

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA**



**RED MOVIL CELULAR PARA LA COBERTURA DE  
SERVICIOS DE VOZ Y DATOS EN EL DISTRITO DE ZAÑA**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico

Presentado por

**Bach. Angel Javier Ruiz Calderón  
Bach. Elvis Iván Carrasco Gonzales**

Asesor

**Ing. Hugo Chiclayo Padilla**

Lambayeque – Perú

2015

# RESUMEN

El presente proyecto de tesis tiene como finalidad en analizar la situación móvil celular actual en el distrito de Zaña para realizar el diseño de red hacia una tecnología más avanzada, que sería una Red Móvil con Tecnología 3G.

El primer capítulo nos muestra el *marco referencial*, nos ubica en la situación problemática, los objetivos a cumplir y la justificación e importancia que tiene este proyecto. El segundo capítulo comprende el *marco teórico*, donde mostramos la evolución hacia una nueva tecnología de red móvil (tercera generación UMTS) así como el uso de la tecnología WCDMA, arquitectura, topología y beneficios de la misma.

El tercer capítulo corresponde al *marco situacional*, apartado que nos permite centrarnos en el lugar donde hemos realizado la investigación, permitiéndonos determinar su población y actividad económica, y sobre todo, la situación de la Telefonía Móvil en Zaña.

El cuarto capítulo nos enmarca ya en la fase del *diseño de red*, donde se hace un análisis de la red móvil actual (2G) en Zaña, evaluando tanto la red de acceso como la red de transporte, permitiéndonos hacer nuestros cálculos en cuanto a capacidad, tráfico y alcance del nuevo Nodo\_B, esto basado en las teorías que nos permite desarrollar una nueva red móvil.

El quinto capítulo está enfocado en la parte de implementación (equipamiento e instalación) y *evaluación económica* del proyecto, donde mediante herramientas financieras vemos la factibilidad de la misma.

# **DEDICATORIA**

A nuestros padres,  
familia y amigos.

# **AGRADECIMIENTOS**

A Dios.

A nuestros profesores encargados durante  
esta investigación, por su apoyo en nuestro tema;

a nuestros compañeros de trabajo,  
por aportarnos sus experiencias; y a nuestros  
padres y amigos.

# INDICE

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPITULO 1.....</b>                                                   | <b>1</b>  |
| <b>Marco Referencial. ....</b>                                           | <b>1</b>  |
| 1.1 Introducción. ....                                                   | 1         |
| 1.2 Formulación del Problema Científico. ....                            | 2         |
| 1.3 Objetivos.....                                                       | 2         |
| 1.4 Justificación e Importancia. ....                                    | 2         |
| 1.5 Hipótesis .....                                                      | 3         |
| <b>CAPITULO 2.....</b>                                                   | <b>4</b>  |
| <b>Marco Teórico.....</b>                                                | <b>4</b>  |
| 2.1 Evolución de los sistemas de comunicaciones móviles antes de 3G..... | 4         |
| 2.1.1 Sistemas de Comunicaciones Móviles de Primera Generación (1G)..... | 4         |
| 2.1.2 Sistemas móviles de segunda generación (2G) .....                  | 4         |
| 2.1.3 Sistemas móviles de tercera generación (3G) .....                  | 7         |
| 2.2 Arquitectura del Sistema UMTS .....                                  | 9         |
| 2.2.1. Equipo de Usuario (User Equipment - UE) .....                     | 10        |
| 2.2.2. Red de Acceso de Radio (Radio Access Network - RAN) .....         | 10        |
| 2.2.3. Core Network (CN).....                                            | 11        |
| 2.3 Interfaces y Señalización en las Redes 3G .....                      | 12        |
| 2.3.1 Interfaz de Acceso Radio WCDMA o Uu .....                          | 12        |
| 2.3.2 Interfaz Iub .....                                                 | 12        |
| 2.3.3 Interfaz Iur .....                                                 | 12        |
| 2.3.4 Interfaz Iu.....                                                   | 12        |
| 2.4. WCDMA - Interfaz de Acceso Radio en UMTS.....                       | 12        |
| <b>CAPITULO 3.....</b>                                                   | <b>14</b> |

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| <b>Marco Situacional. ....</b>                   | <b>14</b> |
| 3.1 Ubicación. ....                              | 14        |
| 3.2 Población y Actividad Económica .....        | 15        |
| 3.3 Telefonía móvil en Zaña.....                 | 17        |
| <b>CAPITULO 4.....</b>                           | <b>24</b> |
| <b>Diseño de la Red. ....</b>                    | <b>24</b> |
| 4.1 Red 2G .....                                 | 25        |
| 4.1.1 Sectorización y Azimut.....                | 26        |
| 4.1.2 Espectro 2G.....                           | 28        |
| 4.2 Red 3G .....                                 | 30        |
| 4.2.1 Modelo de Propagación .....                | 30        |
| 4.2.1.1. Modelo de Okumura-Hata.....             | 30        |
| 4.2.1.2. UpLink 3G .....                         | 32        |
| 4.2.1.3. DownLink 3G.....                        | 34        |
| 4.2.1.4 Sectorización final 2G y 3G .....        | 38        |
| 4.2.2 Capacidad Nodo B. ....                     | 39        |
| 4.2.2.1 Tráfico .....                            | 40        |
| 4.2.3. Red de Transporte .....                   | 42        |
| <b>CAPITULO 5.....</b>                           | <b>46</b> |
| <b>Equipamiento y Evaluación Económica. ....</b> | <b>46</b> |
| 5.1 Equipamiento. ....                           | 46        |
| 5.2 Evaluación Económica. ....                   | 51        |
| 5.3 Conclusiones.....                            | 54        |
| 5.4 Recomendaciones.....                         | 54        |
| <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>                        | <b>55</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                              | <b>57</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 2 . 1 - ARQUITECTURA DE LA RED GSM.....                               | 4  |
| FIGURA 2 . 2 - ARQUITECTURA DE LA RED GSM/GPRS.....                          | 6  |
| FIGURA 2 . 3 - ARQUITECTURA DE LA RED GSM/GPRS + UMTS DE LA RELEASE 99. .... | 8  |
| FIGURA 2 . 4 - ARQUITECTURA UMTS .....                                       | 10 |
| FIGURA 2 . 5 - SPREADING CODE.....                                           | 13 |
| FIGURA 3 . 1 - DISTRITO DE ZAÑA. ....                                        | 14 |
| FIGURA 3 . 2 - CENTROS POBLADOS DE ZAÑA-ZONA RURAL .....                     | 17 |
| FIGURA 3 . 3 - SECTOR 1 .....                                                | 21 |
| FIGURA 3 . 4 - SECTOR 2 (DE FONDO, EL CERRO CORBACHO) .....                  | 21 |
| FIGURA 3 . 5 - SECTOR 3 .....                                                | 22 |
| FIGURA 3 . 6 - URA ZAÑA.....                                                 | 22 |
| FIGURA 3 . 7 - VISTA DE ZAÑA .....                                           | 23 |
| FIGURA 4 . 1 - SECTORIZACION 2G_ZAÑA .....                                   | 25 |
| FIGURA 4 . 2 - UBICACIÓN BTS_ZAÑA .....                                      | 27 |
| FIGURA 4 . 3 - ESPECTRO 2G_ZAÑA.....                                         | 28 |
| FIGURA 4 . 4 - ENLACE BTS - CERRO CORBACHO.....                              | 28 |
| FIGURA 4 . 5 - RECORRIDO BTS - CERRO CORBACHO Y ESPECTRO.....                | 29 |
| FIGURA 4 . 6 - RECORRIDO CERRO CORBACHO – LA OTRA BANDA Y ESPECTRO .....     | 29 |
| FIGURA 4 . 7 - ESPECTRO UPLINK_3G EN LOS 3 SECTORES .....                    | 33 |
| FIGURA 4 . 8 - ESPECTRO DOWNLINK_3G EN LOS 3 SECTORES .....                  | 35 |
| FIGURA 4 . 9 - NODO_B ZAÑA 3G – CENTROS POBLADOS – ZONA RURAL .....          | 36 |
| FIGURA 4 . 10 - RED 2G Y 3G .....                                            | 38 |
| FIGURA 4 . 11 - ENLACE UPLINK 3G.....                                        | 38 |
| FIGURA 4 . 12 - ENLACE DOWNLINK 3G .....                                     | 39 |
| FIGURA 4 . 13 - ENLACE EN RADIO MOBILE .....                                 | 45 |
| FIGURA 4 . 14 - VISTA EN GOOGLE EARTH. ....                                  | 45 |
| FIGURA 5 . 1 - RONDANA TORRE VENTADA EXISTENTE .....                         | 47 |
| FIGURA 5 . 2 - MU DUW 31 01 ERICSSON .....                                   | 47 |
| FIGURA 5 . 3 - RRU ERICSSON.....                                             | 48 |
| FIGURA 5 . 4 - ANTENA SECTORIAL .....                                        | 49 |
| FIGURA 5 . 5 - RBS 6601 ERICSSON .....                                       | 50 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA 3 . 1 - POBLACION DE ZAÑA. AREA URBANA Y RURAL .....             | 15 |
| TABLA 3 . 2 - POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA – DISTRITO DE ZAÑA ..... | 16 |
| TABLA 3 . 3 - CENTROS POBLADOS ZAÑA.....                               | 19 |
| TABLA 3 . 4 - TECNOLOGIA MOVIL Y SERVICIO OFRECIDOS. ....              | 20 |
| TABLA 4 . 1 - BANDA DE FRECUENCIAS .....                               | 24 |
| TABLA 4 . 2 - EBC ZAÑA .....                                           | 25 |
| TABLA 4 . 3 - SECTORIZACION 2G_ZAÑA.....                               | 27 |
| TABLA 4 . 4 - SECTORIZACION 3G_ZAÑA.....                               | 30 |
| TABLA 4 . 5 - DATOS UPLINK 3G .....                                    | 32 |
| TABLA 4 . 6 - DATOS DOWNLINK 3G.....                                   | 34 |
| TABLA 4 . 7 - CUADRO UPLINK ZAÑA 3G .....                              | 37 |
| TABLA 4 . 8 - CUADRO DOWNLINK ZAÑA 3G.....                             | 37 |
| TABLA 4 . 9 - SENSIBILIDAD NODO_B POR SERVICIO .....                   | 40 |
| TABLA 4 . 10 - CANALIZACIÓN BANDA 7425 MHZ – 7725 MHZ .....            | 43 |
| TABLA 5 . 1 - PRECIOS DE INVERSIÓN – SISTEMA RADIANTE. ....            | 51 |
| TABLA 5 . 2 - PRECIOS DE INVERSIÓN – SERVICIOS DE INGENIERÍA. ....     | 52 |
| TABLA 5 . 3 - INGRESOS POR AÑO.....                                    | 52 |
| TABLA 5 . 4 - FLUJO DE CAJA (EN NUEVOS SOLES). ....                    | 53 |
| TABLA 5 . 5 - VAN – TIR .....                                          | 53 |



## **CAPITULO 1**

### **Marco Referencial.**

#### **1.1 Introducción.**

La telefonía móvil celular es el servicio de mayor penetración en comunicaciones a nivel nacional (95%) siendo la de mayor alcance en zonas rurales. [15].

El desarrollo de las telecomunicaciones, y en especial de las comunicaciones móviles, con sus constantes avances tecnológicos en 3G y 4G, hacen posible que países en vías de desarrollo como el nuestro, tengan un gran crecimiento en nuestra economía, reflejándose así en las principales actividades que se ejercen en cada región.

El 29% de los hogares rurales, no tienen acceso a telefonía móvil; sin embargo, encontramos zonas en las cuales el acceso es básico como es 2G, surgiendo así la necesidad de dotar tecnología en 3G y las bases necesarias para tecnologías superiores. [2].

Zaña, es un distrito de la provincia de Chiclayo, es reconocida por poseer muchos recursos y atractivos que se resisten al paso del olvido, siendo así el Turismo una de las principales actividades desarrolladas, así como la Agricultura y Ganadería no tecnificada. [17].

Debido a su gran actividad turística, es que se pueden disfrutar tanto en las zonas urbanas como rurales, de diversos recursos y atractivos, como es el Convento de San Agustín ubicada en una zona urbana donde podemos gozar telefonía móvil 2G ; en contraste, tenemos por ejemplo el Bosque Seco de La Otra Banda, importante bosque seco tropical de la región que alberga un importante centro arqueológico, así como gran variedad de flora y fauna típica de la zona, ubicada en el centro poblado de La Otra Banda, la cual cuenta con tecnología 2G en sus variantes GSM, GPRS y EDGE.

La Laguna de Popan, así como el Complejo Arqueológico del Cerro Corbacho, entre otros lugares turísticos ubicados en zonas rurales, donde se tienen 22 centros poblados identificados solo con tecnología 2G, además del desarrollo de la población en cuanto a economía, acceso a la información y tecnología y emprendimiento, hacen posible pensar en

planificar una tecnología móvil superior (3G) convergente con la red actual en los servicios de voz y datos; esto aunado a las diversas obras que se vienen ejecutando como carreteras a los centros poblados y centros locales multiusos, permitirá beneficiar directamente a los 2500 pobladores de las zonas rurales del distrito de Zaña. [15].

