plays to control the HW. For Evo Controller 8200/RNC (EvoC) it is possible to order new nodes and general capacity expansions.

This document focuses on the Ericsson Radio Network Controller (RNC) in a Radio Access Network (RAN). The intended readers are radio network design engineers involved in the planning, design or maintenance of a Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) radio network.

The document is intended to support engineers in the task of planning and maintaining a correctly dimensioned UTRAN. As the quality of the planning result is dependent on the input data and on an understanding of the limitations of the procedures and methods used, it is recommended to involve Ericsson in the dimensioning tasks covered by this document.

Dimensioning is often an iterative process. Hence this document is divided into two parts:

1. Pre-launch dimensioning, found in Section 2, to be used for New Nodes, before the network is taken into operation, that has to decide on number of Evo Controller Processor Board (EPB)
2. Post-launch dimensioning, found in Section 3, that is used to improve the performance in a running network and to ensure that expansions are made in due time. The dimensioning is targeting the busy hour performance, but does not take extraordinary public events into consideration.

This document does not describe the characteristics of the RNC, but provides a method for dimensioning the RNC in a real network. The Pre-launch dimensioning has to be used as a guideline, but efficient utilization requires that the Post-launch methods are taken into operation. All networks have their idiosyncrasies, and since not all influences can be covered in a Pre-launch dimensioning method, the Post-launch activities have to be used to revise the result. By doing this properly, and feeding back the result to the Pre-launch methods, good accuracy can be achieved when predicting the impact from expected traffic development.

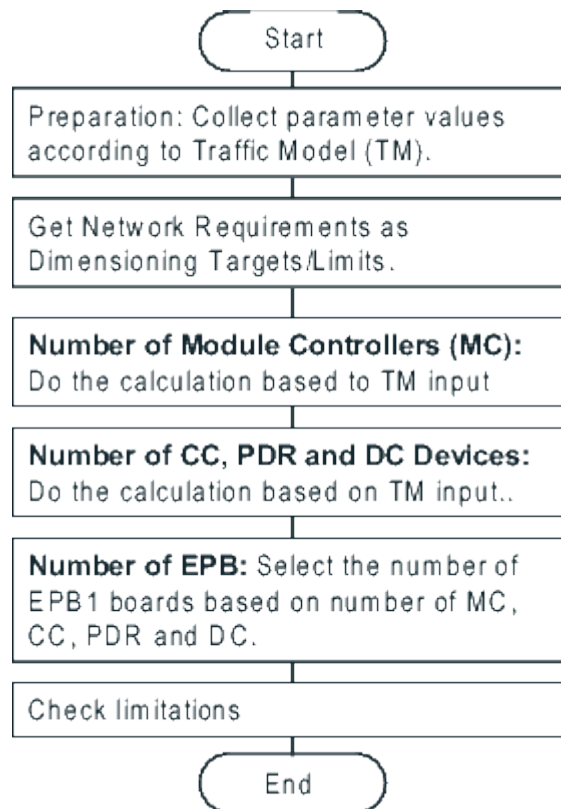
Each Evo Controller 8200/RNC release uses the latest released HW of EPB for the Pre-launch dimensioning.

## 2 Pre-launch Dimensioning

### 2.1 Overview

The target for the Pre-launch dimensioning is to configure the RNC according to an expected traffic case, and establish good performance with reasonable dimensioning margins.

The Evo Controller 8200/RNC offers great flexibility of utilizing the resources and configuring the node, but it can require some iterations to reach the optimal solution. The Evo Controller 8200/RNC offers the flexibility of building the RNC based on configurations that have to meet the dimensioning target of required number of processor boards (EPB) for both Control Plane and User Plane traffic. The way of working on a high level is as follows:



*Figure 1 Pre-Launch Dimensioning Work flow*

The procedure is iterative. If all requirements cannot be fulfilled with chosen configuration, a larger configuration or fewer subscribers in the RNC have to be considered.

The result from the Pre-launch Dimensioning process is the number of processor boards of EPB type to order. The software allocation is fixed on EPB and cannot

be changed at installation or later. To fulfill the Dimensioning Targets the dimensioning work is to determine the right number of EPBs to use.

As stated, the exact traffic situation and environment are difficult to predict and hence dimensioning adjustments can be necessary when Evo Controller 8200/RNC is taken into operation. How to perform this is outlined in Section 3.

## 2.2 Traffic Model

The traffic that the Evo Controller 8200/RNC has to handle and hence be dimensioned for, has to be expressed in a way that can be used for the dimensioning. It has to be noted that the busy hour can occur more than once a day and also with different traffic characteristics. One peak could be highly user plane oriented, another more related to the control plane. The values of the following parameters is estimated, using an average level during busy hour as the target.

All figures are for each subscriber at busy hour unless something else is stated.

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>SRBs</b>                | The number of stand-alone Signalling Radio Bearer (SRB) setups, consisting of Location Updates.   |
| <b>Calls</b>               | The number of call setups, covering all types of calls (CS, PS and HS).   |
| <b>Switches</b>            | The number of channel switches during PS data calls, covering all rate and type switches.   |
| <b>SoftHOs</b>             | The number of Soft Handover.  |
| <b>SofterHOs</b>           | The number of Softer Handover.  |
| <b>OtherHOs</b>            | The number of Other Handovers   |
| <b>E<sub>voice</sub></b>   | The voice traffic in Erlang.  |
| <b>E<sub>CS Data</sub></b> | The CS Data traffic in Erlang.  |
| <b>E<sub>PS Data</sub></b> | The PS Data (R99) traffic in Erlang, excluding FACH state.  |
| <b>E<sub>HS Data</sub></b> | The HS Data traffic in Erlang, excluding FACH state.  |
| <b>E<sub>FACH</sub></b>    | The traffic in Erlang for a subscriber to reside in FACH state during busy hour.  |
| <b>E<sub>URA</sub></b>     | The traffic in Erlang for a subscriber to reside in URA state during busy hour.   |
| <b>UP<sub>voice</sub></b>  | The transmitted data rate for voice calls in the user plane, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure includes the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead. |
| <b>UP<sub>CS</sub></b>     | The transmitted CS data in the user plane, expressed in kbps  |

and averaged out over the entire hour. The figure includes the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead.

**UP<sub>PS</sub>** The transmitted PS (R99 type) user plane for each subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure includes the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead nor retransmissions.

**UP<sub>HS</sub>** The transmitted HS user plane, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure includes the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead nor retransmissions.

## 2.3 Dimensioning Targets

The RNC has not only be dimensioned according to the subscriber traffic model, but need to also meet network requirements in terms of:

**Subscribers<sub>RNC</sub>** Number of subscribers

**RBS** Number of RBSs

**Cells** Number of cells

## 2.4 Dimensioning of Processor Boards

### 2.4.1 Introduction

Based on Dimensioning Targets given as the number of boards for each type, the dimensioning is calculated, refer to RNC Module and Devices and Node Description for basic concepts.

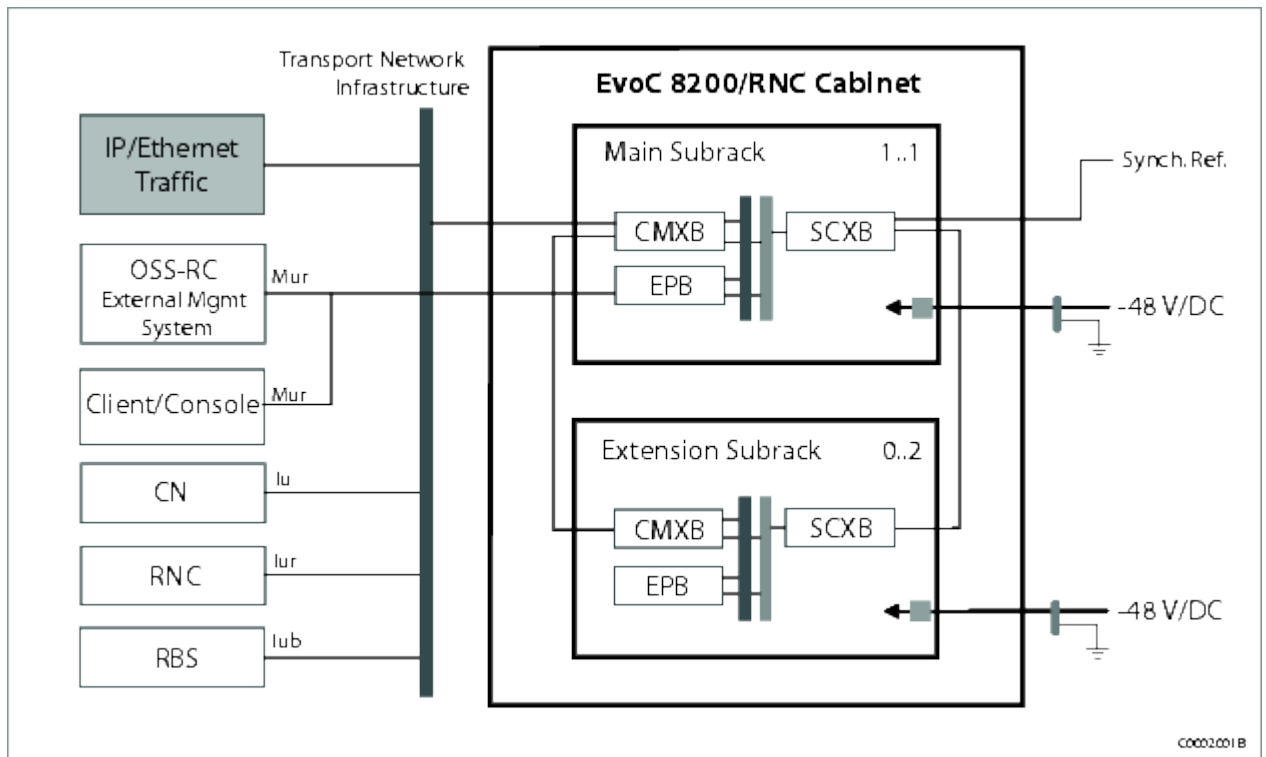


Figure 2 Evo Controller 8200/RNC HW Architecture

#### 2.4.2 Processor Load Target

The ProcessorLoadTarget is used in the following equations Equation 2, Equation 4, Equation 7 and Equation 12 to calculate the load of one subscriber for each processor type that gets the following prefixes, MC, CCDev, PDRDev and DCDev.

Table 1 Processor Load given for each Resource Type

| Processor Load Resource                   | MaxProcessorLoad [%] | MaxAvgProcessorLoad [%] |
|---|----------------------|-------------------------|
| Module Controller (MC) [MCProcLoadTarget] | 95                   | 85                      |
| CC Device [CCProcLoadTarget]              | 85                   | 75                      |
| PDR Device [PDRProcLoadTarget]            | 85                   | 75                      |
| DC Device [DCProcLoadTarget]              | 85                   | 75                      |

**MaxProcessorLoad** Above this processor load limit, rejections occur

**MaxAvgProcessorLoad** Dependant on the burstiness of the traffic and the load balancing triggers. Even if the average load is lower then the MaxProcessorLoad, individual boards might

have a load above maximum. Max Average Processor Load ensures that the probability of individual boards getting overloaded is small.

### 2.4.3 EPB and Module Controller Dimensioning

The number of Module Controllers (MC) as percentages (%) of the capacity for one subscriber one Module Controllers (MC) is determined by the number of RBSs that is handled and the traffic load from the subscribers.