### **1.2 Formulación del Problema Científico.**

¿En qué medida la planificación de una red móvil celular convergente a la red actual, se podrá dar cobertura a los servicios de voz y datos en el distrito de Zaña?

### **1.3 Objetivos.**

#### **a) Objetivo General.**

Planificar una Red Móvil Celular para la cobertura de Servicios de Voz y Datos en el distrito de Zaña.

#### **b) Objetivos Específicos.**

- Estudiar la situación actual de la Red Móvil Celular en el distrito de Zaña, sobre todo en las zonas rurales.
- Desarrollar una Red Convergente con estándar 3GGP en las zonas rurales del Distrito de Zaña.
- Realizar pruebas por medio de simulación del desempeño de la red.
- Proponer las indicaciones adecuadas para una futura implementación.

### **1.4 Justificación e Importancia.**

Brindar la incorporación de una nueva tecnología de comunicaciones móviles que vaya de la mano con el crecimiento de las actividades principales que se realizan en las zonas rurales de Zaña, sobre todo en turismo.

Esto permitirá integrar más y mejor a sus pobladores ofreciendo mejor calidad en el servicio de voz y datos, acceso a internet móvil, mejora en la cobertura y facilidad de acceso a la información.

En el caso de las operadoras móviles, la posibilidad de ofrecer distintos servicios y generar mayores ingresos, ahorrar en costos de instalación y de mejorar su actual infraestructura de red.

### **1.5 Hipótesis**

Si se planifica una Red Móvil Celular con estándar 3GPP convergente a la red móvil celular actual, basados en Tecnología 3G, Protocolos de Comunicación y Calidad de Servicio (QoS) se podrá dar cobertura de Servicios de Voz y Datos en el distrito de Zaña.

## CAPITULO 2

### Marco Teórico

#### 2.1 Evolución de los sistemas de comunicaciones móviles antes de 3G.

##### 2.1.1 Sistemas de Comunicaciones Móviles de Primera Generación (1G).

Los sistemas móviles de Primera Generación estuvieron basados en la división del área de cobertura en celdas y en la reutilización de frecuencias. Estos primeros sistemas celulares utilizan canales de tráfico analógicos, basados en FDMA y FDD. El mejor representante es la tecnología AMPS, que comenzó a funcionar en Estados Unidos en 1983. [4].

##### 2.1.2 Sistemas móviles de segunda generación (2G)

La característica más relevante de los sistemas de segunda generación con respecto a los de primera es que pasaron de ser analógicos a digitales, lo que implica una serie de ventajas como lo es una mayor calidad frente a interferencias y mejor utilización del espectro. Además, gracias a los avances en las tecnologías digitales se logró la miniaturización de los equipos terminales, así como la reducción del costo y del consumo de potencia de los mismos, permitiendo que las comunicaciones móviles pasaran de ser utilizadas por un grupo selectivo de personas con vehículos a extenderse a toda la población interesada en comunicarse en cualquier momento y desde cualquier lugar. Por otro lado, las técnicas de procesamiento digital de la información como la modulación digital, codificación de canal, codificación de fuente, sistemas entrelazados, cifrado de las comunicaciones, entre otras, permitieron mejoras en cuanto a calidad, velocidad de transmisión, capacidad del sistema y la posibilidad de agregación de nuevos servicios como el buzón de voz, identificador de llamadas y mensajes de texto.

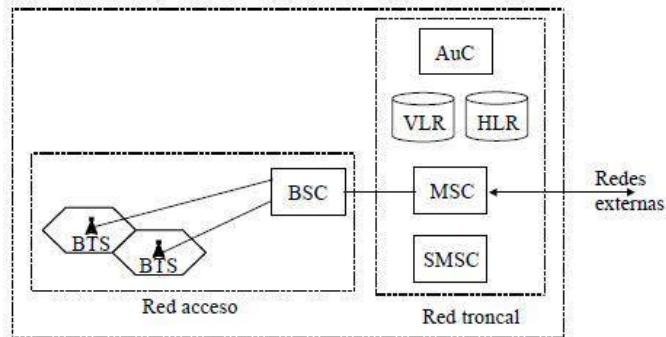


FIGURA 2 . 1 - ARQUITECTURA DE LA RED GSM.

FUENTE: SALLENT, O., VALENZUELA, J. L., & AGUSTÍ, R. (2003). PRINCIPIOS DE COMUNICACIONES MÓVILES.

El éxito del sistema GSM rápidamente se extendió por países de todo el mundo, y con la aparición de los teléfonos celulares tribanda, que operan en las frecuencias 900, 1800 y 1900 MHz, se hacía cada vez más fácil el empleo del *roaming* internacional permitiendo establecer comunicaciones en cualquiera de los cinco continentes. Cabe destacar que a pesar de que GSM es sin duda el sistema de segunda generación con mayor extensión en el mundo, existen también otros sistemas tales como IS-54, que posteriormente evolucionó a IS-136, e IS-95 desarrollados en Estados Unidos o el sistema PDC (Personal Digital Cellular), originalmente conocido como JDC (Japan Digital Cellular), desarrollado en Japón.

El sistema IS-54, también llamado D-AMPS (Digital AMPS), empezó a operar en Estados Unidos en 1990 en conjunto con el sistema actual AMPS triplicando la capacidad de éste y utilizando la banda de 850 MHz. El sistema IS-54 usaba canales de control analógicos y canales de voz digitales. Posteriormente este sistema evolucionó a uno completamente digital denominado IS-136 que fue introducido en 1994 y que además de la banda de 850 MHz podía operar también en la banda de 1900 MHz. Por otro lado, el sistema IS-95, también conocido como CDMAOne, fue introducido en 1993 en Estados Unidos y es utilizado también en varios países asiáticos, es el único sistema de segunda generación basado en CDMA (Code Division Multiple Access), tecnología de acceso que proviene de usos militares y que posteriormente es utilizada por los sistemas de tercera generación tales como UMTS. [20].

#### **2.1.2.1 Sistemas móviles 2.5G**

Los sistemas de segunda generación permitieron mejoras notables respecto a los de primera generación gracias a la digitalización, pero desde el punto de vista funcional seguían siendo utilizados principalmente para tráfico de voz. Las versiones originales de estos sistemas están orientadas a modo circuito, lo que permite soportar transmisiones de voz de manera muy eficiente pero solo algunos servicios de transmisión de datos a baja velocidad (9.6 – 14.4 kbps). Para alcanzar mayores velocidades en la transmisión de datos surgieron una serie de tecnologías conocidas como generación 2.5 por suponer la transición entre los sistemas de segunda y de tercera generación.

Algunas de las tecnologías 2.5G que surgieron como evolución del sistema GSM fueron HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data), GPRS (General Packet Radio Services) y EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution). El sistema IS-136 se convierte de igual manera en 2.5G con la introducción de GPRS y EDGE, y el sistema IS-95 es llamado 2.5G cuando implementa IS-95B o CDMA2000 1xRTT.

Por otro lado, el coste de implementación del sistema GPRS es bajo ya que al ser una extensión de GSM se utiliza todo el hardware existente añadiendo solo dos nuevos nodos SGSN (Serving GPRS Support Node) y GGSN (Gateway GPRS Support Node) para el tráfico de paquetes e incorporando una unidad PCU (Packet Control Unit) en las BSC (Base Station Controller), con la capacidad de que los canales sean asignados dinámicamente a GSM o GPRS dependiendo de los niveles de tráfico dando siempre prioridad a los servicios de voz. GPRS utiliza distintos esquemas de codificación dependiendo de la calidad del radio enlace, el tipo de terminal y el tráfico de datos de la celda (CS1: 9.05 kbps, CS2: 13.4 kbps, CS3: 15.6 kbps y CS4: 21.4 kbps) y permite utilizar varios time slots por conexión, con lo cual se lograría una velocidad máxima teórica de 171.2 kbps utilizando 8 time slots y el esquema CS4.

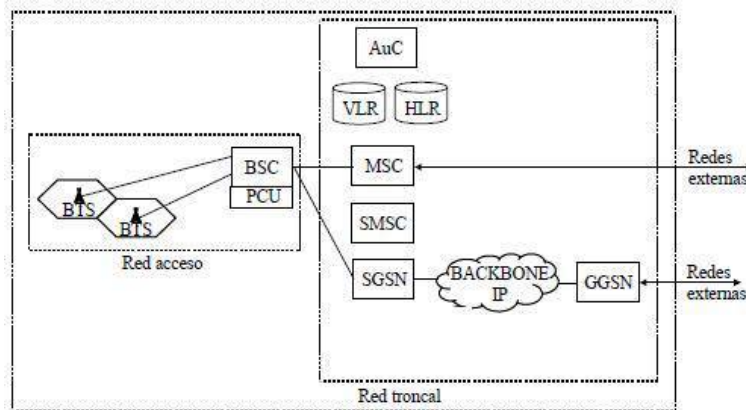


FIGURA 2 . 2 - ARQUITECTURA DE LA RED GSM/GPRS.

FUENTE: SALLENT, O., VALENZUELA, J. L., & AGUSTÍ, R. (2003). PRINCIPIOS DE COMUNICACIONES MÓVILES.

El sistema 2.5G que surge como mejora del sistema GSM/GPRS es EDGE. Así como la tecnología GPRS complementó a GSM con la adición de una codificación adaptativa, EDGE complementa a GPRS con la introducción de la modulación adaptativa. En este sentido, además de la modulación GMSK empleada en GSM y GPRS, EDGE introduce la modulación 8PSK que permite triplicar la tasa de transmisión de datos de GPRS a cambio de una menor área de

cobertura. La máxima velocidad de transmisión en EDGE es de 384 kbps utilizando 8 time slots y el más eficiente de los esquemas de modulación/codificación (MCS9).

Los cambios principales de este sistema se encuentran a nivel de capa física y MAC/RLC, con lo cual la arquitectura de la red GPRS no necesita ser modificada excepto en las BTS donde debe agregarse una nueva unidad transceptora. Adicionalmente se deben actualizar los software en las BSC para permitir la conmutación de GSM/GPRS a EDGE cuando sea necesario, y por último se requiere de nuevos terminales móviles con un software que permita codificar y decodificar los nuevos esquemas de modulación utilizados en EDGE.

En cuanto al sistema IS-95, que ofrecía velocidades de transmisión de datos de hasta 14.4 kbps, la tecnología 2.5G que lo complementa es el IS-95B empleando conmutación de paquetes que permite velocidades de 64 kbps utilizando múltiples canales de códigos ortogonales para un mismo usuario. Incluso las primeras versiones del sistema CDMA2000 propuesto por la 3GPP2 (Third Generation Partnership Project 2) son consideradas 2.5G, siendo éstas CDMA2000 1xRTT release 0, que permite velocidades pico de 144 kbps, y CDMA2000 1xRTT release A, que ofrece velocidades de 384 kbps. Cabe destacar que la evolución desde el estándar IS-95 a los sistemas CDMA2000 de tercera generación es mucho más simple que la equivalente de GSM/GPRS/EDGE a UMTS pues permite la reutilización de la mayor parte de la infraestructura de la red y prácticamente las mejoras son basadas en actualizaciones de software. [20].

### **2.1.3 Sistemas móviles de tercera generación (3G)**

Los sistemas de segunda generación marcaron un éxito en la historia de las comunicaciones móviles pero las crecientes demandas de tráfico de datos y las expectativas de nuevos servicios multimedia se hacían insuficientes para los sistemas 2G y 2.5G, con lo cual la ITU (International Telecommunication Union) empezó el desarrollo de un sistema de tercera generación universal con el nombre de IMT-2000 (International Mobile Telecommunications), que posteriormente pasó a ser más bien una familia de sistemas 3G en vista de no poder englobar los intereses de todos los países en un único sistema. En este sentido, la familia IMT-

2000 abarca el sistema europeo UMTS y el norteamericano CDMA2000 entre otros de menor importancia.

Los sistemas 3G se plantearon tasas objetivo de 144 kbps para entornos vehiculares de gran velocidad, 384 kbps para espacios abiertos y velocidades de hasta 2 Mbps para entornos interiores de baja movilidad. Con estas velocidades los usuarios pueden utilizar sus terminales móviles en una variedad de servicios desde llamadas telefónicas, acceso a redes LAN corporativas, acceso a Internet, envío de correo electrónico, transferencia de archivos e imágenes de calidad e incluso servicios de video conferencias y transmisión de audio y video en tiempo real .

La primera publicación del sistema UMTS estuvo disponible en 1999 conocida como *Release 99*. En ella se especifican dos modos de operación en cuanto al acceso radio: el modo FDD empleando la técnica de acceso W-CDMA (Wideband CDMA), donde el canal físico lo define un código y una frecuencia, y el modo TDD (Time Division Duplex) empleando la técnica de acceso TD-CDMA (Time Division-CDMA), donde el canal físico lo define un código, una frecuencia y un time slot. El uso de la tecnología CDMA implica un cambio en la arquitectura de red de acceso radio GSM/GPRS/EDGE permitiendo la posibilidad de emplear un reuso frecuencial de factor 1, siempre que se tengan controladas las interferencias intercelulares, para lograr de esta manera una gran eficiencia espectral.

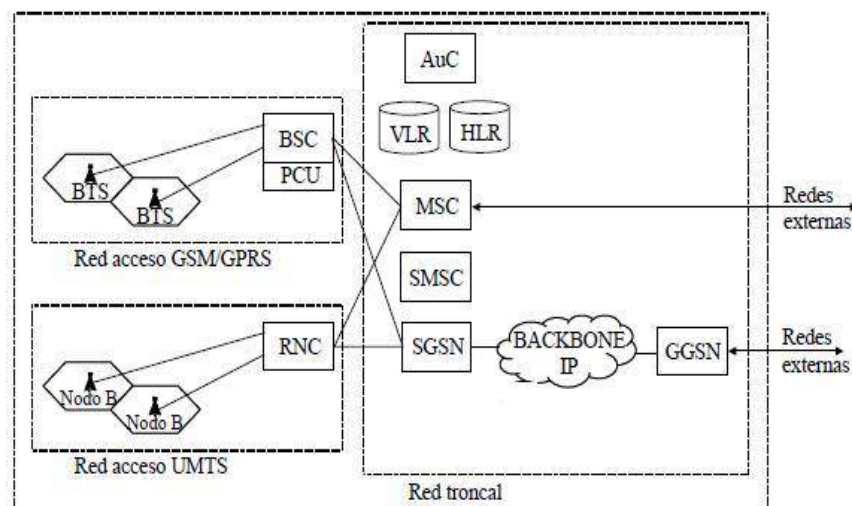


FIGURA 2 . 3 - ARQUITECTURA DE LA RED GSM/GPRS + UMTS DE LA RELEASE 99.

FUENTE: SALIENT, O., VALENZUELA, J. L., & AGUSTÍ, R. (2003). PRINCIPIOS DE COMUNICACIONES MÓVILES.



Las mejoras más importantes de las características del acceso radio UMTS se describen en la *Release 5* con la adición de HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) y en la *Release 6* con HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) que juntas se conocen como HSPA (High Speed Packet Access). HSPA mejora los servicios de paquetes de datos introduciendo mayores velocidades y menores retardos, manteniendo al mismo tiempo una buena cobertura y una gran capacidad en el sistema. Para lograr esto, HSPA introduce nuevos esquemas de modulación de mayor nivel, control de potencia rápido, fast scheduling y mecanismos de retransmisión híbrida HARQ con redundancia incremental. De esta manera se logran velocidades de hasta 14.4 Mbps en HSDPA y 5.7 Mbps en HSUPA.

El sistema de tercera generación CDMA2000 fue desarrollado por la 3GPP2 como evolución del sistema IS-95 siendo compatible con el mismo. En CDMA2000 se incorporaron básicamente las mismas tecnologías que en WCDMA/HSPA para lograr mejores tasas en la transmisión de datos y mejorar el rendimiento de la red. La evolución de CDMA2000 ocurrió en distintas fases, primero surgió CDMA2000 1xRTT y luego dos ramas paralelas se iniciaron EV-DO (Evolution-Data Only) y EV-DV (Evolution for integrated Data and Voice) otorgando velocidades de transmisión superiores a 2 Mbps. [3] [4] [20].

## **2.2 Arquitectura del Sistema UMTS**

Una red UMTS consiste principalmente de 3 partes: Equipo de Usuario (User Equipment - UE), Red de Acceso de Radio (Radio Access Network - RAN) y el Núcleo de la Red (Core Network - CN).

La Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS (UMTS Terrestrial Radio Access Network - UTRAN) comprende las RNC y los *NodosB*. La RNC se encarga del control de los *NodosB* así como la gestión de los recursos de radio (RRM) y parte de la gestión de movilidad (Mobility Management - MM).

Los enlaces entre los elementos de la red se denominan interfaces. La RNC se conecta con el Circuit Switched Core Network (CSCN) mediante la interfaz 'Iu-CS', la interfaz entre la RNC y Packet Switched Core Network (PSCN) se conoce como 'Iu-PS'. La interfaz entre la RNC y

el *NodoB* es 'Iub' y entre las RNCs en la misma red es 'Iur'. Los interfaces 'Iu' conducen el tráfico del usuario incluyendo voz y datos y también controlan la información. [22].

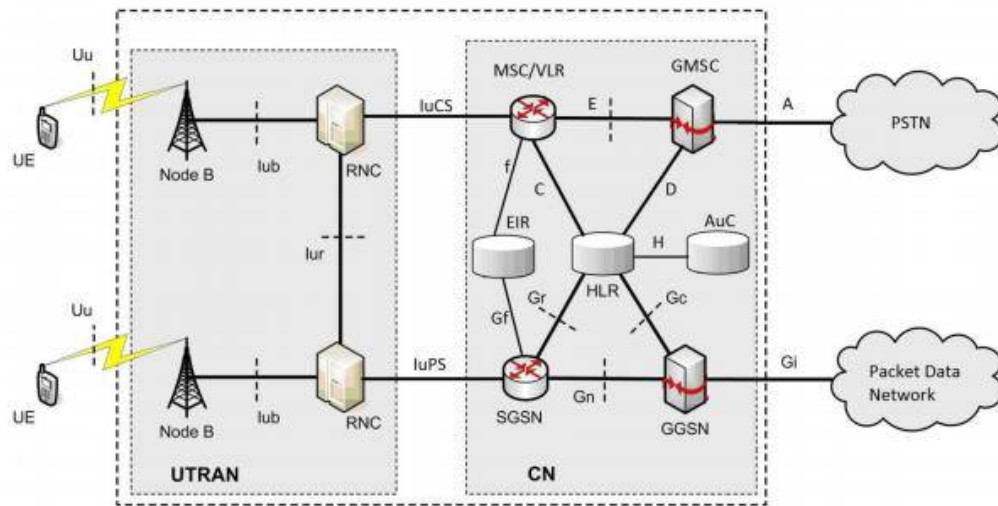


FIGURA 2 . 4 - ARQUITECTURA UMTS

FUENTE: VILLACRÉS CAICHO, DIEGO. (2012). PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE REDES MÓVILES CON HERRAMIENTAS DE SOFTWARE LIBRE.

### 2.2.1. Equipo de Usuario (User Equipment - UE)

Al terminal móvil (MT) también se lo conoce como equipo de usuario (UE), comprende el teléfono móvil y una tarjeta USIM (Universal Subscriber Identity Module). El UE de UMTS es capaz de operar de tres maneras: modo CS (circuit switched), PS (packet switched) y CS/PS. En el modo CS el UE está conectado solo al Núcleo de la Red (Core Network). En el modo PS, el UE está conectado solo al dominio PS, mientras que en el modo CS/PS el móvil es capaz de operar simultáneamente para ofrecer ambos servicios CS y PS.

Como en GSM, la USIM es un chip que contiene información específica del usuario y la clave de autenticación que identifica al suscriptor para acceder a la red. Hay una tendencia de usar la tarjeta SIM no solo para almacenar información individual sino también como ambiente de ejecución para algunos programas.

### 2.2.2. Red de Acceso de Radio (Radio Access Network - RAN)

Los componentes de la RAN son los *NodosB* y las RNC. Las funciones principales incluyen la administración de los recursos de red y la gestión de la comunicación.

#### **2.2.2.1. Estaciones Base 3G o *NodosB***

Las estaciones base en 3G son conocidas como *NodosB*. La estación base es una entidad muy importante por ser la interfaz entre la red WCDMA y la interfaz de acceso radio. Como en las redes de segunda generación, la transmisión y recepción de las señales desde la estación base se hace a través de antenas omnidireccionales o antenas direccionales. Las principales funciones del *NodoB* incluyen la codificación del canal, estimación del tráfico de la celda, modulación y demodulación, manejo de errores, participa en el control de potencia, mide la calidad y fuerza de la señal y manda esa información a la RNC.

#### **2.2.2.2. Controlador de la Red de Radio (Radio Network Controller - RNC)**

La RNC es similar a la BSC en las redes GSM/GPRS pero gestiona más interfaces. Actúa como la interfaz entre la estación base y el Core de la red, la RNC es la responsable del control de los recursos de radio; también a diferencia de GSM, la RNC junto con el *NodoB* es capaz de manipular los recursos de radio sin el involucramiento del Core Network o núcleo de red. La RNC se enlaza con el CSCN a través de Media Gateway (MGW) y con el PSCN a través del nodo SGSN. La RNC lleva a cabo las conexiones convencionales de voz así como la recolección de datos de tráfico, control de conexión de llamada, administración de los *NodosB*, conexión con los *NodosB* y el Core Network, control de handover, control de carga y funciones de seguridad.

#### **2.2.3. Core Network (CN)**

La función principal del Core Network es permitir la conmutación, ruteo y tránsito del tráfico de usuario, el CN también contiene las bases de datos de las funciones de administración de la red. El CN se divide en los dominios CS y PS. Los elementos del dominio CS (Circuit Switched) son el Mobile Services Switching Centre (MSC), Visitor Location Register (VLR) y el Gateway MSC (GMSC). Los elementos del dominio PS son el Serving GPRS Support Node (SGSN) y el Gateway GPRS Support Node (GGSN). El SGSN se conecta con el GGSN a través de la interfaz Gn y al RNC por medio de la interfaz Iu. El GGSN proporciona la interconexión de la red UMTS con otras redes de paquetes de datos (Packet Data Networks – PDNs) como el internet. Los elementos como el EIR, HLR, VLR y AUC se comparten en ambos dominios.

## **2.3 Interfaces y Señalización en las Redes 3G**

### **2.3.1 Interfaz de Acceso Radio WCDMA o Uu**

La interfaz Uu es la más importante en las redes 3G y se encuentra entre el equipo de usuario y la red UTRAN. Esta interfaz funciona bajo los principios WCDMA en donde a todos los usuarios se les asigna un código.

### **2.3.2 Interfaz Iub**

La interfaz Iub está ubicada entre la RNC y el *NodoB*, a través de esta interface el RNC controla el *NodoB*, por ejemplo, la RNC permite negociar los recursos de radio, añade y elimina las celdas controladas por un *NodoB*, o soportar las diferentes comunicaciones y control de enlaces.

### **2.3.3 Interfaz Iur**

La interfaz Iur conecta a las RNC de la UTRAN, permite conexiones punto a punto y soporta señalización y flujos de datos entre las RNC, además permite que una RNC se dirija a otra RNC dentro de la UTRAN para establecer portadoras de señalización y de datos.

### **2.3.4 Interfaz Iu**

La interfaz Iu se localiza entre la RNC y la MSC para el tráfico circuit-switched y entre la RNC y el SGSN para el tráfico packet-switched. Proporciona conexiones de voz y al mismo tiempo conexiones por paquetes de todos los tipos; juega un rol vital en los procedimientos de handover en la red UMTS

- IuPS (Packet Switched), corresponde a la interfaz hacia el dominio PS.
- IuCS (Circuit Switched), corresponde a la interfaz hacia el dominio CS.

## **2.4. WCDMA - Interfaz de Acceso Radio en UMTS**

WCDMA es el método de acceso múltiple para la interfaz de acceso radio en UMTS. Las tasas de bits son mucho más altas (hasta los 2 Mbps con el Release 99 y hasta 10 Mbps con HSDPA). La posibilidad de ofrecer a los usuarios tasas de bits y anchos de banda bajo demanda

es una característica muy atractiva en las redes UMTS; soporta también tráfico asimétrico. Se puede usar diversidad en transmisión para mejorar la capacidad de downlink. Solo se usa una frecuencia, por lo que la planificación de frecuencias no es una tarea tan tediosa como en las redes GSM.

WCDMA es un sistema DS-CDMA (Direct Sequence CDMA), esta tecnología habilita múltiples accesos que se basan en spread spectrum, esto significa que los bits de información del usuario se transmiten sobre un gran ancho de banda multiplicando la información del usuario con bits quasi aleatorios llamados chips derivados de los spreading codes CDMA, la tasa con la cual los datos se difunden se llama tasa chip. La relación de la tasa chip con la tasa de símbolos se llama Spreading Factor (SF). El UE de destino utiliza el mismo spreading code con el que se transmitió y usa la correlación para su detección. Cada usuario se identifica por un único spreading code asignado a él. La tasa de chip en UMTS FDD es 3.84 Megachips por segundo (Mcps) los cuales caben en el canal de 5MHz disponible en UMTS. [22]

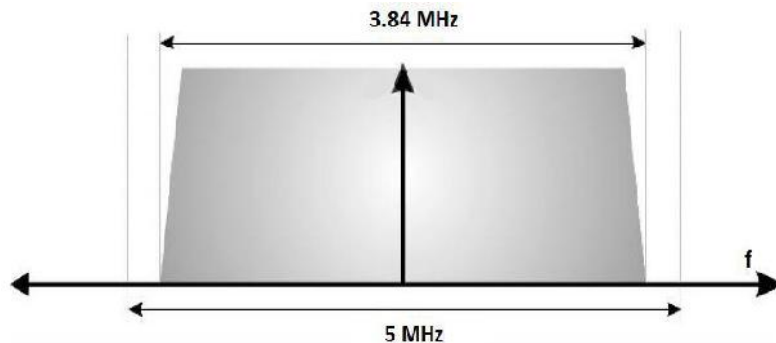


FIGURA 2 . 5 - SPREADING CODE

FUENTE: VILLACRÉS CAICHO, DIEGO. (2012). PLANIFICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE REDES MÓVILES CON HERRAMIENTAS DE SOFTWARE LIBRE.