The processor load on the EPB from one subscriber complying to the average traffic model described in Section 2.2 can be expressed for each Module Controller as:

$$Load_{subscrMC} = \frac{1}{3600} \times \left[ 1.5 \times SRB + 1.7 \times Calls + 0.52 \times Switches + 0.97 \times SoftHOs + 0.15 \times SofterHOs + 0.89 \times OtherHOs \right]$$

*Equation 1 Module Controller Load for each Subscriber [%]*

The number of subscribers that one Module Controller on EPB can handle, while maintaining dimensioning margins, can be calculated using:

$$Subscribers_{MC} = \frac{MCProcLoadTarget}{Load_{subscrMC}}$$

*Equation 2 Subscribers for each Module Controller [subscribers]*

Select MaxAvgProcessorLoad in Table 1 for the MCProcLoadTarget.

The number of EPBs that is required to fulfill the requirements is determined by the total subscriber capacity and the ability to handle the requested amount of RBSs (Iub Links).

$$EPB_{\#MC} = MAX \left\{ RBS_{rel}, Subscriber_{rel} \right\}$$

Where:

$$RBS_{rel} = ROUNDUP \left[ \frac{RBS}{64} \right]$$

$$Subscriber_{rel} = ROUNDUP \left[ \frac{Subscribers_{RNC}}{Subscribers_{MC}} \right]$$

*Equation 3 Number of Module Controllers on EPBs Required*

The  $EPB_{\#MC}$  determines the lowest number of Module Controllers on all EPBs in RNC that can fulfill both the subscriber, the RBS and system redundancy requirements, see Section 2.4.6 and Section 2.4.7.

## 2.4.4 EPB and Device Dimensioning

### 2.4.4.1 CC Device Dimensioning

The two main characteristics of the CC Devices to take into account are the number of cells and the maximum number of concurrent FACH users. Using the latter determines the number of subscribers for each CC Device, and can be expressed as:

$$Subscribers_{CC} = ROUNDUP \left[ \frac{3175}{EFACH} \times CCProcLoadTarget \right]$$

*Equation 4 Subscribers for each CC Device [subscribers]*

Select MaxAvgProcessorLoad in Table 1 for the CCProcLoadTarget.

The next step is to determine the required number of CC Devices. The characteristics to check are the number of subscribers and the number of cells to handle.

$$\#CcDevice = MAX \left\{ ROUNDUP \left[ \frac{Cells}{244} \right], ROUNDUP \left[ \frac{Subscribers_{RNC}}{Subscribers_{CC}} \right] \right\}$$

*Equation 5 Number of CC Devices Required*

The number of  $\#CcDevices$  determines the lowest number of CC Devices to fulfill both the number of subscribers and the cell requirements.

Each EPB Blade holds required resources for all type of connections. The dimensioning of CC Device is therefore not critical since the DC Devices needs more resources and accordingly needs more EPB blades. That means more CC Devices than dimensioned are available.

#### 2.4.4.2 PDR Device Dimensioning

The processor load for each subscriber on the PDR Devices is determined from the payload of the PS user plane, and can be expressed as:

$$Load_{subscriber,PDR} = \frac{UP_{PS} + UP_{HS}}{5461}$$

*Equation 6 PDR Device Load for each Subscriber [%]*

The number of subscribers that one PDR Device can handle, while maintaining dimensioning margins, can be calculated using:

$$Subscribers_{PDR} = ROUNDUP \left[ \frac{PDRProcLoadTarget}{Load_{subscriber,PDR}} \right]$$

*Equation 7 Subscribers for each PDR Device [subscribers]*

Select MaxAvgProcessorLoad in Table 1 for the PDRProcLoadTarget.

The required number of PDR Devices in the node has to be determined, and only the subscriber requirement sets the limitation.

$$?PdrDevice = ROUNDUP \left[ \frac{Subscribers_{RNC}}{Subscribers_{PDR}} \right]$$

*Equation 8 Number of PDR Devices Required*

This number then determines the lowest number of PDR Devices that can fulfill the subscriber requirement given in the dimensioning target.

#### 2.4.4.3 DC Device Dimensioning

The processor load on the DC Devices from one subscriber complying to the average traffic model described in Section 2.2 can for the control plane part be expressed as:



$$Load_{subscriber,DC,CP} = \frac{1}{3600} \times \left[ 0.28 \times SRBs + 3.4 \times Calls + 1.3 \times Switches + 0.29 \times SoftHOs + 0.27 \times SofterHOs + 3.3 \times OtherHOs \right]$$

*Equation 9 DC Device Load for each Subscriber, Control Plane Part [%]*

The user plane from one subscriber loads the DC Device processor according to the following expression:

$$Load_{subscriber,DC,UP} = 0.034 \times UP_{voice} + 0.034 \times UP_{CS} + 0.004 \times UP_{PS} + 0.004 \times UP_{HS}$$

*Equation 10 DC Device Load for each Subscriber, User Plane Part [%]*

The total processor load on the DC Devices from one subscriber is the sum of the control plane load and the user plane load:

$$Load_{subscriber,DC} = Load_{subscriber,DC,CP} + Load_{subscriber,DC,UP}$$

*Equation 11 DC Devices Load for each Subscriber, Total [%]*

The number of subscribers that one DC Device can handle, while maintaining dimensioning margins, can be calculated using:

$$Subscribers_{DC} = ROUNDUP \left[ \frac{DCProcLoadTarget}{Load_{subscriber,DC}} \right]$$

*Equation 12 Subscribers for each DC Device [subscribers]*

Select MaxAvgProcessorLoad in Table 1 for the DCProcLoadTarget.

The required number of DC Devices in RNC has to be determined in the same way, using the subscriber requirement as the limitation.

$$?DcDevice = ROUNDUP \left[ \frac{Subscribers_{RNC}}{Subscribers_{DC}} \right]$$

*Equation 13 Number of DC Devices Required*

This number then determines the lowest number of DC Devices that can fulfill the subscriber requirement.

### 2.4.5 Determine Lowest Number of EPB

The RNC is delivered with all EPBs pre-configured from factory with fixed EPB Software Allocation as defined in Table 2.

The outcome from the dimensioning of the RNC is the amount of EPBs to order to achieve sufficient capacity.

Table 2 EPB Device Types Valid for EPB

| Device Type | EPB Software Allocation (SWA)<br>Number of Devices for each EPB_BLADE_A |
|-------------|---|
| CC Device   | 1   |
| PDR Device  | 1   |
| DC Device   | 8   |

The number of EPBs have to be determined by the following steps, based on calculations from Section 2.4.4 EPB and Device Dimensioning:

$$?EPBDev = \text{MAX} \left[ ?CcDevice; ?PdrDevice; \text{ROUNDUP} \left( \frac{?DcDevice}{8} \right) \right]$$

Equation 14 Number of EPBs with CC, PDR and DC Devices

The total number of EPBs to order is the maximum number of boards determined from Equation 3 and Equation 14:

Table 3 Number of Module Controllers

| Evo Processor Board Release | NumberOfMC |
|-----------------------------|------------|
| EPB1                        | 3          |

Remaining processor instances are used for other purposes.

The number of EPB Blades to order has to be in the range from 3 to 68 for each Evo Controller 8200/RNC. If the traffic requires more than 68 Blades to fulfill the dimensioning target, the traffic has to be shared with another RNC cabinet.

$$?EPBRNCTotal = \text{MIN} \left[ 68; \text{MAX} \left[ \text{ROUNDUP} \left( \frac{EPB?MC}{\text{NumOfMC}} \right); ?EPBDev; 3 \right] \right]$$

Equation 15 Required Total Number of EPBs to Met the Dimensioning Target

#### **2.4.6 Effect of HW faults on the Calculated Capacities**

The mandatory control boards in all subracks are paired. If one of these boards stops executing traffic, the traffic in the RNC can still be served but with reduced capacity.

The resource that consist of module controllers and devices are pooled. One Blade are not allowed to reserve resources on other Blades with exceptions when, for example a user change cell controlled by another Blade.

The calculated RNC capacity decreases for the pooled resources (EPB Blade, Module Controller, PDR Devices, CC Devices and DC Devices) if a HW fault occurs on the boards in RNC.

#### **2.4.7 Redundancy**

All board types and functions are duplicated that gives full redundancy inside RNC.

The control signalling in the subracks uses a 1+1 redundant 1Gbit/s Ethernet links and the user plane is connected via a 1+1 redundant 10 Gbit/s Ethernet links.

The subracks are then connected via a pair of Active patch Panel (APP) that is the physical point of connection for transmission to the cabinet. The APP converts the internal electrical 10 Gbit/s interfaces to various types of electrical or optical interfaces.

### **2.5 Checking Limitations**

#### **2.5.1 General**

The normal building block for achieving the required capacity in the Evo Controller 8200/RNC is the RNC Module consisting of one EPB. The increased capacity is linear, and this path can for many cases be used to meet the Dimensioning Target that is designed with a focus on the User Plane (UP) rather than Control Plan (CP).

The maximum capacity of an Evo Controller 8200/RNC configuration in terms of EPBs and different EPB processor entities in a non fault situation is shown in the tables below. The RNC node utilizes pooling mechanisms for EPB. The consequence of a fault situation with a single board failure is described in Section 2.4.6.

Table 4 Evo Controller 8200/RNC - Free Slots

| Subrack Type      | Free Slots |
|-------------------|------------|
| Main Subrack      | 17         |
| Extension Subrack | 22         |

The free slots can be used for expansion is used to add more capacity by adding EPBs depending on the selected traffic model. The mandatory boards in the Main Subrack consist of four Switch boards and four Core Main Processors (C1 and C2) and the minimum of three EPBs with the resources for module controllers and devices.

### 2.5.2 Checking the Limitation of Concurrent Active and URA Users

The RNC can handle a large number of users, mainly Active Users and URA users. But the maximum limit on the number of users is determined by the maximum number of SCCP (SS7) sessions that the RNC can set up towards the Core Network (CN) (through Iu) and other RNCs (through Iur).

Check the number of users in the chosen RNC configuration in a step wise approach against:

- Active Users,
- URA users, and
- SCCP (SS7) sessions.

Table 5 Maximum User Limitations

| RNC user Limitations      | Maximum Users |
|---------------------------|---------------|
| Active Users for each EPB | 3 048         |
| URA Users for each EPB    | 11 553        |
| SCCP (SS7) Connections    | 1 048 000     |

### Active Users

Each RNC can handle a limited number of Active Users, which includes users performing voice, CS Data, PS and HS calls.

Active users here means any RRC connection in AMR voice state or with RAB state DCH, HS or FACH. This is the highest supported level of active users irrespective of state.

Calculate the total number of concurrent Active Users as follows:

$$Active\ Users = Subscribers_{RNC} \times \left( E_{voice} + E_{CS\ Data} + E_{PS\ Data} + E_{HS\ Data} + E_{FACH} \right)$$

#### *Equation 16 Active Users [Users]*

The total number of active users has to be compared to and not exceed the nominal RNC limitation of active users for each DC Device and EPB. Find the number of DC Devices and EPB for the chosen configuration and multiply it with the number active users for each DC Device and the number of active users for each EPB found in Table 5.

The total number of Active Users in Evo Controller 8200/RNC has to be less than or equal to the RNC limitation as given by the calculations.

If the calculated number of active users is larger than the nominal figure for the selected RNC size, a larger node has to be selected, or ultimately one more node has to be used.

#### **URA Users**

The total number of URA users in RNC has to be compared to and not exceed the nominal node limitation of URA users for each EPB found in Table 5.

URA users means number of users in URA\_PCH state.

Calculate the total number of URA users as follows:

$$URAUers = Subscribers_{RNC} \times EURA$$

#### *Equation 17 URA Users [Users]*

Multiply the limit of URA users for each EPB found in Table 5 with the number of EPB with Module Controllers.