## CAPITULO 3

### Marco Situacional.

#### 3.1 Ubicación.

Zaña, es un distrito que pertenece a la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Se encuentra ubicado al sur de Chiclayo y posee una extensión de 313,9 km<sup>2</sup>, teniendo en su territorio tanto zona urbana como zonas rurales.

Su centro se ubica en las coordenadas 6°55'26.56"S y 79°35'0.91"O, a 70 m.s.n.m. y dista 45km de la ciudad de Chiclayo, está a 4km de Cayaltí y a 50 km de Oyotún.

Limita por el Norte con los distritos de Monsefú, Chiclayo, Picsi, Ferreñafe y Chongoyape. Por el Sur con los distritos de Pacanga y Pueblo Nuevo (provincia de Pacasmayo (La Libertad)). Por el Este con los distritos de Oyotún y Nueva Arica y por el Oeste con el distrito de Reque. [17].

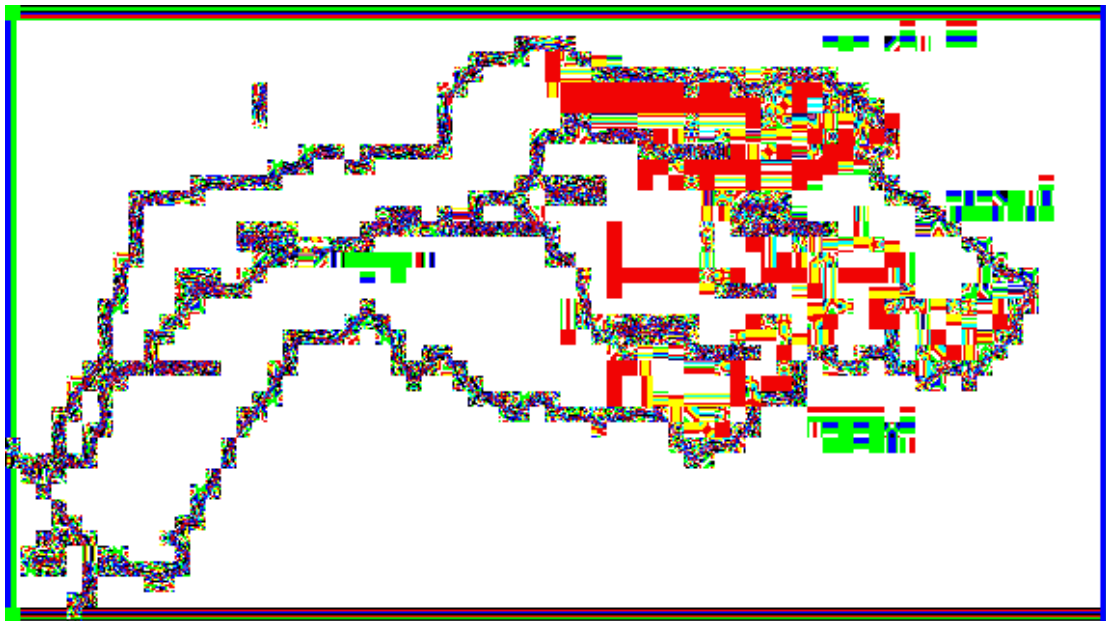


FIGURA 3 . 1 - DISTRITO DE ZAÑA.

FUENTE: MUNICIPALIDAD DE ZAÑA.

### 3.2 Población y Actividad Económica

Según el último Censo de Población y Vivienda de 2007, se tiene que el Distrito de Zaña posee una población de 12013 habitantes, que tiene al Turismo y la Agricultura como principales actividades y como eje de desarrollo. [14].

TABLA 3 . 1 - POBLACION DE ZAÑA. AREA URBANA Y RURAL

FUENTE: INEI

| DEPARTAMENTO, PROVINCIA,<br>DISTRITO Y EDADES SIMPLES | TOTAL        | POBLACIÓN   |             | TOTAL       | URBANA      |             | TOTAL       | RURAL       |             |
|-------------------------------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                       |              | HOMBRES     | MUJERES     |             | HOMBRES     | MUJERES     |             | HOMBRES     | MUJERES     |
| <b>Distrito SAÑA (000)</b>                            | <b>12013</b> | <b>5968</b> | <b>6045</b> | <b>9408</b> | <b>4611</b> | <b>4797</b> | <b>2605</b> | <b>1357</b> | <b>1248</b> |
| Menores de 1 año (001)                                | 207          | 112         | 95          | 159         | 89          | 70          | 48          | 23          | 25          |
| De 1 a 4 años (004)                                   | 893          | 457         | 436         | 678         | 347         | 331         | 215         | 110         | 105         |
| De 5 a 9 años (009)                                   | 1104         | 573         | 531         | 867         | 447         | 420         | 237         | 126         | 111         |
| De 10 a 14 años (015)                                 | 1310         | 666         | 644         | 1019        | 508         | 511         | 291         | 158         | 133         |
| De 15 a 19 años (021)                                 | 1139         | 581         | 558         | 859         | 428         | 431         | 280         | 153         | 127         |
| De 20 a 24 años (027)                                 | 846          | 397         | 449         | 614         | 294         | 320         | 232         | 103         | 129         |
| De 25 a 29 años (033)                                 | 822          | 395         | 427         | 632         | 294         | 338         | 190         | 101         | 89          |
| De 30 a 34 años (039)                                 | 750          | 346         | 404         | 589         | 261         | 328         | 161         | 85          | 76          |
| De 35 a 39 años (045)                                 | 820          | 390         | 430         | 635         | 293         | 342         | 185         | 97          | 88          |
| De 40 a 44 años (051)                                 | 801          | 366         | 435         | 642         | 281         | 361         | 159         | 85          | 74          |
| De 45 a 49 años (057)                                 | 758          | 357         | 401         | 609         | 289         | 320         | 149         | 68          | 81          |
| De 50 a 54 años (063)                                 | 557          | 290         | 267         | 462         | 236         | 226         | 95          | 54          | 41          |
| De 55 a 59 años (069)                                 | 458          | 229         | 229         | 380         | 190         | 190         | 78          | 39          | 39          |
| De 60 a 64 años (075)                                 | 396          | 182         | 214         | 317         | 143         | 174         | 79          | 39          | 40          |
| De 65 y más años (081)                                | 1152         | 627         | 525         | 946         | 511         | 435         | 206         | 116         | 90          |

En nuestras visitas al distrito de Zaña, efectivamente vemos que está segmentada en zona urbana y rural, e incluso pudiéndose considerar algunas zonas como suburbanas; sin embargo, es en las zonas rurales donde se ejerce el desarrollo de las actividades antes mencionadas, y con el aporte de la inversión privada, es que se toma en consideración el avance en estas zonas, teniéndose como referencia que importantes empresas transnacionales como Toyota vendrán a invertir a la zona para desarrollar sus negocios, tal es así que ya se han tenido conversaciones entre Toyota y Telefónica Móviles para la dotación de servicios 3G y de Internet de adecuada capacidad, a la par que Telefónica Móviles desarrolla proyectos de 3G en zonas rurales como parte de Proyectos Pilotos, tales como han sido en el año 2013 para el distrito de Mórrope como parte del **Piloto 3G Rural 2013**.

Es importante conocer qué cantidad de la población en Zaña es considerada, sobre todo, en el ámbito laboral, ya que de acuerdo a ello se podrá tener un aproximado de cuantas personas están en capacidad de acceder al servicio móvil.

TABLA 3 . 2 - POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA – DISTRITO DE ZAÑA

FUENTE: INEI

| DEPARTAMENTO, PROVINCIA, ÁREA URBANA Y RURAL, SEXO Y OCUPACION PRINCIPAL | TOTAL       | GRANDES GRUPOS DE EDAD |                    |                    |                    |                     |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                                                                          |             | 6 A<br>14<br>AÑOS      | 15 A<br>29<br>AÑOS | 30 A<br>44<br>AÑOS | 45 A<br>64<br>AÑOS | 65 Y<br>MÁS<br>AÑOS |
| <b>Distrito SAÑA (000)</b>                                               | <b>3694</b> | <b>47</b>              | <b>1043</b>        | <b>1349</b>        | <b>1077</b>        | <b>178</b>          |
| Miembros p.ejec.y leg.direct., adm.pub.y emp. (001)                      | 9           |                        |                    | 2                  | 7                  |                     |
| Profes., científicos e intelectuales (002)                               | 178         |                        | 42                 | 66                 | 69                 | 1                   |
| Técnicos de nivel medio y trab.asimilados (003)                          | 129         |                        | 41                 | 49                 | 38                 | 1                   |
| Jefes y empleados de oficina (004)                                       | 110         |                        | 40                 | 42                 | 27                 | 1                   |
| Trab.de serv.pers.y vend.del comerc.y mcdo. (005)                        | 423         | 13                     | 81                 | 160                | 143                | 26                  |
| Agricult.trabaj. calif. agrop. y pesqueros (006)                         | 230         |                        | 28                 | 71                 | 92                 | 39                  |
| Obreros y oper.minas, cant.,ind.manuf. y otros (007)                     | 310         | 1                      | 67                 | 139                | 89                 | 14                  |
| Obreros construc., conf., papel, fab., instr. (008)                      | 315         | 2                      | 110                | 116                | 76                 | 11                  |
| Trabaj. no calif.serv.,peon, vend,amb.,y afines (009)                    | 1607        | 29                     | 471                | 580                | 459                | 68                  |
| Otra (010)                                                               | 20          |                        | 2                  | 11                 | 7                  |                     |
| Ocupación no especificada (011)                                          | 185         | 1                      | 59                 | 65                 | 44                 | 16                  |
| Desocupado (012)                                                         | 178         | 1                      | 102                | 48                 | 26                 | 1                   |
| <b>URBANA (039)</b>                                                      | <b>2907</b> | <b>36</b>              | <b>761</b>         | <b>1071</b>        | <b>895</b>         | <b>144</b>          |
| <b>RURAL (078)</b>                                                       | <b>787</b>  | <b>11</b>              | <b>282</b>         | <b>278</b>         | <b>182</b>         | <b>34</b>           |

Como podemos observar, que en el rango de 15 años a 64 años se concentra la mayor población económicamente activa, haciendo un total de 3469 personas; lo cual consideraremos 3500 a la hora de proyectar el cálculo en capacidad de la red. Además, se puede observar, sobre todo en ese rango de edades, que la relación es de 1 a 3, que por cada trabajador de la zona rural, hay por lo menos 3 de la zona urbana.





Centros poblados como Saltur, La Punta, Cholocal, Huaca Rajada y Sipán se encuentran cerca de Pucalá, lo cual es más factible que sean alimentadas por una BTS ubicada en Pucalá (como lo veremos en nuestro cuadro otorgado por Osiptel), y que debido a estas características, no lo hemos considerado dentro de nuestro despliegue de Red 3G.

Aprovechando la BTS existente en Zaña, vemos que cubre gran parte de la zona media y sur, cubriendo gran parte de los centros poblados y zonas importantes para la agricultura y el turismo.

Los Centros Poblados que son cubiertos por la BTS de Zaña, y los que son cubiertos por la BTS de Pucalá, se muestran en la Tabla 3.3

Como se puede observar, los Centros Poblados de La Mariposa, Cholocal, Huaca Rajada, Sipán, La Punta y Nuevo Collique no son alimentadas en el servicio 2G desde la BTS ubicada en Zaña, sino que son alimentadas por la BTS ubicada en Pucalá, tal como lo habíamos señalado anteriormente, siendo así que sólo se trabajará sobre la BTS Zaña.

Otros de los datos obtenidos, fue el tipo de servicio que hay en cada Centro Poblado, y que, al hacer nuestro viaje, se verifica que tienen tecnología 2G en su modalidad GSM, EDGE y GPRS, de una calidad aceptable y algo deficiente en internet; todos estos datos son basados en la operadora Telefónica Móviles, como se ha dicho anteriormente.

En la Tabla 3.4, se muestra la tecnología móvil y servicios ofrecidos; donde un 1 indica una afirmación o un SI, y el 0 indica que no tienen dicho servicio o un NO. Conocer esto es importante, ya que esto nos permitirá hacer la Red al menos en su modalidad UMTS para 3G.

TABLA 3 . 3 - CENTROS POBLADOS ZAÑA.