The total number of URA users in Evo Controller 8200/RNC has to be less than or equal to the node limitation as given by the calculations but can never exceed the value given in Table 5 for any Evo Controller 8200/RNC.

If the calculated number of URA users is larger than the nominal figure for the selected node, a larger node has to be selected, or ultimately one more node has to be used.

#### **SCCP (SS7) Connections**

The total number SCCP(SS7) connections generated by the required number of Active and URA users has to be compared to and not exceed the node limitation of SCCP (SS7) connections for each RNC node given by Table 5.

Use the total number of calculated Active and URA users from the equations above and insert them in Equation 18.

$$SCCP \left[ SS7 \right] Connections > URAusers + Activeusers \times \left[ 1 + 2 \times P_{Iur} \right]$$

Equation 18 SCCP (SS7) Connections for each RNC [Connections]

If the calculated number of SCCP (SS7) connections generated by the Active and URA users is larger than the number of SCCP (SS7) connections for any Evo Controller 8200/RNC, other or new RNCs have to be used.

### 2.5.3 Checking the Connectivity Limitation

The numbers of RBSs and cells have to also be checked against nominal maximum for the node. The numbers of RBSs and cells for the node have to be equal to or less than shown in [Table 6](#):

Table 6 Maximum RBSs and Cells

|                     |       |
|---------------------|-------|
| Max Number of RBSs  | 768   |
| Max Number of Cells | 2 304 |

If the required number of RBSs or cells is larger than the nominal figure, more than one node has to be used.

[ANEXO 4]

[Valores de KPIs en hora pico]

Tabla A - Usuarios Activos y Usuarios URA

| Fecha      | Usuarios CS | Usuarios PS | Usuarios URA |
|------------|-------------|-------------|--------------|
| 08/07/2013 | 726,95447   | 8271,75     | 2679,5       |
| 09/07/2013 | 748,540161  | 8284,833333 | 2782,96667   |
| 10/07/2013 | 909,466901  | 8680,725    | 2717         |
| 11/07/2013 | 901,411486  | 8573,676389 | 2752,83333   |
| 12/07/2013 | 1193,51281  | 7912,354167 | 2465,4       |
| 13/07/2013 | 831,886382  | 8750,438889 | 2335,66667   |
| 14/07/2013 | 881,951578  | 8923,845833 | 2499,1       |
| 15/07/2013 | 862,719055  | 8930,615278 | 2695,96667   |
| 16/07/2013 | 942,742638  | 9014,147222 | 2839,86667   |
| 17/07/2013 | 946,20629   | 8818,526389 | 3048,93333   |
| 18/07/2013 | 824,687627  | 9094,927778 | 2663,6       |
| 19/07/2013 | 865,710311  | 9133,022222 | 2720,26667   |
| 20/07/2013 | 956,089597  | 9289,625    | 2466,06667   |
| 21/07/2013 | 955,941532  | 9164,418056 | 2515,56667   |
| 22/07/2013 | 977,477869  | 8801,702778 | 2634,93333   |
| 23/07/2013 | 864,77962   | 9260,061111 | 2770,46667   |
| 24/07/2013 | 849,50606   | 9209,072222 | 2700,3       |
| 25/07/2013 | 905,989147  | 8998,179167 | 2740,53333   |
| 26/07/2013 | 1193,51634  | 8114,370833 | 2659,8       |
| 27/07/2013 | 1075,97779  | 7913,963889 | 2376,93333   |
| 28/07/2013 | 1200,02941  | 7787,472222 | 2401,76667   |

Tabla B - SRB (Signalling Radio Bearer)

| Fecha      | ReqSuccess  | ReqCsSucc | ReqPsSucc | SRB/USUARIO | SRBmMP (N=6600) |
|------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------------|
| 08/07/2013 | 792848,7222 | 44471     | 700404    | 4,733505111 | 8,812208681     |
| 09/07/2013 | 798413,5742 | 43689     | 716779    | 4,770454479 | 8,880996089     |
| 10/07/2013 | 787794,3265 | 41696     | 702791    | 4,761810069 | 8,864903078     |
| 11/07/2013 | 805658,1997 | 43509     | 710860    | 4,835673407 | 9,002411993     |
| 12/07/2013 | 789303,7947 | 46581     | 699879    | 4,800083356 | 8,936155181     |
| 13/07/2013 | 761330,7918 | 38792     | 662537    | 4,910096048 | 9,140962143     |
| 14/07/2013 | 687770,815  | 27590     | 618962    | 4,029010422 | 7,500674402     |
| 15/07/2013 | 763736,4256 | 43250     | 683018    | 4,042518641 | 7,525822203     |
| 16/07/2013 | 775345,3402 | 43889     | 708647    | 3,862571888 | 7,190821331     |
| 17/07/2013 | 789484,1567 | 44664     | 706147    | 4,733505111 | 8,812208681     |
| 18/07/2013 | 804210,5742 | 44957     | 711995    | 4,770454479 | 8,880996089     |
| 19/07/2013 | 795577,5804 | 44224     | 702953    | 4,761810069 | 8,864903078     |
| 20/07/2013 | 767544,5204 | 39606     | 670193    | 4,835673407 | 9,002411993     |
| 21/07/2013 | 713296,6165 | 30474     | 625020    | 4,800083356 | 8,936155181     |
| 22/07/2013 | 796286,4654 | 45554     | 692176    | 4,910096048 | 9,140962143     |
| 23/07/2013 | 787927,1472 | 46446     | 703333    | 4,029010422 | 7,500674402     |
| 24/07/2013 | 729328,9412 | 31114     | 648679    | 4,042518641 | 7,525822203     |
| 25/07/2013 | 790268,8222 | 47229     | 703156    | 3,862571888 | 7,190821331     |
| 26/07/2013 | 804748,7511 | 49168     | 708173    | 4,733505111 | 8,812208681     |
| 27/07/2013 | 781138,4227 | 38549     | 684262    | 4,770454479 | 8,880996089     |
| 28/07/2013 | 728551,2399 | 27303     | 645905    | 4,761810069 | 8,864903078     |
| 29/07/2013 | 795284,7502 | 43717     | 706759    | 4,835673407 | 9,002411993     |
| 30/07/2013 | 827166,6036 | 44186     | 730766    | 4,800083356 | 8,936155181     |
| 31/07/2013 | 807328,8497 | 44893     | 710193    | 4,910096048 | 9,140962143     |
| 01/08/2013 | 787244,6597 | 45064     | 701804    | 4,029010422 | 7,500674402     |
| 02/08/2013 | 791703,4256 | 45863     | 705229    | 4,042518641 | 7,525822203     |
| 03/08/2013 | 769067,8576 | 38970     | 686726    | 3,862571888 | 7,190821331     |
| 04/08/2013 | 735741,2959 | 28688     | 656040    | 4,733505111 | 8,812208681     |
| 05/08/2013 | 804077,5742 | 43893     | 710175    | 4,770454479 | 8,880996089     |
| 06/08/2013 | 786340,713  | 42845     | 698715    | 4,761810069 | 8,864903078     |



Tabla C - Llamadas

| Fecha      | Speech     | Cs64 | PacketIntera | PacketIntera | Callsmmp (N | CallsDC(N=2 | Calls/usuario |
|------------|------------|------|--------------|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 08/07/2013 | 20260,4561 | 15   | 70,7456      | 64570,9742   | 12,8656322  | 3,29120824  | 6,91081408    |
| 09/07/2013 | 21416,3118 | 20   | 71,0086      | 67805,0327   | 13,5308266  | 3,46137425  | 7,2681253     |
| 10/07/2013 | 21340,55   | 20   | 69,7518      | 67745,0091   | 13,5088915  | 3,45576294  | 7,2563428     |
| 11/07/2013 | 21583,767  | 16   | 71,1607      | 68370,4922   | 13,6425425  | 3,48995274  | 7,32813385    |
| 12/07/2013 | 21311,8457 | 27   | 69,9184      | 67349,5822   | 13,4457006  | 3,43959783  | 7,2223996     |
| 13/07/2013 | 22124,0439 | 25   | 66,527       | 70511,2312   | 14,0470664  | 3,59343559  | 7,54542511    |
| 14/07/2013 | 15854,8043 | 18   | 61,2383      | 50504,627    | 10,0652098  | 2,5748211   | 5,40655851    |
| 15/07/2013 | 15317,0864 | 22   | 69,5065      | 47795,5948   | 9,57536858  | 2,44951289  | 5,14343881    |
| 16/07/2013 | 16256,9124 | 22   | 70,661       | 51829,571    | 10,3293236  | 2,6423851   | 5,54842806    |
| 17/07/2013 | 20283,7161 | 25   | 71,2805      | 64544,176    | 12,8656322  | 3,29120824  | 6,91081408    |
| 18/07/2013 | 21424,4518 | 21   | 71,7076      | 67800,4626   | 13,5308266  | 3,46137425  | 7,2681253     |
| 19/07/2013 | 21372,6    | 21   | 70,7824      | 67708,1245   | 13,5088915  | 3,45576294  | 7,2563428     |
| 20/07/2013 | 21500,947  | 21   | 66,8941      | 68463,0216   | 13,6425425  | 3,48995274  | 7,32813385    |
| 21/07/2013 | 21094,9757 | 29   | 62,0598      | 67576,59     | 13,4457006  | 3,43959783  | 7,2223996     |
| 22/07/2013 | 22220,4839 | 21   | 69,8403      | 70407,3141   | 14,0470664  | 3,59343559  | 7,54542511    |
| 23/07/2013 | 16046,7943 | 16   | 71,6078      | 50303,4939   | 10,0652098  | 2,5748211   | 5,40655851    |
| 24/07/2013 | 15136,0764 | 24   | 64,6368      | 47981,7195   | 9,57536858  | 2,44951289  | 5,14343881    |
| 25/07/2013 | 16263,0724 | 29   | 71,0985      | 51835,6931   | 10,3293236  | 2,6423851   | 5,54842806    |
| 26/07/2013 | 20335,8461 | 16   | 71,2324      | 64496,1337   | 12,8656322  | 3,29120824  | 6,91081408    |
| 27/07/2013 | 21316,7318 | 23   | 68,8997      | 67895,1974   | 13,5308266  | 3,46137425  | 7,2681253     |
| 28/07/2013 | 21160,59   | 15   | 64,5777      | 67928,7576   | 13,5088915  | 3,45576294  | 7,2563428     |
| 29/07/2013 | 21577,917  | 20   | 72,752       | 68380,9071   | 13,6425425  | 3,48995274  | 7,32813385    |
| 30/07/2013 | 21279,2457 | 24   | 70,2471      | 67384,4257   | 13,4457006  | 3,43959783  | 7,2223996     |
| 31/07/2013 | 22211,2939 | 22   | 72,5579      | 70413,9958   | 14,0470664  | 3,59343559  | 7,54542511    |
| 01/08/2013 | 16045,1243 | 21   | 71,7305      | 50305,3306   | 10,0652098  | 2,5748211   | 5,40655851    |
| 02/08/2013 | 15325,5964 | 24   | 71,3615      | 47781,7413   | 9,57536858  | 2,44951289  | 5,14343881    |
| 03/08/2013 | 16254,3124 | 17   | 68,3516      | 51846,4249   | 10,3293236  | 2,6423851   | 5,54842806    |
| 04/08/2013 | 20128,3361 | 15   | 64,9496      | 64707,7939   | 12,8656322  | 3,29120824  | 6,91081408    |
| 05/08/2013 | 21400,0418 | 15   | 72,0723      | 67822,0828   | 13,5308266  | 3,46137425  | 7,2681253     |
| 06/08/2013 | 21328,11   | 18   | 70,3356      | 67747,0511   | 13,5088915  | 3,45576294  | 7,2563428     |