FUENTE: OSIPTEL

| Centro Poblado                      | Distrito | Provincia | Región     | Estación Base a la que pertenece el CCPP (/6) |                  |              |              |
|-------------------------------------|----------|-----------|------------|-----------------------------------------------|------------------|--------------|--------------|
|                                     |          |           |            | Código ID                                     | Nombre de la BTS | LATITUD BTS  | LONGITUD BTS |
| LA MARIPOSA                         | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA350                                         | Pucalá           | -6.815555556 | -79.63702778 |
| CHOLOCAL                            | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA350                                         | Pucalá           | -6.815555556 | -79.63702778 |
| HUACA RAJADA                        | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA374                                         | PUCALA           | -6.78113     | -79.60838    |
| SIPAN                               | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA350                                         | Pucalá           | -6.815555556 | -79.63702778 |
| POPAN BAJO                          | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| NAYLAMP                             | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| CAMINOS DEL INCA                    | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| SALITRAL                            | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| SAN ANTONIO                         | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| SAN NICOLAS                         | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| PALOMINO                            | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| LA OTRA BANDA                       | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| EL POTRERO                          | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| BARRIO NUEVO                        | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| SAN RAFAEL                          | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| LAS ANIMAS                          | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| LA PUNTA                            | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA350                                         | Pucalá           | -6.815555556 | -79.63702778 |
| FLOR DE LA ESPERANZA (NUEVO MOCUPE) | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| MEDIO MUNDO                         | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| CORVACHO                            | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| SANTA MARIA                         | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA316                                         | SAÑA             | -6.92160222  | -79.5810033  |
| NUEVO COLLIQUE                      | SAÑA     | CHICLAYO  | LAMBAYEQUE | LA350                                         | Pucalá           | -6.815555556 | -79.63702778 |

TABLA 3 . 4 - TECNOLOGIA MOVIL Y SERVICIO OFRECIDOS.

FUENTE: OSIPTEL

| Centro Poblado                      | TECNOLOGÍA (/4) |      |      |      |      |       |       |       |      |     |      | SERVICIOS (/5) |     |             |          |                   |                |                 |
|-------------------------------------|-----------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-----|------|----------------|-----|-------------|----------|-------------------|----------------|-----------------|
|                                     |                 |      |      |      |      |       |       |       |      |     |      | TELEF. MÓVIL   |     | TELEF. FIJA |          | ACCESO A INTERNET |                |                 |
|                                     | GSM             | GPRS | EDGE | UMTS | HPSA | HSUPA | HSPA+ | WiMAX | IDEN | LTE | CDMA | VOZ            | SMS | MMS         | ABONADOS | TUP               | HASTA 1.0 Mbps | MAS DE 1.0 Mbps |
| LA MARIPOSA                         | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| CHOLOCAL                            | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| HUACA RAJADA                        | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| SIPAN                               | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| POPAN BAJO                          | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| NAYLAMP                             | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| CAMINOS DEL INCA                    | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| SALITRAL                            | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| SAN ANTONIO                         | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| SAN NICOLAS                         | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| PALOMINO                            | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| LA OTRA BANDA                       | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| EL POTRERO                          | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| BARRIO NUEVO                        | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| SAN RAFAEL                          | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| LAS ANIMAS                          | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| LA PUNTA                            | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| FLOR DE LA ESPERANZA (NUEVO MOCUPE) | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| MEDIO MUNDO                         | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| CORVACHO                            | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| SANTA MARIA                         | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |
| NUEVO COLLIQUE                      | 1               | 1    | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0   | 0    | 1              | 1   | 1           | 0        | 0                 | 0              | NA              |

A continuación, presentamos un recorrido de la zona, así como los sectores cubiertos por la BTS de Zaña y las áreas a cubrir en nuestra red 3G.



FIGURA 3 . 3 - SECTOR 1

FUENTE: ELABORACION PROPIA



FIGURA 3 . 4 - SECTOR 2 (DE FONDO, EL CERRO CORBACHO)

FUENTE: ELABORACION PROPIA



FIGURA 3 . 5 - SECTOR 3

FUENTE: ELABORACION PROPIA

La BTS Zaña se ubica sobre un cerro de aproximadamente 25 metros sobre el suelo, donde se tiene una torra ventada de 50 metros.

A continuación se muestra la torre con los enlaces microondas que nos servirá para la red de transporte.



FIGURA 3 . 6 - URA ZAÑA

FUENTE: ELABORACION PROPIA



Terminando esta sección, una vista de Zaña tomada desde Cayaltí, donde se puede apreciar la BTS Zaña y su geografía característica.



FIGURA 3 . 7 - VISTA DE ZAÑA

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## CAPITULO 4.

### Diseño de la Red.

En este apartado se pasará a definir el diseño de nuestra red a proponer, como es; su ubicación, su cobertura de radiación y su capacidad en red.

Actualmente, en la zona a desarrollar nuestro proyecto, se tiene un servicio de 2G en el distrito de Zaña, que trabaja en la banda de 850Mhz, y que nos es propicio para poder trabajar sobre este espectro.

La banda de 850 MHz viene siendo utilizada por las empresas Telefónica Móviles S.A y América Móvil Perú S.A.C. Aprovechando el desarrollo de 2G en esta banda, es que elegimos este espectro, ya que tiene estas características, tales como:

- Se puede tener mayores áreas de cobertura por cada celda, esto debido a su baja frecuencia de trabajo.
- Permite la reducción de costos ya que se usaría la misma infraestructura (infraestructura de la Red 2G existente).
- Presenta menor atenuación que las bandas más altas.
- Tanto América Móvil Perú S.A.C. (Claro) y Telefónica Móviles (Movistar) poseen tecnologías 2G en esta banda de frecuencias, por lo que no se requiere del licenciamiento de una nueva banda para su funcionamiento.

TABLA 4 . 1 - BANDA DE FRECUENCIAS

FUENTE: MTC

| BANDA | RANGO DE FRECUENCIAS |                 | EMPRESA                 |
|-------|----------------------|-----------------|-------------------------|
|       | IDA                  | RETORNO         |                         |
| A     | 824 - 835 Mhz        | 869 - 880 Mhz   | Telefónica Móviles S.A. |
|       | 845 - 846.5 Mhz      | 890 - 891.5 Mhz |                         |
| B     | 835 - 845 Mhz        | 880 - 890 Mhz   | América Móvil S.A.C.    |
|       | 846.5 - 849 Mhz      | 891.5 - 894 Mhz |                         |

La banda de 850MHz está repartida entre las empresas Claro y Movistar, con un ancho de banda de 12.5Mhz para el UpLink y 12.5Mhz para el DownLink. [3][4][16].



#### 4.1 Red 2G

En el distrito de Zaña se tiene desplegada una Red 2G, con las siguientes tecnologías GSM, GPRS y EDGE.

Se procederá a estudiar esta Red actual para tenerla como base al momento de realizar nuestro diseño para la Red 3G, esto nos ayudará en definir las zonas a cubrir, la ubicación de las antenas en la infraestructura existente (azimut de las antenas) así como las coberturas y su capacidad en red.

TABLA 4 . 2 - EBC ZAÑA

FUENTE: OSIPTEL

| BTS  | LATITUD      | LONGITUD      |
|------|--------------|---------------|
| ZAÑA | 6°55'17.77"S | 79°34'51.61"O |

A continuación se muestra el despliegue (sectorización) que se tiene, apoyado en el Software Google Earth y según diseño de la empresa Ericsson.



FIGURA 4 . 1 - SECTORIZACION 2G\_ZAÑA

FUENTE: ERICSSON DEL PERU.

#### 4.1.1 Sectorización y Azimut

Dentro del despliegue de red que se tiene tanto en 2G como para el 3G a desarrollar, se debe tener en cuenta estos conceptos que nos ayudarán a comprender las áreas de cobertura existente y a definir las áreas de cobertura en la red a 3G a proponer.

La sectorización celular aumenta la capacidad de la red al permitir la reutilización de recursos limitados como la frecuencia en GSM, y reducir el tamaño del área de servicio y de captación de interferencias en UMTS. Cuando se planifica el despliegue de red, generalmente, los sites o estaciones celulares, se dividen en 3 sectores, salvo quizás alguna excepción muy concreta. Esto permite un diseño en base a un mallado homogéneo de la red, así como una mejor optimización de sus características.

Por otro lado, en carreteras es habitual ver sites de todo tipo: omnidireccionales cuando se espera un número muy pequeño de usuarios, bisectoriales siguiendo la dirección de la carretera, e incluso trisectoriales en el caso de que haya cerca un pueblo o un pequeño núcleo residencial que justifique la adición de un tercer sector.

En el diseño de red, los sectores suelen estar separados  $120^\circ$ , aunque durante el despliegue se suele permitir una cierta desviación sobre este valor en función de cada caso en concreto. En el resto de zonas, lo normal es que los sectores apunten a objetivos de cobertura bien definidos por lo que son estos objetivos los que definen los azimuts y la separación entre sectores. Aun así, se debe respetar una separación mínima entre los anchos de haz horizontal a  $-3$  dB, por ejemplo  $10^\circ$ , y si esto no fuera posible, habría que pensar en el uso de antenas con anchos de haz más adecuados dentro de un límite planificado. [8].

La sectorización existente nos permitirá poder definir nuestros sectores para la Red 3G a proponer. Como se puede apreciar, hay un gran espacio entre el sector 2 (color verde) y el sector 3 (color turquesa), esto debido a la geografía un tanto accidentada de la zona, ya que por ahí se sitúa el Cerro Corbacho, lugar turístico de la zona y con buena afluencia de turistas tanto nacionales como extranjeros. Este despliegue existente, cumple con dar cobertura tanto en la zona de pequeña ciudad (cercanías) como en las zonas rurales.

El sector 1 (color amarillo) cumple con dar cobertura a la zona NorOeste de la ciudad, que tiene más parte urbana que rural. El sector 2 (color verde) apunta a cubrir la zona NorEste, que tiene gran parte de zona rural y la carretera hacia Cayaltí, que incluso puede llegar a cubrir algunas zonas de Cayaltí afectadas por este sector. El sector 3 (color turquesa) apunta a la zona SurOeste, cubriendo zona urbana y rural.



FIGURA 4 . 2 - UBICACIÓN BTS\_ZAÑA

FUENTE: ELABORACION PROPIA

TABLA 4 . 3 - SECTORIZACION 2G\_ZAÑA

FUENTE ERICCSN DEL PERU.

| BTS SAÑA | AZIMUT |
|----------|--------|
| SECTOR 1 | 330°   |
| SECTOR 2 | 40°    |
| SECTOR 3 | 230°   |

Para hacer el análisis de la Red 2G existente, nos hemos apoyado en el Software Libre Radio Mobile, ya que la practicidad de la zona (sin muchas alturas y campo abierto, es decir, zona rural) nos permite simular de manera adecuada y aproximada.

Cabe resaltar que para zonas más urbanas y densas, Radio Mobile podría ofrecer ciertos errores, para lo cual se recomienda usar un Software especializado como Atoll.

#### 4.1.2 Espectro 2G

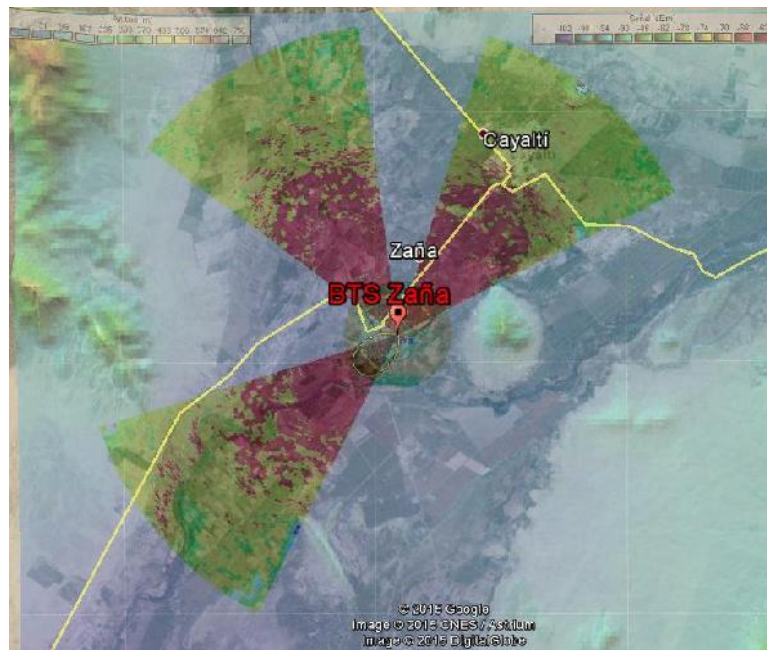


FIGURA 4 . 3 - ESPECTRO 2G\_ZAÑA

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Tomando como referencia un punto de la zona a donde hemos llegado, tomamos a la zona rural de *Cerro Corbacho* para el análisis de nuestro enlace, simulando que en esta zona se encontrará nuestro móvil con respecto a la BTS antes señalada.