Tabla D - Switches

| SwitchesUsu | UIUSuccLow | DIUSuccLow | SuccMed | DIUSuccMed  | UIUSuccHI | DIUSuccHI   | SuccHs  | FachHsSucc | SwSucc  | UraFach | FachUra | SwmMP(N=6600) | SwDC(N=25800) |
|-------------|------------|------------|---------|-------------|-----------|-------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------------|---------------|
| 18.52536142 | 3149.21    | 5558.6     | 308.28  | 862.8666667 | 688.1     | 211057.6044 | 1471.48 | 2835.84    | 855.308 | 453.122 | 484.604 | 34.48804784   | 8.822523865   |
| 18.59938051 | 3099.18    | 5408.6     | 298.2   | 851.6       | 677.6     | 212094.4757 | 1534.09 | 2889.45    | 857.547 | 457.708 | 492.52  | 34.62584672   | 8.857774741   |
| 18.482196   | 3102.75    | 5350.2     | 301.56  | 842.0666667 | 659.9     | 210850.7876 | 1498.46 | 2832.09    | 844.656 | 451.723 | 483.832 | 34.40768822   | 8.801966754   |
| 18.59533088 | 2944.67    | 4817.7     | 295.68  | 867.2666667 | 636.5     | 213262.7608 | 1407.01 | 2687.52    | 803.794 | 451.482 | 484.186 | 34.61830765   | 8.855846142   |
| 18.24135607 | 2800.65    | 3894.2     | 277.93  | 804.5333333 | 627.9     | 210642.2876 | 1298.42 | 2512.17    | 774.368 | 450.58  | 483.465 | 33.95932454   | 8.687269069   |
| 17.5905261  | 2683.44    | 3553.5     | 288.19  | 717         | 649.1     | 204509.0552 | 1201.51 | 2373       | 724.407 | 418.513 | 449.371 | 32.7476961    | 8.377317606   |
| 16.12702242 | 2846.89    | 4433.6     | 286.36  | 697.5333333 | 644       | 183857.4705 | 1352.56 | 2589.88    | 772.956 | 414.859 | 434.678 | 30.02314008   | 7.68033816    |
| 15.0836187  | 3028.73    | 5137.9     | 300.2   | 854.2666667 | 682.1     | 169354.3019 | 1506.36 | 2831.3     | 840.276 | 448.854 | 481.51  | 28.08067014   | 7.183427245   |
| 17.05266818 | 3004.74    | 5259.7     | 297.1   | 861.8666667 | 678.4     | 193790.8086 | 1460.12 | 2751.97    | 835.44  | 452.32  | 485.156 | 31.74638393   | 8.121167983   |
| 18.52536142 | 2994.64    | 5360.7     | 298.38  | 886.9333333 | 673.9     | 211482.2861 | 1501.03 | 2820.8     | 867.178 | 452.941 | 484.415 | 34.48804784   | 8.822523865   |
| 18.59938051 | 2971.69    | 4990.3     | 285.79  | 1022.533333 | 648       | 212541.523  | 1502.11 | 2827.89    | 881.293 | 451.549 | 484.865 | 34.62584672   | 8.857774741   |
| 18.482196   | 2910.76    | 4619.1     | 281.01  | 1084.4      | 603.9     | 211963.5383 | 1384.77 | 2696.36    | 858.011 | 456.54  | 489.455 | 34.40768822   | 8.801966754   |
| 18.59533088 | 2767.48    | 4017.5     | 281.34  | 921         | 650       | 214423.6481 | 1299.66 | 2544.12    | 804.052 | 414.472 | 444.54  | 34.61830765   | 8.855846142   |
| 18.24135607 | 2827.4     | 4602.9     | 292.84  | 923.9333333 | 705.5     | 209319.7116 | 1343.34 | 2593.46    | 826.655 | 407.847 | 431.979 | 33.95932454   | 8.687269069   |
| 17.5905261  | 3172.45    | 5481.5     | 300.44  | 1086.8      | 652.9     | 202180.0216 | 1524.69 | 2921.79    | 887.924 | 443.847 | 478.462 | 32.7476961    | 8.377317606   |
| 16.12702242 | 3112.68    | 5519.6     | 297.66  | 1090.2      | 677.2     | 181448.2348 | 1562.13 | 2943.21    | 896.053 | 452.542 | 485.918 | 30.02314008   | 7.68033816    |
| 15.0836187  | 3055.32    | 5282.2     | 305.75  | 1017.266667 | 693.2     | 168926.6582 | 1503.51 | 2844.67    | 855.711 | 417.253 | 442.345 | 28.08067014   | 7.183427245   |
| 17.05266818 | 3194.99    | 5546.4     | 302.59  | 1097.533333 | 642.4     | 192619.9469 | 1612.88 | 3032.77    | 902.149 | 451.092 | 484.281 | 31.74638393   | 8.121167983   |
| 18.52536142 | 3023.44    | 5058.8     | 282.84  | 1152.933333 | 627       | 211597.5757 | 1521.36 | 2845.73    | 882.255 | 447.021 | 481.446 | 34.48804784   | 8.822523865   |
| 18.59938051 | 2827.15    | 4468.6     | 277.86  | 1024.8      | 697.5     | 213893.2467 | 1309.8  | 2564.9     | 796.847 | 426.472 | 459.088 | 34.62584672   | 8.857774741   |
| 18.482196   | 3053.83    | 5029.2     | 303.51  | 992.6666667 | 679.4     | 211058.0626 | 1479.03 | 2825.53    | 855.282 | 410.265 | 434.545 | 34.40768822   | 8.801966754   |
| 18.59533088 | 3224.18    | 5508.5     | 315.26  | 1073.666667 | 665.2     | 211411.8298 | 1554.71 | 2974.15    | 896.035 | 443.856 | 476.699 | 34.61830765   | 8.855846142   |
| 18.24135607 | 3131.05    | 5245.1     | 308.35  | 1063.333333 | 686.3     | 207634.1803 | 1556.83 | 2947.15    | 919.766 | 439.204 | 474.201 | 33.95932454   | 8.687269069   |
| 17.5905261  | 3146.35    | 5377.4     | 298.37  | 1077.2      | 652.6     | 201532.4149 | 1587.57 | 2987.52    | 914.823 | 447.704 | 481.003 | 32.7476961    | 8.377317606   |
| 16.12702242 | 3137.49    | 5094.2     | 298.89  | 1052.066667 | 633       | 182407.9118 | 1529.7  | 2900.89    | 906.636 | 450.943 | 484.074 | 30.02314008   | 7.68033816    |
| 15.0836187  | 2914.59    | 4259.1     | 279.98  | 996.8666667 | 587.2     | 170584.5719 | 1375.95 | 2658.44    | 856.007 | 436.707 | 468.413 | 28.08067014   | 7.183427245   |
| 17.05266818 | 2777.2     | 3813.6     | 274.85  | 946.6666667 | 641       | 195918.8193 | 1232.51 | 2450.14    | 798.42  | 420.787 | 450.102 | 31.74638393   | 8.121167983   |
| 18.52536142 | 2905.62    | 4428.3     | 284.76  | 966         | 643.2     | 212913.8407 | 1389.36 | 2679.24    | 844.602 | 410.753 | 431.026 | 34.48804784   | 8.822523865   |
| 18.59938051 | 3197.62    | 5448.4     | 303.76  | 1028.333333 | 667.2     | 211624.2827 | 1565.16 | 2985.13    | 913.865 | 436.975 | 468.767 | 34.62584672   | 8.857774741   |
| 18.482196   | 3109.38    | 5273.6     | 300.64  | 1028.066667 | 648.7     | 210495.9523 | 1543.99 | 2916.24    | 910.864 | 433.794 | 465.742 | 34.40768822   | 8.801966754   |

Tabla E - SoftHO

| Fecha      | softHO/usuario | OutIratHoCs57 | IratHoMulti | IratHoSpeech | SuccNonIur | HoSuccessIur | ToActSet | IratCellResel | SoftHOSmMP  | softHODC    |
|------------|----------------|---------------|-------------|--------------|------------|--------------|----------|---------------|-------------|-------------|
| 08/07/2013 | 6,954000043    | 81743,78953   | 562,6       | 2112,2       | 591,698    | 430,13       | 0        | 327,389       | 12,94603008 | 3,311775137 |
| 09/07/2013 | 6,999091158    | 81964,26906   | 584,5       | 2143         | 598,809    | 438,8        | 0        | 331,634       | 13,02997471 | 3,333249343 |
| 10/07/2013 | 7,012988765    | 82219,92296   | 569,2       | 2089,5       | 596,419    | 443,68       | 0        | 337,007       | 13,05584742 | 3,339867944 |
| 11/07/2013 | 7,08953534     | 83001,6808    | 592,6       | 2209,8       | 613,99     | 434,24       | 0        | 336,791       | 13,19835162 | 3,376322509 |
| 12/07/2013 | 7,091220328    | 83249,71817   | 619,3       | 2289,1       | 598,782    | 454,03       | 0        | 329,025       | 13,20148851 | 3,377124968 |
| 13/07/2013 | 7,192064705    | 85492,15004   | 432,3       | 1816,8       | 570,051    | 432,93       | 0        | 306,212       | 13,38922713 | 3,425151125 |
| 14/07/2013 | 6,166148032    | 73125,87786   | 264,7       | 1201,5       | 512,454    | 413,64       | 0        | 263,086       | 11,47931225 | 2,936568251 |
| 15/07/2013 | 6,115258577    | 71087,96114   | 575,5       | 2147,1       | 596,462    | 453,11       | 0        | 329,512       | 11,38457305 | 2,912332641 |
| 16/07/2013 | 5,431514722    | 63196,86008   | 604         | 2195,4       | 596,849    | 453,07       | 0        | 334,107       | 10,11166991 | 2,586706255 |
| 17/07/2013 | 6,954000043    | 82806,1047    | 588,4       | 2162         | 603,645    | 460,38       | 0        | 327,991       | 12,94603008 | 3,311775137 |
| 18/07/2013 | 6,999091158    | 81899,21406   | 605,6       | 2202,8       | 600,992    | 459,32       | 0        | 335,158       | 13,02997471 | 3,333249343 |
| 19/07/2013 | 7,012988765    | 82210,74496   | 574,8       | 2165,1       | 590,695    | 447,44       | 68       | 325,678       | 13,05584742 | 3,339867944 |
| 20/07/2013 | 7,08953534     | 83786,6978    | 429,6       | 1772,9       | 579,299    | 456,67       | 83       | 290,067       | 13,19835162 | 3,376322509 |
| 21/07/2013 | 7,091220328    | 84811,71017   | 289,6       | 1253         | 517,856    | 437,05       | 79       | 255,952       | 13,20148851 | 3,377124968 |
| 22/07/2013 | 7,192064705    | 85014,30204   | 562         | 2118,8       | 578,191    | 450,07       | 98       | 325,232       | 13,38922713 | 3,425151125 |
| 23/07/2013 | 6,166148032    | 71753,86786   | 591,3       | 2187         | 595,865    | 458,96       | 96       | 326,591       | 11,47931225 | 2,936568251 |
| 24/07/2013 | 6,115258577    | 72233,31914   | 312,7       | 1333,5       | 546,376    | 441,26       | 71       | 265,552       | 11,38457305 | 2,912332641 |
| 25/07/2013 | 5,431514722    | 63659,25218   | 596,5       | 2199,1       | 603,128    | 445,75       | 100      | 325,456       | 10,11166991 | 2,586706255 |
| 26/07/2013 | 6,954000043    | 81561,91553   | 619,4       | 2264,8       | 618,226    | 443,14       | 119      | 330,06        | 12,94603008 | 3,311775137 |
| 27/07/2013 | 6,999091158    | 82552,41598   | 447,5       | 1806,7       | 588,353    | 423,6        | 85       | 306,25        | 13,02997471 | 3,333249343 |
| 28/07/2013 | 7,012988765    | 83505,58496   | 275,1       | 1188,7       | 524,877    | 388,39       | 94       | 259,509       | 13,05584742 | 3,339867944 |
| 29/07/2013 | 7,08953534     | 83116,0288    | 585,7       | 2113         | 591,567    | 430,56       | 99       | 331,469       | 13,19835162 | 3,376322509 |
| 30/07/2013 | 7,091220328    | 83318,18117   | 563,6       | 2065,9       | 610,037    | 444,54       | 110      | 325,807       | 13,20148851 | 3,377124968 |
| 31/07/2013 | 7,192064705    | 84811,63104   | 588,3       | 2123,3       | 598,18     | 441,32       | 95       | 323,307       | 13,38922713 | 3,425151125 |
| 01/08/2013 | 6,166148032    | 71753,72786   | 613,4       | 2185,2       | 600,527    | 396,95       | 88       | 320,445       | 11,47931225 | 2,936568251 |
| 02/08/2013 | 6,115258577    | 71081,97014   | 570,9       | 2149,8       | 618,031    | 442,73       | 99       | 307,107       | 11,38457305 | 2,912332641 |
| 03/08/2013 | 5,431514722    | 63625,71008   | 423,7       | 1707,8       | 590,32     | 426,62       | 77       | 280,285       | 10,11166991 | 2,586706255 |
| 04/08/2013 | 6,954000043    | 83184,68653   | 271,8       | 1173,5       | 526,537    | 430,94       | 78       | 247,439       | 12,94603008 | 3,311775137 |
| 05/08/2013 | 6,999091158    | 82107,63306   | 558         | 2011,2       | 583,203    | 402,95       | 90       | 312,442       | 13,02997471 | 3,333249343 |
| 06/08/2013 | 7,012988765    | 82434,79796   | 565,6       | 2024,9       | 554,493    | 439,17       | 102      | 317,446       | 13,05584742 | 3,339867944 |