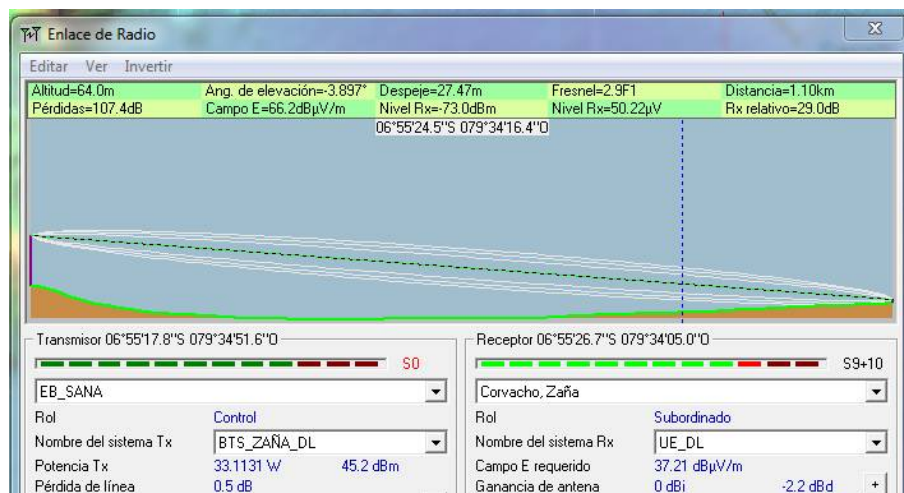


FIGURA 4 . 4 - ENLACE BTS - CERRO CORBACHO

FUENTE: ELABORACION PROPIA



Así mismo, mostramos el recorrido que hemos seguido desde la BTS hasta llegar al punto donde hicimos la prueba, donde podemos corroborar el espectro y el nivel de recepción que se pudo alcanzar; además de un recorrido extra a la zona de La Otra Banda.

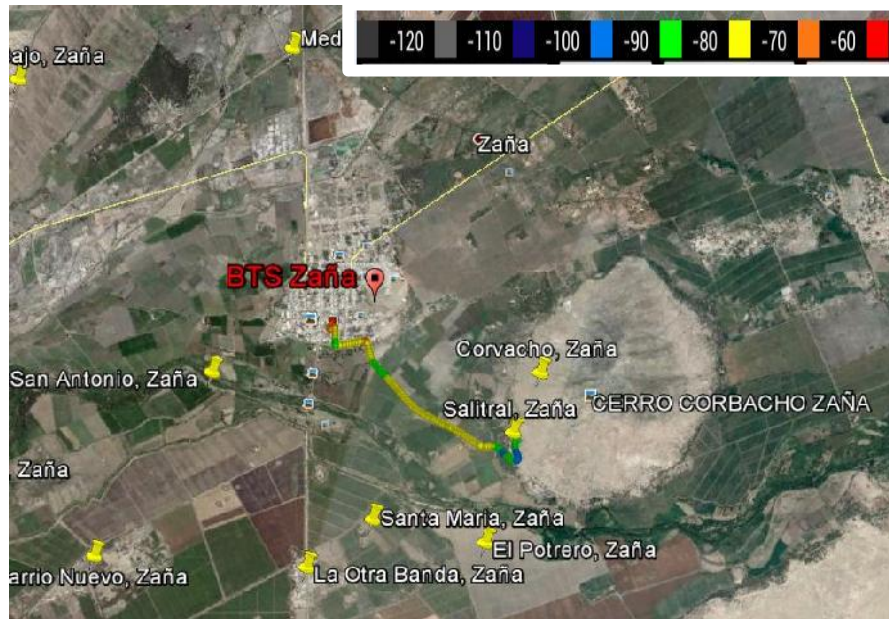


FIGURA 4 . 5 - RECORRIDO BTS - CERRO CORBACHO Y ESPECTRO

FUENTE: ELABORACION PROPIA

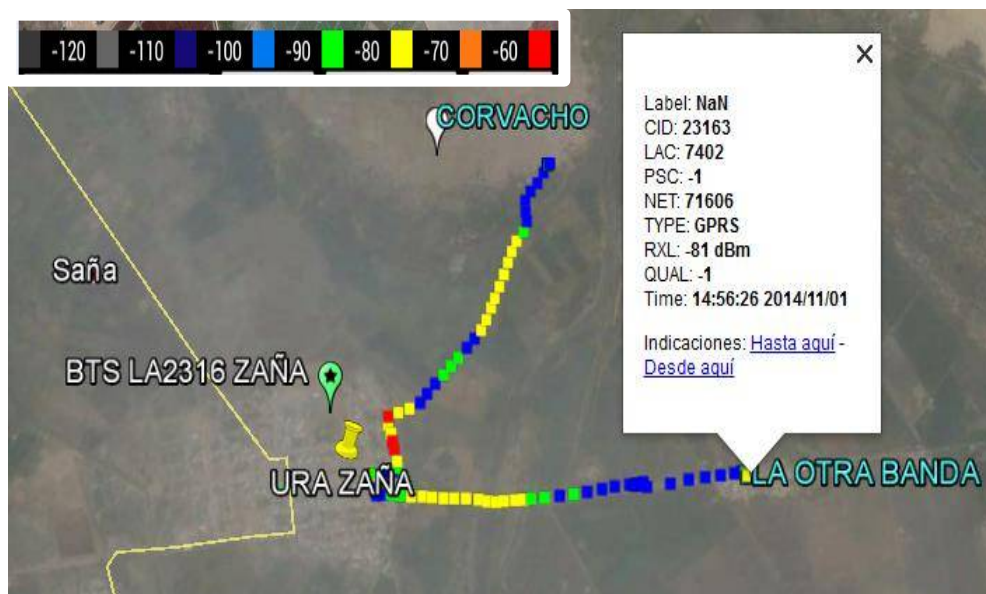


FIGURA 4 . 6 - RECORRIDO CERRO CORBACHO – LA OTRA BANDA Y ESPECTRO

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## 4.2 Red 3G

Una vez visto el despliegue 2G, procederemos a definir nuestros azimut.

TABLA 4 . 4 - SECTORIZACION 3G\_ZAÑA

FUENTE: ELABORACION PROPIA

| NODO_B ZAÑA | AZIMUT |
|-------------|--------|
| SECTOR 1    | 10°    |
| SECTOR 2    | 190°   |
| SECTOR 3    | 285°   |

Esta distribución de antenas para 3G pretende cubrir en cobertura y capacidad la región de Zaña (sobre todo, las zonas que son afectadas por la BTS como ya se ha explicado en el capítulo anterior), en sus zonas urbanas y rurales, complementando la sectorización anterior.

### 4.2.1 Modelo de Propagación

El uso de modelos de propagación es un requerimiento básico en el proceso de diseño de Redes Móviles. Estos modelos son usados principalmente para determinar la atenuación de la onda (señal) que pasa por diversos obstáculos (edificios, cerros, etc) desde la antena transmisora (en el Nodo\_B) hasta la antena receptora (equipo celular). [3][4][20].

Existen diversos modelos para distintos escenarios y a determinadas frecuencias, cada uno con sus ventajas y desventajas, siendo los modelos más utilizados el modelo de *Okumura-Hata* y *Cost 231*.

Teniendo en cuenta que la zona a desplegar la red es una zona rural, para una ciudad mediana o pequeña, de campo abierto y a una frecuencia de trabajo de 850MHz, escogemos el modelo de *Okumura-Hata*.

#### 4.2.1.1. Modelo de Okumura-Hata

Se trata de un modelo empírico basado en curvas normalizadas de propagación obtenida por Okumura en una amplia campaña de medidas en Japón. Los parámetros de normalización de las curvas obtenidas en medios urbanos son: la altura efectiva de la antena

transmisora, las bandas de frecuencias (150Mhz a 1500Mhz), PRA (Potencia Radiada Aparente) de 1KW y altura de la antena receptora de 1.5 metros.

El método aplica correcciones sobre los valores de campo leídos en las curvas de la misma forma que en el método de la recomendación UIT-R P.370. Posteriormente, Hata desarrolló expresiones numéricas para aproximar las curvas normalizadas de Okumura. De esta forma, la fórmula fundamental para el medio urbano es [3][4][21]:

$$L_{urbano} = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log(h_{TX}) - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_{TX}) \log(d)$$

Dónde:

- $f$  es la frecuencia de operación en MHz, dentro del rango de 150MHz a 1500MHz.
- $h_{TX}$  es la altura efectiva de la antena transmisora, en metros, dentro del rango de 30 a 200 metros. La altura efectiva es la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel medio del terreno.
- $h_m$  es la altura efectiva de la antena receptora, en metros, en el rango de 1metro a 10 metros.
- $d$  es la distancia, en kilómetros, entre el transmisor y receptor, entre 1 kilómetro a 20 kilómetros.
- $a(h_m)$  se define como (considerando para media y pequeña ciudad):

$$a(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)(h_m) - (1.56 \log(f) - 0.8)$$

Las pérdidas en zonas no urbanas pueden obtenerse a partir de la fórmula fundamental, de la cual se obtiene la fórmula para *Zonas Rurales*:

$$L_{rural} = L_{urbano} - 4.78(\log(f))^2 + 18.33 \log(f) - 40.94$$

Este modelo proporciona el valor medio de la pérdida básica de propagación, para cualquier punto de la ciudad, sin tener en cuenta los efectos del entorno del receptor, la influencia de la ondulación del terreno ni los efectos derivados del grado de urbanización.

#### 4.2.1.2. UpLink 3G

Para el cálculo de cobertura en el UpLink para nuestra Red 3G, usaremos el Modelo Okumura-Hata, tomando como referencia datos del siguiente cuadro.

TABLA 4 . 5 - DATOS UPLINK 3G

FUENTE: PUCP

| Frecuencia Media: 850 Mhz   |             |  |                         |            |
|-----------------------------|-------------|--|-------------------------|------------|
| Transmisor (User Equipment) |             |  | Receptor (Nodo_B)       |            |
| Potencia                    | 27.7815 dBm |  | Sensibilidad            | -126.2 dBm |
| Ganancia de antena          | 0 dBi       |  | Ganancia de antena      | 17 dBi     |
| Atenuacion del cuerpo       | 3 dB        |  | Pérdida del cable (10m) | 1.5 dB     |
| PIRE                        | 24.7815 dBm |  | Pérdida de conectores   | 0 dB       |

Tomamos la fórmula de Okumura-Hata para zonas rurales.

$$L_{rural} = L_{urbano} - 4.78(\log(f))^2 + 18.33 \log(f) - 40.94$$

Procederemos a calcular  $L_{urbano}$ :

$$L_{urbano} = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log(h_{TX}) - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_{TX}) \log(d)$$

Dónde:

$$f = 850 \text{ MHz}$$

$$h_{TX} = 75 \text{ m}$$

$$h_m = 1.5 \text{ m}$$

$$d = 3 \text{ Km}$$

$$a(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)(h_m) - (1.56 \log(f) - 0.8), \text{ reemplazando datos:}$$

$$a(h_m) = 0.0136$$

$$L_{urbano} = 135.8195 \text{ dB}$$

$$L_{rural} = 107.5562 \text{ dB}$$

Se calculará la potencia de recepción a una cobertura de 3km

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{rural} - L_{cuerpo} - L_{cables}$$

$$P_{RX} = 27.7815 + 0 + 17 - 107.5562 - 3 - 7.5$$

$$P_{RX} = -73.2747 \text{ dBm}$$



Siendo la sensibilidad del equipo receptor de -126.2 dBm, vemos que a una distancia 3km podemos establecer nuestro enlace uplink sin ninguna dificultad, puesto que está llegando una mayor potencia a la mínima aceptada por el equipo.

Ahora tomaremos para una distancia considerable de 5Km y veamos como es el comportamiento en cuanto a la potencia de recepción.

$$L_{rural} = 114.7925 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -80.5110 \text{ dBm}$$

De igual forma que en el caso anterior, llegamos a estar dentro del límite establecido.

Se han tomado distancias promedios para efectuar los cálculos en cobertura, dichas distancias están dentro de los centros poblados que hemos mostrado en el capítulo anterior y de los cuales haremos un cuadro mostrando el nivel de recepción en cada centro poblado que sería alimentado desde el Nodo\_B a implementar.



FIGURA 4 . 7 - ESPECTRO UPLINK\_3G EN LOS 3 SECTORES

FUENTE: ELABORACION PROPIA

#### 4.2.1.3. DownLink 3G

Para el cálculo de cobertura en el DownLink para nuestra Red 3G, usaremos el Modelo Okumura-Hata, tomando como referencia datos del siguiente cuadro.