Tabla F - SofterHO

| Fecha    | SuccessNonIur | SofterHO/usu | SofterHO DC | SofterHOMpp |
|----------|---------------|--------------|-------------|-------------|
| 08/07/13 | 40011,22726   | 3,256387016  | 1,550822762 | 6,062307161 |
| 09/07/13 | 40447,30437   | 3,29187795   | 1,567724976 | 6,12837945  |
| 10/07/13 | 40851,36943   | 3,324763525  | 1,583386412 | 6,189601429 |
| 11/07/13 | 40897,99567   | 3,328558287  | 1,585193631 | 6,196666011 |
| 12/07/13 | 40730,97631   | 3,31496511   | 1,578720012 | 6,171360047 |
| 13/07/13 | 41675,85354   | 3,391865674  | 1,61534316  | 6,314523264 |
| 14/07/13 | 34265,93529   | 2,788795905  | 1,328137027 | 5,191808377 |
| 15/07/13 | 35011,25918   | 2,849455455  | 1,357025549 | 5,304736239 |
| 16/07/13 | 30363,42357   | 2,471182841  | 1,176876883 | 4,600518723 |
| 17/07/13 | 40011,22726   | 3,256387016  | 1,550822762 | 6,062307161 |
| 18/07/13 | 40447,30437   | 3,29187795   | 1,567724976 | 6,12837945  |
| 19/07/13 | 40851,36943   | 3,324763525  | 1,583386412 | 6,189601429 |
| 20/07/13 | 40897,99567   | 3,328558287  | 1,585193631 | 6,196666011 |
| 21/07/13 | 40730,97631   | 3,31496511   | 1,578720012 | 6,171360047 |
| 22/07/13 | 41675,85354   | 3,391865674  | 1,61534316  | 6,314523264 |
| 23/07/13 | 34265,93529   | 2,788795905  | 1,328137027 | 5,191808377 |
| 24/07/13 | 35011,25918   | 2,849455455  | 1,357025549 | 5,304736239 |
| 25/07/13 | 30363,42357   | 2,471182841  | 1,176876883 | 4,600518723 |
| 26/07/13 | 40011,22726   | 3,256387016  | 1,550822762 | 6,062307161 |
| 27/07/13 | 40447,30437   | 3,29187795   | 1,567724976 | 6,12837945  |
| 28/07/13 | 40851,36943   | 3,324763525  | 1,583386412 | 6,189601429 |
| 29/07/13 | 40897,99567   | 3,328558287  | 1,585193631 | 6,196666011 |
| 30/07/13 | 40730,97631   | 3,31496511   | 1,578720012 | 6,171360047 |
| 31/07/13 | 41675,85354   | 3,391865674  | 1,61534316  | 6,314523264 |
| 01/08/13 | 34265,93529   | 2,788795905  | 1,328137027 | 5,191808377 |
| 02/08/13 | 35011,25918   | 2,849455455  | 1,357025549 | 5,304736239 |
| 03/08/13 | 30363,42357   | 2,471182841  | 1,176876883 | 4,600518723 |
| 04/08/13 | 40011,22726   | 3,256387016  | 1,550822762 | 6,062307161 |
| 05/08/13 | 40447,30437   | 3,29187795   | 1,567724976 | 6,12837945  |
| 06/08/13 | 40851,36943   | 3,324763525  | 1,583386412 | 6,189601429 |

Tabla G - Other HOs

| fecha      | OtherHO/usuario | CellResel  |
|------------|-----------------|------------|
| 08/07/2013 | 2,108296683     | 25904,6413 |
| 09/07/2013 | 2,149240542     | 26407,7185 |
| 10/07/2013 | 2,114115187     | 25976,1333 |
| 11/07/2013 | 2,11901332      | 26036,3167 |
| 12/07/2013 | 1,641946447     | 20174,596  |
| 13/07/2013 | 1,595864906     | 19608,3921 |
| 14/07/2013 | 1,595637966     | 19605,6037 |
| 15/07/2013 | 2,063828942     | 25358,2662 |
| 16/07/2013 | 2,090589016     | 25687,0672 |
| 17/07/2013 | 2,124459894     | 26103,2387 |
| 18/07/2013 | 2,12309825      | 26086,5082 |
| 19/07/2013 | 2,074142129     | 25484,9843 |
| 20/07/2013 | 1,930331159     | 23717,979  |
| 21/07/2013 | 1,65846898      | 20377,6084 |
| 22/07/2013 | 2,077212131     | 25522,7055 |
| 23/07/2013 | 2,106178571     | 25878,6161 |
| 24/07/2013 | 2,067623892     | 25404,8948 |
| 25/07/2013 | 2,112803975     | 25960,0224 |
| 26/07/2013 | 2,053042961     | 25225,7389 |
| 27/07/2013 | 1,828554624     | 22467,4507 |
| 28/07/2013 | 1,613496927     | 19825,0367 |
| 29/07/2013 | 2,05023142      | 25191,1935 |
| 30/07/2013 | 2,058798426     | 25296,4563 |
| 31/07/2013 | 1,674014408     | 20568,615  |
| 01/08/2013 | 2,051643495     | 25208,5436 |
| 02/08/2013 | 2,08066667      | 25565,1514 |
| 03/08/2013 | 1,930570708     | 23720,9223 |
| 04/08/2013 | 1,635919914     | 20100,548  |
| 05/08/2013 | 2,089548872     | 25674,287  |
| 06/08/2013 | 2,053856165     | 25235,7307 |

Tabla H - Throughput Voice (UPvoice)

| <b>Fecha</b> | <b>DItraffVolCs12</b> | <b>ULtraffVolCs12</b> | <b>Máx de Upvoicedc</b> | <b>Upvoice/usuario</b> |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| 08/07/2013   | 833029,3079           | 822870,8846           | 64,182178               | 0,491948958            |
| 09/07/2013   | 863895,605            | 853360,7808           | 66,56032503             | 0,510177179            |
| 10/07/2013   | 706202,5271           | 697590,7001           | 54,4105902              | 0,41705087             |
| 11/07/2013   | 517394,7285           | 511085,329            | 39,86356812             | 0,305549631            |
| 12/07/2013   | 498028,9059           | 491955,6641           | 38,37149496             | 0,294113063            |
| 13/07/2013   | 824859,2692           | 814800,4759           | 63,5527033              | 0,487124107            |
| 14/07/2013   | 844744,1239           | 834442,8436           | 65,08476618             | 0,498867192            |
| 15/07/2013   | 879043,3468           | 868323,8027           | 67,7274089              | 0,519122742            |
| 16/07/2013   | 849517,9518           | 839158,4567           | 65,45257398             | 0,501686396            |
| 17/07/2013   | 712649,3986           | 703958,9549           | 54,90730052             | 0,420858097            |
| 18/07/2013   | 534985,0175           | 528461,1122           | 41,21884224             | 0,31593765             |
| 19/07/2013   | 808481,4042           | 798622,3316           | 62,29084247             | 0,47745209             |
| 20/07/2013   | 860472,2846           | 849979,2063           | 66,29656941             | 0,508155523            |
| 21/07/2013   | 847844,4694           | 837505,3817           | 65,32363764             | 0,500698114            |
| 22/07/2013   | 875629,7781           | 864951,8609           | 67,46440461             | 0,517106845            |
| 23/07/2013   | 653867,9494           | 645894,3194           | 50,37838251             | 0,386144465            |
| 24/07/2013   | 635790,9063           | 628037,7178           | 48,98560559             | 0,375468991            |
| 25/07/2013   | 506361,7973           | 500186,9395           | 39,01351693             | 0,299034087            |
| 26/07/2013   | 842032,1384           | 831763,9295           | 64,87581659             | 0,497265617            |
| 27/07/2013   | 830745,5178           | 820614,9442           | 64,00621946             | 0,490600256            |
| 28/07/2013   | 842251,2094           | 831980,3291           | 64,89269529             | 0,497394991            |
| 29/07/2013   | 869816,0331           | 859209,012            | 67,01647462             | 0,513673513            |
| 30/07/2013   | 881206,5089           | 870460,586            | 67,89407345             | 0,520400206            |
| 31/07/2013   | 689729,1445           | 681318,2032           | 53,14137007             | 0,407322444            |
| 01/08/2013   | 551531,0987           | 544805,4213           | 42,49366356             | 0,325709008            |
| 02/08/2013   | 845591,0556           | 835279,4473           | 65,1500195              | 0,499367351            |
| 03/08/2013   | 847869,8237           | 837530,4268           | 65,3255911              | 0,500713087            |
| 04/08/2013   | 872808,2814           | 862164,7711           | 67,24701754             | 0,515440598            |
| 05/08/2013   | 868191,5528           | 857604,3414           | 66,89131373             | 0,512714169            |
| 06/08/2013   | 854932,6101           | 844507,0856           | 65,86975565             | 0,504884045            |

Tabla I - Throughput PSHS (UPpshs)

| Fecha      | IpBytesDI  | IpBytesUI  | Uppshdc    | Uppshs/usu |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 08/07/2013 | 8216465,94 | 1252864,51 | 2909,47513 | 2,39366759 |
| 09/07/2013 | 7980086,17 | 1323828,6  | 2884,93481 | 2,37347792 |
| 10/07/2013 | 8504382,94 | 1275397,51 | 3032,49006 | 2,49487377 |
| 11/07/2013 | 7886608,72 | 1158889,5  | 2796,79766 | 2,3009662  |
| 12/07/2013 | 7444632,72 | 1091133,34 | 2615,45797 | 2,15177539 |
| 13/07/2013 | 8392694,31 | 1194038,83 | 2972,35509 | 2,44539985 |
| 14/07/2013 | 8671631,73 | 1244306,81 | 3074,70963 | 2,52960842 |
| 15/07/2013 | 8283785,02 | 1301381,31 | 2964,51772 | 2,43895193 |
| 16/07/2013 | 8604869,14 | 1302036,02 | 3070,45406 | 2,52610731 |
| 17/07/2013 | 8371962,71 | 1314687,18 | 3003,61237 | 2,47111567 |
| 18/07/2013 | 7884381,62 | 1195296,46 | 2812,61782 | 2,31398168 |
| 19/07/2013 | 7749110,62 | 1212540,87 | 2761,317   | 2,27177574 |
| 20/07/2013 | 8186658,55 | 1235921,9  | 2921,73037 | 2,40375016 |
| 21/07/2013 | 8993223,01 | 1377500,06 | 3188,3004  | 2,62306121 |
| 22/07/2013 | 8554435,74 | 1324273,7  | 3035,21816 | 2,49711822 |
| 23/07/2013 | 8417909,33 | 1408297,22 | 3046,88575 | 2,50671732 |
| 24/07/2013 | 7347270,52 | 1259445,34 | 2660,67135 | 2,1889731  |
| 25/07/2013 | 7347823,44 | 1258789,29 | 2661,98293 | 2,19005215 |
| 26/07/2013 | 6861761,83 | 1159943,55 | 2479,09057 | 2,03958395 |
| 27/07/2013 | 8157279,3  | 1212065,41 | 2904,66556 | 2,38971069 |
| 28/07/2013 | 8208115,62 | 1395353,2  | 2977,81979 | 2,44989574 |
| 29/07/2013 | 8078608    | 1273825,13 | 2899,97927 | 2,38585521 |
| 30/07/2013 | 8789679,31 | 1462694,61 | 3168,0506  | 2,60640141 |
| 31/07/2013 | 9589196,4  | 1234880,79 | 3336,83701 | 2,74526444 |
| 01/08/2013 | 8736207,18 | 1181633,22 | 3075,29935 | 2,5300936  |
| 02/08/2013 | 8160334,11 | 1142425,03 | 2863,42548 | 2,35578188 |
| 03/08/2013 | 8359060,44 | 1244199,44 | 2977,755   | 2,44984244 |
| 04/08/2013 | 8952668,33 | 1322901,33 | 3186,22315 | 2,62135223 |
| 05/08/2013 | 8690923,76 | 1286179,84 | 3078,32314 | 2,53258131 |
| 06/08/2013 | 9122746,02 | 1411904,95 | 3266,55844 | 2,68744524 |

Tabla J - Tráfico FACH en Erlang

| <b>Fecha</b> | <b>Tráfico erlang FACH</b> |
|--------------|----------------------------|
| 08/07/2013   | 4142,404167                |
| 09/07/2013   | 4146,483333                |
| 10/07/2013   | 4534,888889                |
| 11/07/2013   | 4445,552778                |
| 12/07/2013   | 4068,538889                |
| 13/07/2013   | 4557,965278                |
| 14/07/2013   | 4671,447222                |
| 15/07/2013   | 4646,822222                |
| 16/07/2013   | 4650,801389                |
| 17/07/2013   | 4610,754167                |
| 18/07/2013   | 4780,263889                |
| 19/07/2013   | 4796,552778                |
| 20/07/2013   | 4885,468056                |
| 21/07/2013   | 4794,434722                |
| 22/07/2013   | 4553,936111                |
| 23/07/2013   | 4817,875                   |
| 24/07/2013   | 4825,420833                |
| 25/07/2013   | 4744,805556                |
| 26/07/2013   | 4205,147222                |
| 27/07/2013   | 4128,609722                |
| 28/07/2013   | 4089,252778                |

Tabla K - Carga de procesamiento mMP teorica y medida

| Fecha      | SRBm        | Callsm      | Switchesm   | SoftHOsm    | SofterHOsm  | Carg. Prc. Teor | Carg. Prc. Medi |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|
| 08/07/2013 | 8,812208681 | 12,86563221 | 34,48804784 | 12,94603008 | 6,062307161 | 74,89457656     | 63,3017375      |
| 09/07/2013 | 8,880996089 | 13,5308266  | 34,62584672 | 13,02997471 | 6,12837945  | 77,79759202     | 66,73386789     |
| 10/07/2013 | 8,864903078 | 13,50889151 | 34,40768822 | 13,05584742 | 6,189601429 | 77,81017197     | 68,03877371     |
| 11/07/2013 | 9,002411993 | 13,64254253 | 34,61830765 | 13,19835162 | 6,196666011 | 78,34250252     | 67,74692503     |
| 12/07/2013 | 8,936155181 | 13,44570059 | 33,95932454 | 13,20148851 | 6,171360047 | 77,27352794     | 65,16245877     |
| 13/07/2013 | 9,140962143 | 14,04706641 | 32,7476961  | 13,38922713 | 6,314523264 | 79,68419353     | 64,29812373     |
| 14/07/2013 | 7,500674402 | 10,06520977 | 30,02314008 | 11,47931225 | 5,191808377 | 62,45737577     | 56,98488892     |
| 15/07/2013 | 7,525822203 | 9,575368582 | 28,08067014 | 11,38457305 | 5,304736239 | 60,7378293      | 54,53127575     |
| 16/07/2013 | 7,190821331 | 10,32932357 | 31,74638393 | 10,11166991 | 4,600518723 | 61,84001486     | 60,6840464      |
| 17/07/2013 | 8,812208681 | 12,86563221 | 34,48804784 | 12,94603008 | 6,062307161 | 74,89457656     | 67,69062404     |
| 18/07/2013 | 8,880996089 | 13,5308266  | 34,62584672 | 13,02997471 | 6,12837945  | 77,79759202     | 66,29277474     |
| 19/07/2013 | 8,864903078 | 13,50889151 | 34,40768822 | 13,05584742 | 6,189601429 | 77,81017197     | 66,20598018     |
| 20/07/2013 | 9,002411993 | 13,64254253 | 34,61830765 | 13,19835162 | 6,196666011 | 78,34250252     | 68,02289205     |
| 21/07/2013 | 8,936155181 | 13,44570059 | 33,95932454 | 13,20148851 | 6,171360047 | 77,27352794     | 68,91329679     |
| 22/07/2013 | 9,140962143 | 14,04706641 | 32,7476961  | 13,38922713 | 6,314523264 | 79,68419353     | 67,52274508     |
| 23/07/2013 | 7,500674402 | 10,06520977 | 30,02314008 | 11,47931225 | 5,191808377 | 62,45737577     | 62,52518183     |
| 24/07/2013 | 7,525822203 | 9,575368582 | 28,08067014 | 11,38457305 | 5,304736239 | 60,7378293      | 60,39599607     |
| 25/07/2013 | 7,190821331 | 10,32932357 | 31,74638393 | 10,11166991 | 4,600518723 | 61,84001486     | 58,39913021     |
| 26/07/2013 | 8,812208681 | 12,86563221 | 34,48804784 | 12,94603008 | 6,062307161 | 74,89457656     | 63,01592629     |
| 27/07/2013 | 8,880996089 | 13,5308266  | 34,62584672 | 13,02997471 | 6,12837945  | 77,79759202     | 70,32976831     |
| 28/07/2013 | 8,864903078 | 13,50889151 | 34,40768822 | 13,05584742 | 6,189601429 | 77,81017197     | 70,04076471     |
| 29/07/2013 | 9,002411993 | 13,64254253 | 34,61830765 | 13,19835162 | 6,196666011 | 78,34250252     | 66,23516858     |
| 30/07/2013 | 8,936155181 | 13,44570059 | 33,95932454 | 13,20148851 | 6,171360047 | 77,27352794     | 65,61326467     |
| 31/07/2013 | 9,140962143 | 14,04706641 | 32,7476961  | 13,38922713 | 6,314523264 | 79,68419353     | 67,47820577     |
| 01/08/2013 | 7,500674402 | 10,06520977 | 30,02314008 | 11,47931225 | 5,191808377 | 62,45737577     | 61,17727463     |
| 02/08/2013 | 7,525822203 | 9,575368582 | 28,08067014 | 11,38457305 | 5,304736239 | 60,7378293      | 54,91469256     |
| 03/08/2013 | 7,190821331 | 10,32932357 | 31,74638393 | 10,11166991 | 4,600518723 | 61,84001486     | 53,98393506     |
| 04/08/2013 | 8,812208681 | 12,86563221 | 34,48804784 | 12,94603008 | 6,062307161 | 74,89457656     | 63,32577108     |
| 05/08/2013 | 8,880996089 | 13,5308266  | 34,62584672 | 13,02997471 | 6,12837945  | 77,79759202     | 67,27035563     |



Tabla L - Carga de procesamiento teórica PDRSP

| Fecha      | UPpshs PDR  | Carg. Prc. PDR |
|------------|-------------|----------------|
| 08/07/2013 | 125107,4305 | 31,27685763    |
| 09/07/2013 | 124052,1968 | 31,01304921    |
| 10/07/2013 | 130397,0727 | 32,59926816    |
| 11/07/2013 | 120262,2994 | 30,06557484    |
| 12/07/2013 | 112464,6925 | 28,11617314    |
| 13/07/2013 | 127811,2687 | 31,95281718    |
| 14/07/2013 | 132212,5139 | 33,05312847    |
| 15/07/2013 | 127474,2618 | 31,86856545    |
| 16/07/2013 | 132029,5248 | 33,00738119    |
| 17/07/2013 | 129155,3319 | 32,28883297    |
| 18/07/2013 | 120942,5664 | 30,23564159    |
| 19/07/2013 | 118736,6311 | 29,68415777    |
| 20/07/2013 | 125634,406  | 31,40860149    |
| 21/07/2013 | 137096,9174 | 34,27422934    |
| 22/07/2013 | 130514,3807 | 32,62859518    |
| 23/07/2013 | 131016,0873 | 32,75402183    |
| 24/07/2013 | 114408,8679 | 28,60221696    |
| 25/07/2013 | 114465,2658 | 28,61631646    |
| 26/07/2013 | 106600,8946 | 26,65022365    |
| 27/07/2013 | 124900,6191 | 31,22515476    |
| 28/07/2013 | 128046,2509 | 32,01156272    |
| 29/07/2013 | 124699,1084 | 31,1747771     |
| 30/07/2013 | 136226,1758 | 34,05654396    |
| 31/07/2013 | 143483,9912 | 35,87099781    |
| 01/08/2013 | 132237,872  | 33,059468      |
| 02/08/2013 | 123127,2955 | 30,78182387    |
| 03/08/2013 | 128043,4651 | 32,01086627    |
| 04/08/2013 | 137007,5955 | 34,25189888    |
| 05/08/2013 | 132367,8948 | 33,09197371    |
| 06/08/2013 | 140462,0129 | 35,11550323    |