TABLA 4 . 6 - DATOS DOWNLINK 3G

FUENTE: PUCP

| Frecuencia Media: 850 Mhz |             |  |                           |          |
|---------------------------|-------------|--|---------------------------|----------|
| Transmisor (Nodo_B)       |             |  | Receptor (User Equipment) |          |
| Potencia                  | 46.0206 dBm |  | Sensibilidad              | -102 dBm |
| Ganancia de antena        | 17 dBi      |  | Ganancia de antena        | 0 dBi    |
| Atenuacion del cable      | 1.5 dB      |  | Pérdida del cable         | 0 dB     |
| PIRE                      | 55.5206 dBm |  | Atenuación del cuerpo     | 3 dB     |

Tomamos la fórmula de Okumura-Hata para zonas rurales.

$$L_{rural} = L_{urbano} - 4.78(\log(f))^2 + 18.33 \log(f) - 40.94$$

Procederemos a calcular  $L_{urbano}$ :

$$L_{urbano} = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log(h_{TX}) - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_{TX}) \log(d)$$

Dónde:

$$f = 850 \text{ MHz}$$

$$h_{TX} = 75 \text{ m}$$

$$h_m = 1.5 \text{ m}$$

$$d = 3 \text{ Km}$$

$$a(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)(h_m) - (1.56 \log(f) - 0.8) , \text{ reemplazando datos:}$$

$$a(h_m) = 0.0136$$

$$L_{urbano} = 135.8195 \text{ dB}$$

$$L_{rural} = 107.5562 \text{ dB}$$

Se calculará la potencia de recepción a una cobertura de 3km

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{rural} - L_{cuerpo} - L_{cables}$$

$$P_{RX} = 46.0206 + 17 + 0 - 107.5562 - 3 - 7.5$$

$$P_{RX} = -55.0356 \text{ dBm}$$

Siendo la sensibilidad del equipo receptor de -102 dBm, vemos que a una distancia 3km podemos establecer nuestro enlace downlink sin ninguna dificultad, puesto que está llegando una mayor potencia a la mínima aceptada por el equipo móvil.

Ahora tomaremos para una distancia considerable de 5Km y veamos como es el comportamiento en cuanto a la potencia de recepción en el celular

$$L_{rural} = 114.7925 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -62.2719 \text{ dBm}$$

De igual forma que en el caso anterior, llegamos a estar dentro del límite establecido.

Se han tomado distancias promedio para efectuar los cálculos en cobertura, dichas distancias están dentro de los centros poblados que hemos mostrado en el capítulo anterior y de los cuales haremos un cuadro mostrando el nivel de recepción en cada centro poblado.



FIGURA 4 . 8 - ESPECTRO DOWNLINK\_3G EN LOS 3 SECTORES

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Luego de haber elaborado nuestro Link Budget, presentamos dos cuadros resumen con las potencias de recepción tanto en el UpLink como DownLink para todas las localidades antes señaladas, indicando el sector correspondiente en cobertura y la distancia para cada centro poblado que se van a enlazar desde el Nodo\_B Zaña para nuestra red 3G.

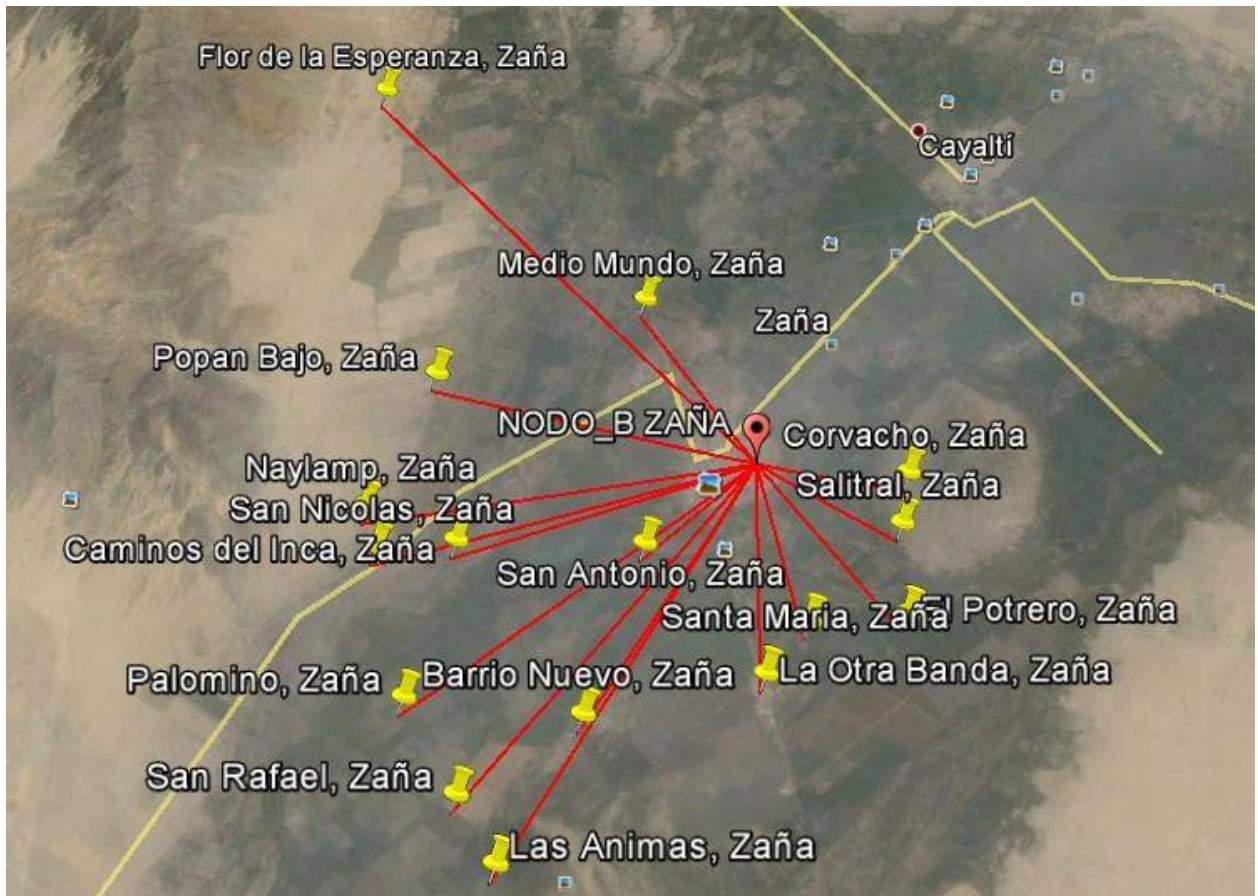


FIGURA 4 . 9 - NODO\_B ZAÑA 3G – CENTROS POBLADOS – ZONA RURAL

FUENTE: ELABORACION PROPIA



TABLA 4 . 7 - CUADRO UPLINK ZAÑA 3G

FUENTE: ELABORACION PROPIA

| UPLINK |        |        |                      |           |             |              |
|--------|--------|--------|----------------------|-----------|-------------|--------------|
|        | NODO_B | SECTOR | CENTRO POBLADO       | DISTANCIA | Lrural      | Prx          |
| 1      | ZAÑA   | 3      | POPAN BAJO           | 3.34 Km   | 109.077 dB  | -74.7955 dBm |
| 2      |        | 3      | NAYLAMP              | 3.86 Km   | 111.1268 dB | -76.8453 dBm |
| 3      |        | 3      | CAMINOS DEL INCA     | 3.10 Km   | 108.0207 dB | -73.7392 dBm |
| 4      |        | 1      | SALITRAL             | 1.58 Km   | 98.4731 dB  | -64.1916 dBm |
| 5      |        | 2      | SAN ANTONIO          | 1.49 Km   | 97.6423 dB  | -63.3608 dBm |
| 6      |        | 3      | SAN NICOLAS          | 3.80 Km   | 110.9048 dB | -76.6233 dBm |
| 7      |        | 2      | PALOMINO             | 4.11 Km   | 112.0158 dB | -77.7343 dBm |
| 8      |        | 2      | LA OTRA BANDA        | 2.30 Km   | 103.7922 dB | -69.5107 dBm |
| 9      |        | 2      | EL POTRERO           | 2.20 Km   | 103.1625 dB | -68.8819 dBm |
| 10     |        | 2      | BARRIO NUEVO         | 3.12 Km   | 108.1118 dB | -73.8303 dBm |
| 11     |        | 2      | SAN RAFAEL           | 4.35 Km   | 112.8197 dB | -78.5382 dBm |
| 12     |        | 2      | LAS ANIMAS           | 4.63 Km   | 113.7034 dB | -79.4219 dBm |
| 13     |        | 3      | FLOR DE LA ESPERANZA | 5.88 Km   | 117.0891 dB | -82.8076 dBm |
| 14     |        | 1      | MEDIO MUNDO          | 2.00 Km   | 101.8124 dB | -67.5309 dBm |
| 15     |        | 1      | CORBACHO             | 1.46 Km   | 97.3542 dB  | -63.0727 dBm |
| 16     |        | 2      | SANTA MARIA          | 1.84 Km   | 100.6312 dB | -66.3497 dBm |

TABLA 4 . 8 - CUADRO DOWNLINK ZAÑA 3G

FUENTE: ELABORACION PROPIA

| DONWLINK |        |        |                      |           |             |              |
|----------|--------|--------|----------------------|-----------|-------------|--------------|
|          | NODO_B | SECTOR | CENTRO POBLADO       | DISTANCIA | Lrural      | Prx          |
| 1        | ZAÑA   | 3      | POPAN BAJO           | 3.34 Km   | 109.077 dB  | -56.5564 dBm |
| 2        |        | 3      | NAYLAMP              | 3.86 Km   | 111.1268 dB | -58.6062 dBm |
| 3        |        | 3      | CAMINOS DEL INCA     | 3.10 Km   | 108.0207 dB | -55.5001 dBm |
| 4        |        | 1      | SALITRAL             | 1.58 Km   | 98.4731 dB  | -45.9525 dBm |
| 5        |        | 2      | SAN ANTONIO          | 1.49 Km   | 97.6423 dB  | -45.1217 dBm |
| 6        |        | 3      | SAN NICOLAS          | 3.80 Km   | 110.9048 dB | -58.3842 dBm |
| 7        |        | 2      | PALOMINO             | 4.11 Km   | 112.0158 dB | -59.4952 dBm |
| 8        |        | 2      | LA OTRA BANDA        | 2.30 Km   | 103.7922 dB | -51.2716 dBm |
| 9        |        | 2      | EL POTRERO           | 2.20 Km   | 103.1625 dB | -50.6419 dBm |
| 10       |        | 2      | BARRIO NUEVO         | 3.12 Km   | 108.1118 dB | -55.5912 dBm |
| 11       |        | 2      | SAN RAFAEL           | 4.35 Km   | 112.8197 dB | -60.2991 dBm |
| 12       |        | 2      | LAS ANIMAS           | 4.63 Km   | 113.7034 dB | -61.1828 dBm |
| 13       |        | 3      | FLOR DE LA ESPERANZA | 5.88 Km   | 117.0891 dB | -64.5685 dBm |
| 14       |        | 1      | MEDIO MUNDO          | 2.00 Km   | 101.8124 dB | -49.2918 dBm |
| 15       |        | 1      | CORBACHO             | 1.46 Km   | 97.3542 dB  | -44.8336 dBm |
| 16       |        | 2      | SANTA MARIA          | 1.84 Km   | 100.6312 dB | -48.1106 dBm |