Tabla M - Carga de procesamiento teórica DCSP

| Fecha      | srbm       | callsm     | switchesm  | softhom    | softerm    | upvoicem   | uppshtm    | Carg. Prc. Teor DC |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|
| 08/07/2013 | 2,25428594 | 3,29120824 | 8,82252387 | 3,31177514 | 1,55082276 | 64,182178  | 2909,47513 | 33,69589058        |
| 09/07/2013 | 2,27188272 | 3,46137425 | 8,85777474 | 3,33324934 | 1,56772498 | 66,560325  | 2884,93481 | 33,52529835        |
| 10/07/2013 | 2,2677659  | 3,45576294 | 8,80196675 | 3,33986794 | 1,58338641 | 54,4105902 | 3032,49006 | 33,37671013        |
| 11/07/2013 | 2,3029426  | 3,48995274 | 8,85584614 | 3,37632251 | 1,58519363 | 39,8635681 | 2796,79766 | 32,54958106        |
| 12/07/2013 | 2,28599319 | 3,43959783 | 8,68726907 | 3,37712497 | 1,57872001 | 38,371495  | 2615,45797 | 32,15819431        |
| 13/07/2013 | 2,33838566 | 3,59343559 | 8,37731761 | 3,42515113 | 1,61534316 | 63,5527033 | 2972,35509 | 33,87489643        |
| 14/07/2013 | 1,91877717 | 2,5748211  | 7,68033816 | 2,93656825 | 1,32813703 | 65,0847662 | 3074,70963 | 31,07028564        |
| 15/07/2013 | 1,92521033 | 2,44951289 | 7,18342724 | 2,91233264 | 1,35702555 | 67,7274089 | 2964,51772 | 29,16875375        |
| 16/07/2013 | 1,83951243 | 2,6423851  | 8,12116798 | 2,58670626 | 1,17687688 | 65,452574  | 3070,45406 | 31,22355081        |
| 17/07/2013 | 2,25428594 | 3,29120824 | 8,82252387 | 3,31177514 | 1,55082276 | 54,9073005 | 3003,61237 | 33,33758149        |
| 18/07/2013 | 2,27188272 | 3,46137425 | 8,85777474 | 3,33324934 | 1,56772498 | 41,2188422 | 2812,61782 | 32,88894426        |
| 19/07/2013 | 2,2677659  | 3,45576294 | 8,80196675 | 3,33986794 | 1,58338641 | 62,2908425 | 2761,317   | 33,36264469        |
| 20/07/2013 | 2,3029426  | 3,48995274 | 8,85584614 | 3,37632251 | 1,58519363 | 66,2965694 | 2921,73037 | 33,69253864        |
| 21/07/2013 | 2,28599319 | 3,43959783 | 8,68726907 | 3,37712497 | 1,57872001 | 65,3236376 | 3188,3004  | 34,67195766        |
| 22/07/2013 | 2,33838566 | 3,59343559 | 8,37731761 | 3,42515113 | 1,61534316 | 67,4644046 | 3035,21816 | 34,81505708        |
| 23/07/2013 | 1,91877717 | 2,5748211  | 7,68033816 | 2,93656825 | 1,32813703 | 50,3783825 | 3046,88575 | 29,69367571        |
| 24/07/2013 | 1,92521033 | 2,44951289 | 7,18342724 | 2,91233264 | 1,35702555 | 48,9856056 | 2660,67135 | 27,60054884        |
| 25/07/2013 | 1,83951243 | 2,6423851  | 8,12116798 | 2,58670626 | 1,17687688 | 39,0135169 | 2661,98293 | 29,34358753        |
| 26/07/2013 | 2,25428594 | 3,29120824 | 8,82252387 | 3,31177514 | 1,55082276 | 64,8758166 | 2479,09057 | 32,34448788        |
| 27/07/2013 | 2,27188272 | 3,46137425 | 8,85777474 | 3,33324934 | 1,56772498 | 64,0062195 | 2904,66556 | 33,60845533        |
| 28/07/2013 | 2,2677659  | 3,45576294 | 8,80196675 | 3,33986794 | 1,58338641 | 64,8926953 | 2977,81979 | 34,06110915        |
| 29/07/2013 | 2,3029426  | 3,48995274 | 8,85584614 | 3,37632251 | 1,58519363 | 67,0164746 | 2899,97927 | 33,72828652        |
| 30/07/2013 | 2,28599319 | 3,43959783 | 8,68726907 | 3,37712497 | 1,57872001 | 67,8940734 | 3168,0506  | 34,90235821        |
| 31/07/2013 | 2,33838566 | 3,59343559 | 8,37731761 | 3,42515113 | 1,61534316 | 53,1413701 | 3336,83701 | 34,79076136        |
| 01/08/2013 | 1,91877717 | 2,5748211  | 7,68033816 | 2,93656825 | 1,32813703 | 42,4936636 | 3075,29935 | 29,6864956         |
| 02/08/2013 | 1,92521033 | 2,44951289 | 7,18342724 | 2,91233264 | 1,35702555 | 65,1500195 | 2863,42548 | 28,39459068        |
| 03/08/2013 | 1,83951243 | 2,6423851  | 8,12116798 | 2,58670626 | 1,17687688 | 65,3255911 | 2977,755   | 29,88914575        |
| 04/08/2013 | 2,25428594 | 3,29120824 | 8,82252387 | 3,31177514 | 1,55082276 | 67,2470175 | 3186,22315 | 34,75084882        |
| 05/08/2013 | 2,27188272 | 3,46137425 | 8,85777474 | 3,33324934 | 1,56772498 | 66,8913137 | 3078,32314 | 33,94836257        |
| 06/08/2013 | 2,2677659  | 3,45576294 | 8,80196675 | 3,33986794 | 1,58338641 | 65,8697556 | 3266,55844 | 35,02360349        |

Tabla N – Nodos B

| Nombre                   | Sectores | Tx  | E1 |
|--------------------------|----------|-----|----|
| La Boyera                | 3        | TDM | 4  |
| Las Minas                | 1        | TDM | 3  |
| Guaicoco                 | 2        | TDM | 4  |
| Santa Teresa             | 3        | TDM | 3  |
| Filas de Mariche         | 3        | TDM | 3  |
| San Francisco de Yare    | 3        | TDM | 3  |
| Los Anaucos              | 3        | TDM | 3  |
| Cumbres de Curumo        | 3        | TDM | 3  |
| USB                      | 3        | TDM | 3  |
| El Placer                | 2        | TDM | 3  |
| Santa Lucia              | 3        | TDM | 4  |
| Charallave Ind           | 3        | TDM | 3  |
| Los Naranjos             | 2        | TDM | 3  |
| Hoyo de la Puerta        | 3        | TDM | 3  |
| Terrazas Club Hípico     | 2        | TDM | 3  |
| Santa Sofía              | 1        | TDM | 3  |
| San Luis                 | 2        | TDM | 3  |
| Piedra Azul              | 2        | TDM | 4  |
| Hatillo Pueblo           | 3        | TDM | 3  |
| Lomas de la Lagunita     | 3        | TDM | 3  |
| Alto Hatillo Norte       | 2        | TDM | 3  |
| La Cabrera               | 3        | TDM | 3  |
| Aeropuerto Caracas       | 3        | TDM | 3  |
| La Lagunita              | 3        | TDM | 3  |
| Oripoto                  | 3        | TDM | 3  |
| Caurimare                | 3        | TDM | 3  |
| Cartanal                 | 3        | TDM | 3  |
| La Trinidad              | 3        | TDM | 3  |
| Manzanares               | 3        | TDM | 3  |
| Santa Teresa II          | 3        | TDM | 3  |
| Alto Hatillo             | 1        | TDM | 3  |
| Lomas de Prados del Este | 2        | TDM | 3  |
| Santa Clara              | 3        | TDM | 3  |
| PabloVI                  | 2        | TDM | 3  |
| Cua                      | 3        | TDM | 7  |
| La Union                 | 3        | TDM | 3  |

|                               |   |     |   |
|-------------------------------|---|-----|---|
| USM                           | 3 | TDM | 3 |
| Cafetal                       | 3 | TDM | 3 |
| Prados del Este               | 3 | TDM | 3 |
| Soapire                       | 3 | TDM | 3 |
| Cantv Los Cortijos            | 3 | TDM | 3 |
| El Bosque                     | 3 | TDM | 3 |
| Micro Marques Norte           | 2 | TDM | 3 |
| Santa Eduvigis                | 3 | TDM | 3 |
| Ciempies                      | 3 | TDM | 4 |
| El Marques                    | 3 | TDM | 5 |
| Country Club Sur              | 3 | TDM | 3 |
| Santa Marta                   | 1 | TDM | 3 |
| Alta Florida Norte            | 2 | TDM | 3 |
| AguaSal                       | 3 | TDM | 3 |
| El Rosal                      | 3 | TDM | 3 |
| Barrio Union                  | 3 | TDM | 4 |
| Los Cortijos                  | 3 | TDM | 4 |
| Santa Cecilia                 | 3 | TDM | 4 |
| Altamira Sur                  | 2 | TDM | 3 |
| Petare                        | 3 | TDM | 3 |
| Chacao                        | 3 | TDM | 6 |
| La Florida (Move)             | 3 | TDM | 3 |
| Bello Campo                   | 2 | TDM | 3 |
| Micro Bello Monte             | 1 | TDM | 3 |
| Micro Santa Fe                | 1 | TDM | 3 |
| La Alameda                    | 2 | TDM | 3 |
| Boleita Sur                   | 3 | TDM | 4 |
| Boleita Norte                 | 2 | TDM | 3 |
| Lomas de la Alameda (Santa Fe | 2 | TDM | 3 |
| Chuao                         | 3 | TDM | 3 |
| Los Chorros II                | 3 | TDM | 3 |
| La Urbina Industrial          | 2 | TDM | 3 |
| Plaza Altamira                | 3 | TDM | 3 |
| Las Tres Gracias              | 3 | TDM | 6 |
| Lomas Ruices                  | 1 | TDM | 3 |
| Santa Ines                    | 2 | TDM | 3 |
| La Carlota                    | 2 | TDM | 3 |
| La Floresta                   | 3 | TDM | 3 |
| Sabana Grande                 | 3 | TDM | 6 |
| La Urbina                     | 3 | TDM | 5 |

|                             |   |     |   |
|-----------------------------|---|-----|---|
| La Urbina Sur               | 3 | TDM | 3 |
| Colinas de Bello Monte Move | 2 | TDM | 3 |
| Los Ruices Sur              | 3 | TDM | 4 |
| Colinas Bello Monte II      | 3 | TDM | 3 |
| Bello Monte                 | 3 | TDM | 4 |
| Macaracuay                  | 3 | TDM | 3 |
| Sebucan                     | 3 | TDM | 3 |
| Clinica Ávila               | 3 | TDM | 3 |
| AV Casanova                 | 2 | TDM | 3 |
| Los Palos Grandes           | 2 | TDM | 3 |
| Alta Florida                | 3 | TDM | 3 |
| Francisco Solano            | 3 | TDM | 3 |
| La California               | 3 | TDM | 4 |
| Boleita                     | 3 | TDM | 3 |
| Los Dos Caminos             | 2 | TDM | 3 |
| Domingo Luciani             | 2 | TDM | 4 |
| CADA las Mercedes           | 3 | TDM | 3 |
| Valle Arriba                | 2 | TDM | 3 |
| Chacaíto                    | 3 | TDM | 3 |
| Chacao Sur                  | 2 | TDM | 5 |
| Gimnasio Cubierto UCV       | 3 | TDM | 5 |
| Plaza Venezuela III         | 3 | TDM | 4 |
| El Recreo                   | 1 | TDM | 3 |
| Ocumare del Tuy             | 3 | TDM | 3 |
| Plaza Venezuela (Move)      | 3 | TDM | 3 |
| Campo Alegre                | 3 | IP  | 8 |
| Universidad Metropolitana   | 2 | IP  | 4 |
| Palo Verde                  | 3 | IP  | 6 |
| CC Palo Verde               | 2 | IP  | 8 |
| Charallave II               | 3 | IP  | 8 |
| Charallave                  | 2 | IP  | 4 |
| La Salle                    | 3 | IP  | 5 |
| La Campiña (Negrin)         | 3 | IP  | 5 |
| Macaracuay Sur              | 3 | IP  | 5 |
| El Llanito                  | 3 | IP  | 6 |
| Las Mercedes                | 3 | IP  | 8 |
| Los Ruices                  | 3 | IP  | 8 |

## Anexo 5

### [Definición de Variables]

A continuación se definen las variables de las ecuaciones utilizadas en este proyecto. Estas variables se definen en las especificaciones técnicas del nodo RNC.

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>SRBs</b>                | The number of stand-alone Signalling Radio Bearer (SRB) setups per subscriber per hour, mainly consisting of Location Area updates.   |
| <b>Calls</b>               | The number of call setups per subscriber per hour, covering all types of calls.   |
| <b>Switches</b>            | The number of channel switches during PS data calls, per subscriber per hour, covering all rate and type switches.  |
| <b>SoftHOs</b>             | The number of soft handover per subscriber per hour, including IRAT HOs, IFHOs, HS cell change, Iur HOs.  |
| <b>SofterHOs</b>           | The number of softer handover per subscriber per hour.  |
| <b>E<sub>voice</sub></b>   | The voice traffic in Erlang per subscriber and busy hour.   |
| <b>E<sub>CS Data</sub></b> | The CS Data traffic in Erlang per subscriber and busy hour.   |
| <b>E<sub>PS Data</sub></b> | The PS Data (R99) traffic in Erlang per subscriber and busy hour, excluding FACH state.   |
| <b>E<sub>HS Data</sub></b> | The HS Data traffic in Erlang per subscriber and busy hour, excluding FACH state.   |
| <b>E<sub>FACH</sub></b>    | The traffic in Erlang for a subscriber to reside in FACH state during busy hour.  |
| <b>E<sub>URA</sub></b>     | The traffic in Erlang for a subscriber to reside in URA state during busy hour.   |
| <b>UP<sub>voice</sub></b>  | The transmitted voice call user plane per subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead. |
| <b>UP<sub>CS</sub></b>     | The transmitted CS data user plane per subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead.    |
| <b>UP<sub>PS</sub></b>     | The transmitted PS (R99 type) user plane per subscriber, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload  |

without any additional protocol overhead nor retransmissions.

#### **UP<sub>HS</sub>**

The transmitted HS user plane, expressed in kbps and averaged out over the entire hour. The figure shall include the uplink (UL) and downlink (DL) payload without any additional protocol overhead nor retransmissions.

#### **Usuarios CS - Ecuación 4.1**

pmSumCs12RabEstablish: Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established speech 12.2 kbps RABs.

pmSamplesCs12RabEstablish: Number of samples recorded within the ROP for pmSumCs12RabEstablish

#### **Usuarios PS - ecuación 4.2**

pmSumPsInteractive: Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established Interactive PS RABs, excluding RABs on HS configurations or CELL\_FACH.

pmSamplesPsInteractive: Number of samples recorded within the ROP for pmSumPsInteractive.

pmSumPsHsAdchRabEstablish: Sum of all sample values recorded during a ROP for number of established A-DCH radio bearers.

pmSamplesPsHsAdchRabEstablish: Number of samples recorded within the ROP for pmSumPsHsAdchRabEstablish.

pmSumPsEulRabEstablish: Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established E-DCH radio bearers.

pmSamplesPsEulRabEstablish: Number of samples recorded within the ROP for pmSumPsEulRabEstablish.

#### **Usuarios URA - Ecuación 4.3**

pmSumRabUra: Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of PS Interactive RABs in URA\_PCH.

pmSamplesRabUra: Number of samples recorded within the ROP for pmSumRabUra.

#### **SRB por usuario - Ecuación 4.5**

pmTotNoRrcConnectReqSuccess: Total number of successful RRC Connection Requests.

pmTotNoRrcConnectReqCsSucc: Total number of successful Conversational Call (Originating & Terminating) and Emergency Call RRC Connection attempts

pmTotNoRrcConnectReqPsSucc: Total number of successful Interactive and Background (Originating & Terminating) RRC Connection attempts

#### **Llamadas por usuario - ecuación 4.6**

pmNoRabEstablishSuccessSpeech: Number of successful RAB establishments for CS Conversational speech RABs

pmNoRabEstablishSuccessCs57: Number of successful RAB establishments for the CS 57 RAB.

pmNoRabEstablishSuccessCs64: Number of successful RAB establishments for the CS 64 RAB.

pmNoRabEstablishSuccessPacketInteractive: Number of successful RAB establishments for the PS Interactive RAB.

pmNoRabEstablishSuccessPacketStream: Number of successful RAB establishments for the PS Streaming RAB mapped on a non-HS (DCH) RB configuration, with a rate up to and including (but not exceeding) 64 kbps in the downlink, and a rate up to and including (but not exceeding) 64 kbps in the uplink.

pmNoRabEstablishSuccessPacketStream128: Number of successful RAB establishments for the PS Streaming RAB mapped on a non-HS (DCH) RB configuration, with a rate of 128 kbps in the downlink, or a rate of 128 kbps in the uplink.

pmNoRabEstSuccessPsStreamHs: Number of successful RAB establishments for the PS Streaming RAB mapped on a RB containing HS-DSCH. Incremented in the serving HS-DSCH cell.



### **Switches por usuario - Ecuación 4.7**

pmUIUpswitchSuccessLow: Number of successful upswitches in the uplink to bit rates less than or equal to 64 kbps (not including upswitch to RACH/FACH from URA-PCH) that were caused by increased throughput in the uplink.

pmDIUpswitchSuccessLow: Number of successful upswitches in the downlink to bit rates less than or equal to 64 kbps (not including upswitch to RACH/FACH from URA-PCH) that were caused by increased throughput in the downlink.

pmUIUpswitchSuccessMedium: Number of successful upswitches in the uplink to bit rates higher than 64 kbps, but less than or equal to 256 kbps, that were caused by increased throughput in the uplink

pmDIUpswitchSuccessMedium: Number of successful upswitches in the downlink to bit rates higher than 64 kbps, but less than or equal to 256 kbps, that were caused by increased throughput in the downlink.

pmUIUpswitchSuccessHigh: Number of successful upswitches in the uplink to bit rates higher than 256 kbps (not including HS) that were caused by increased throughput in the uplink.

pmDIUpswitchSuccessHigh: Number of successful upswitches in the downlink to bit rates higher than 256 kbps (not including HS) that were caused by increased throughput in the downlink.

pmUIUpswitchSuccessEul: Number of successful upswitches in the uplink to RB combinations containing EUL that were caused by increased throughput in the uplink

pmDIUpswitchSuccessHs: Number of successful upswitches in the downlink to RB combinations containing HS that were caused by increased throughput in the downlink.

pmUpswitchFachHsSuccess: Number of successful upswitches from FACH to RB combinations containing HS that were caused by increased throughput (in downlink or uplink).

pmDownSwitchSuccess: Number of successful channel downswitches (both uplink and downlink). The counter includes switches between dedicated channels as well as channel switches from CELL\_DCH to CELL\_FACH and from E-DCH/HSDPA to RACH/FACH.

pmChSwitchSuccUraFach: Number of successful transitions from URA\_PCH to CELL\_FACH.

pmChSwitchSuccFachUra: Number of successful channel downswitches from CELL\_FACH to URA\_PCH.

#### **Soft Handover por usuario - Ecuación 4.8**

pmSoftHoSuccessNonIur: Number of successful non-Iur soft handovers.

pmNoHsCcSuccess: Number of successful Serving HS-DSCH Cell Changes for which this cell was the target cell.

pmNoEulCcSuccess: Number of successful Serving E-DCH/HS-DSCH Cell Changes for which this cell was the target cell. For Multi Carrier connections, this counter is incremented only if this cell is a serving HS-DSCH cell.

pmNoPsStreamHsCcSuccess: Number of successful Serving E-DCH/HS-DSCH Cell Changes for which this cell was the target cell, for PS Streaming Unknown RABs on HSPA.

pmSoftSofterHoSuccessIur: Number of successful soft and softer handovers over Iur.

pmNoSuccessOutIratHoCs57: Number of successful outgoing inter-RAT handovers to GSM for calls that included a CS streaming 57.6 kbps RAB.

pmNoSuccessOutIratHoMulti: Number of successful outgoing inter-RAT handovers to GSM for calls that included a 'multi-RAB'. 'multi-RAB' for GSM = Multi-RAB combination containing Speech (including AMR-NB, AMR-WB and AMR-NB Multi-rate RABs), and one or several of the following RABs: - PS Interactive mapped on DCH/DCH, DCH/HS or EUL/HS - PS Streaming mapped on DCH/DCH or DCH/HS

pmNoSuccessOutIratHoSpeech: Number of successful outgoing coverage-based inter-RAT handovers to GSM for calls that included CS Conversational speech RABs. Includes AMR-NB, AMR-WB and AMR-NB Multi-rate RABs.

pmNoSuccessOutIratHoStandalone: Number of successful outgoing inter-RAT handovers to GSM for Stand-alone SRB 13.6 connections.

pmNoTimesIfhoRIAddToActSet: Number of times that a radio link was added to the active set of a UE during inter-frequency handover

pmTotNoRrcConnectSuccessIratCellResel: Total number of successful RRC Connection Requests with establishment cause 'inter-RAT cell reselection'.

#### **Softer Handover por usuario - Ecuación 4.9**

pmSofterHoSuccessNonIur: Number of successful non-Iur softer handovers.

#### **Other Handover por usuario - Ecuación 4.10**

pmTotNoRrcConnectSuccessIratCellResel: Total number of successful RRC Connection Requests with establishment cause 'inter-RAT cell reselection'.

#### **Throughput Voice por usuario– ecuación 4.11**

pmUITrafficVolumeCs12: Payload traffic in the uplink for the CS Conversational/Speech 12.2 kbps RAB. Payload traffic volume includes user data, Medium Access Control (MAC) and Radio Link Control (RLC) header information and retransmissions, but not control frames. Not stepped for the AMR-NB Multi-rate RAB.

pmDITrafficVolumeCs12: Payload traffic in the downlink for the CS Conversational/Speech 12.2 kbps RAB. Payload traffic volume includes user data, Medium Access Control (MAC) and Radio Link Control (RLC) header information and retransmissions, but not control frames. Not stepped for the AMR-NB Multi-rate RAB.

#### **Throughput PSHS por usuario – ecuación 4.12**

pmNoRoutedIpBytesDI: Amount of routed user IP data in DL.

pmNoRoutedIpBytesUI: Amount of routed user IP data in UL

#### **Tráfico FACH – ecuación 4.13**

pmSumFachPsIntRabEstablish: Sum of all sample values recorded during a ROP for the number of established' PS RABs in state FACH. Incremented in the best cell in the active set. This counter is only stepped for traditional FACH, not for HS-FACH.

pmSamplesFachPsIntRabEstablish: Number of samples recorded within the ROP for pmSumFachPsIntRabEstablish

#### **Carga de Procesamiento Medida - Ecuación 4.15**

pmSumMeasuredLoad: Sum of all sample values recorded during the ROP for the measured processing unit load.

pmSamplesMeasuredLoad: Number of samples recorded within the ROP for  
pmSumMeasuredLoad.