#### 4.2.1.4 Sectorización final 2G y 3G

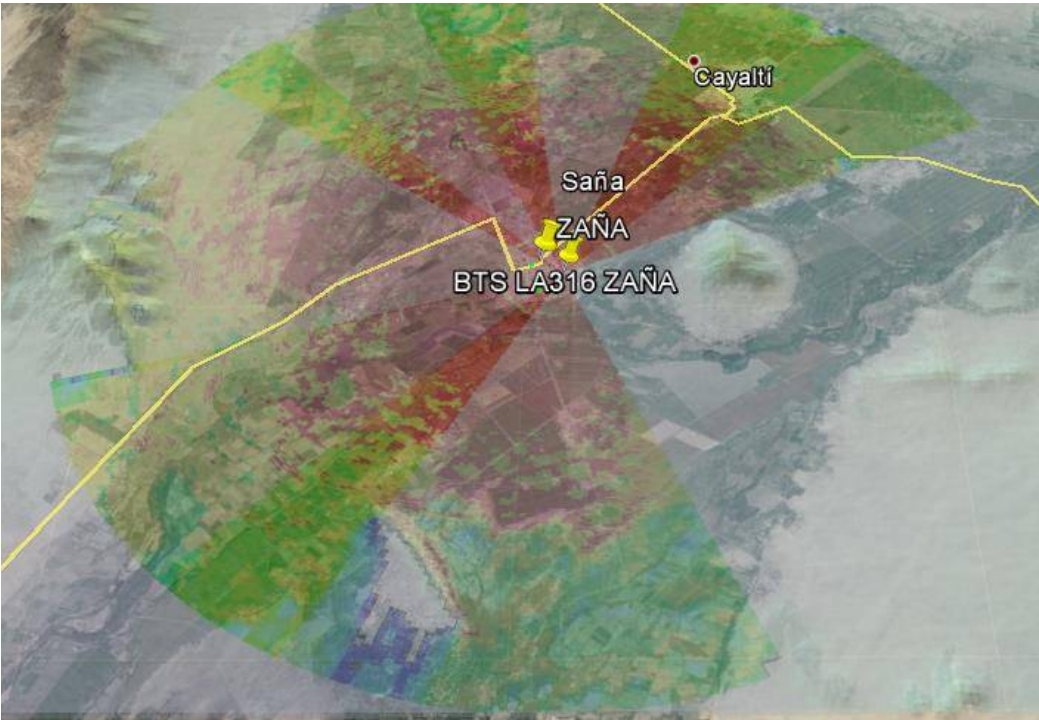


FIGURA 4 . 10 - RED 2G Y 3G

FUENTE: ELABORACION PROPIA

#### *Análisis en el enlace ascendente*

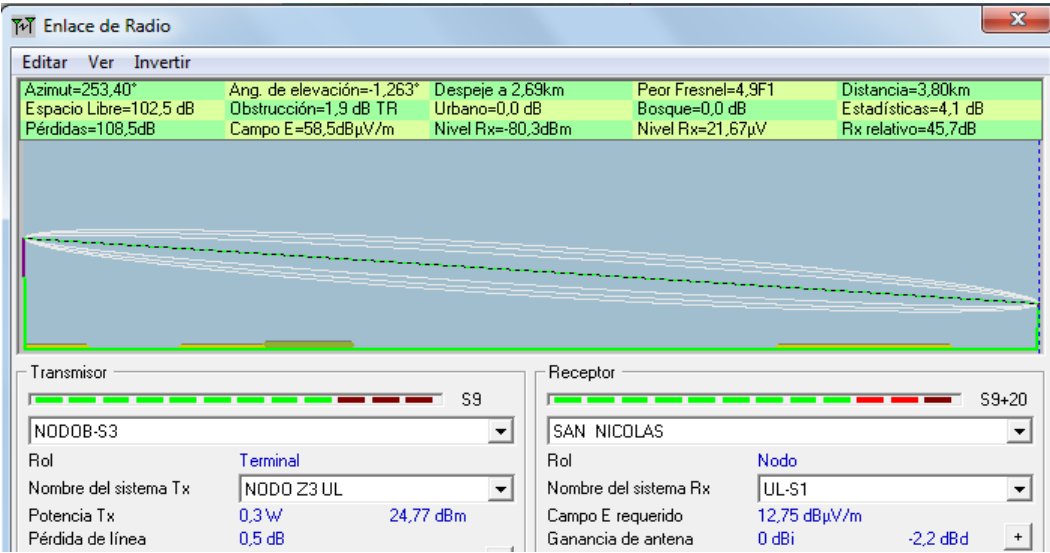


FIGURA 4 . 11 - ENLACE UPLINK 3G

FUENTE: ELABORACION PROPIA

### Análisis en el enlace descendente

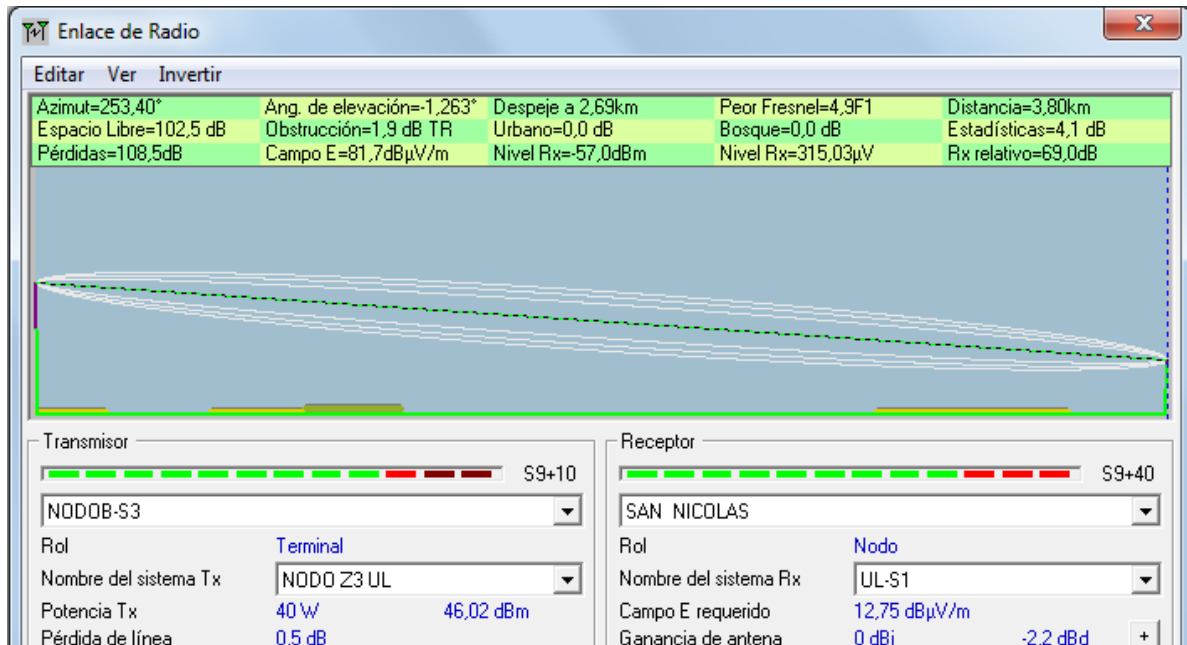


FIGURA 4 . 12 - ENLACE DOWNLINK 3G

FUENTE: ELABORACION PROPIA

#### 4.2.2 Capacidad Nodo B.

En redes móviles celulares, y sobre todo en 3G, a medida que aumenta el número de usuarios activos por sector, limita el radio celular de cobertura, haciendo que esta decrezca. Este fenómeno es conocido como *Cell Breathing* o *Respiración de la Celda*. Esto se debe a que *WCDMA* es un sistema limitado por interferencia, es decir, que la interferencia total depende del número de usuarios activos. A su vez, *UMTS* es un sistema que se define como *multi-servicio*, por lo que el radio celular debe ser calculado teniendo en cuenta estas características, como son la tasa de transmisión en kbps. Siendo así, se pretende otorgar los siguientes servicios. [3][4].

TABLA 4 . 9 - SENSIBILIDAD NODO\_B POR SERVICIO

FUENTE: HUAWEI

| SERVICIO              | NIVEL DE SENSIBILIDAD |
|-----------------------|-----------------------|
| Voz AMR 12.2 Kbps     | -126.2 dBm            |
| Video Llamada 64 Kbps | -121 dBm              |
| Datos a 144 kbps      | -120 dBm              |
| Datos a 384 Kbps      | -115 dBm              |

Como se puede observar, el servicio básico de Voz es el que llegará más lejos, ya que exigirá al máximo el nivel de sensibilidad para poder establecer las comunicaciones a cierta distancia de cobertura, siendo AMR (Adaptive Multi Rate) un códec optimizado para aplicaciones de voz y es el más importante para aplicaciones en redes inalámbricas, además, es el códec típico usado en Redes 3G.

Respecto a los demás servicios, a medida que se van alejando, va perdiendo cobertura, sin embargo, en nuestra red 3G vemos que a una distancia de 6km (límite superior) no sobre pasa los -90dBm, garantizando así la viabilidad de estos servicios.

#### 4.2.2.1 Tráfico

De acuerdo con la recomendación ITU-T B.18: en una red de telecomunicaciones, la intensidad de tráfico (*A*) instantánea en un conjunto de elementos de red es el número de elementos ocupados en un instante dado, por lo general 1 hora.

La unidad de intensidad de tráfico se denomina *Erlang (E)*, un erlang es la intensidad de tráfico en un conjunto de elementos, cuando solo uno de ellos está ocupado de manera continua. Cuando el tráfico es de 1 erlang significa que el elemento de red está totalmente ocupado durante el tiempo de medición, generalmente de 1 hora. [9].

Esto se aplica por igual para llamadas de voz.

$$A = \frac{(\#llamadas) \times (\text{duración de la llamada en segundos})}{3600}$$



De acuerdo a nuestra visita realizada a la zona, y contando además con la llegada e inversión de la empresa privada a dicha zona, hemos obtenido que en promedio, cada llamada dura 3 minutos por día; y que, generalmente se hacen entre 2 o 3 llamadas por día. Además, de que el usuario móvil no solo se limita a ciertas edades en su uso, hemos podido observar que gente de avanzada edad suele usar el teléfono celular tanto para llamadas nacionales como internacionales o de larga distancia, a su vez, la población joven usa el paquete de datos con lo que acceden a internet y redes sociales a cierta velocidad de transmisión, esperando una mejora en el servicio.

Como vemos, la mayoría de la población hace uso del teléfono celular, en su mayoría para llamadas nacionales; de lo cual se estima que buena parte de la población logra acceder de manera satisfactoria a este servicio, siendo un aproximado de 3500 personas.

Cabe señalar que la mayoría de la población está afiliada a Movistar, ya que consideran qué brindan un mejor servicio en comparación a sus competidores, repartiéndose entre distintos planes, tanto en prepago para los jóvenes y estudiantes como en post-pago para gente mayor y económicamente activa.

De acuerdo a lo anterior, y proyectando a un aumento en usuarios y minutos de llamadas, tenemos:

$$A = \frac{(15) \times (4 \times 60) + (30) \times (15 \times 60)}{3600} = 8.5 \text{ Erlangs}$$

Siendo 15, el número proyectado de usuarios en modalidad prepago, a una media de llamadas de 4 minutos por día o tramos equivalentes a 4 minutos.

Por otra parte, consideramos en primera instancia 30 personas en modalidad post-pago, a una media de llamadas de 15 minutos por día o en tramos equivalentes.

La cantidad de usuarios se asume de que en la hora cargada, al menos se conectan el 10% de los usuarios.

De acuerdo a las tablas de *Erlang B*, tenemos que para 8.5 erlangs en un bloqueo de 2% (el porcentaje de bloqueo de 2% está dentro de lo establecido en el Reglamento de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones), se tiene 15 líneas o canales de tráfico.

Para un bloqueo de 2 %, significa que existe 98% de probabilidad de total de llamadas entrantes en la hora cargada. Mientras más bajo es esta probabilidad, se tendrá mejor desempeño en la red, sin embargo, se ha adoptado que para redes celulares sea de 2%.

Considerando que el tráfico se transportará por E1, se tiene que:

1 E1 posee 32 Time Slot, de los cuales 26 son para tráfico a 1 canal por Time Slot (TS), donde 1 canal = 64kbps.

De acuerdo a las tablas de Erlang B para los datos mencionados anteriormente, tenemos que 1 E1 equivale aproximadamente a 19.25 erlangs.

Por lo que, para nuestra red sería suficiente con 1 E1.

Considerando siempre un aumento tanto en usuarios y en la duración de las llamadas, se prevé calcular a mayor capacidad:

$$A = \frac{(25) \times (6 \times 60) + (80) \times (25 \times 60)}{3600} = 35.83 \text{ Erlangs}$$

A un bloqueo de 2% tenemos 46 líneas, que sería a un equivalente 2 E1, lo cual sería suficiente para nuestra red e incluso para un ligero aumento en capacidad.

#### **4.2.3. Red de Transporte**

La Red de Transporte existente para la tecnología 2G en Zaña, se hace vía microondas mediante equipos Pasolink Neo de la empresa NEC, la cual se ubica en la *URA Zaña*, que es una estación muy próxima a la BTS Zaña, y que mediante un *MiniLink Ericsson* pasa toda la data de la BTS a la URA, luego esta, mediante enlace microondas se conecta a *URA Cerro Pacherez*, para que finalmente desemboque en Chiclayo y este en Trujillo, y por último en Lima, donde se concentra toda la red; cabe señalar que este último tramo se encuentra habilitado mediante fibra óptica, por lo que se aprovechará la infraestructura existente para la red de transporte.

La banda que se tiene para este enlace es la de 7Ghz, esto debido a que mayor distancia, menor frecuencia; ya que la separación entre ambos puntos es de 17.90km. Las frecuencias de trabajo son 7526MHz – 7680MHz, que trabaja en la sub banda E (high) con una polarización vertical y ubicado en la cima de la torre, que es a 27 metros de altura.

Aprovechando estas características, se ahorraría en el licenciamiento de banda al MTC, la construcción de infraestructura y el equipo radio, tanto en IDU, ODU y antena.

El equipo radio IDU existente es el modelo MDP-150MB-1AA, la cual se modula en 128QAM con un ancho de banda de 28MHz, tal como se muestra en la tabla de canalización adjunta del MTC, y que será suficientes para el transporte de nuestro tráfico. [5][6][7].

TABLA 4 . 10 - CANALIZACIÓN BANDA 7425 MHZ – 7725 MHZ (SERVICIO FIJO UTILIZANDO RADIOENLACES DIGITALES)

FUENTE: MTC

| Canal N° | Frecuencia (MHz)<br>BW: 28 MHz |         |
|----------|--------------------------------|---------|
|          | Ida                            | Retorno |
| 1        | 7 442                          | 7 596   |
| 2        | 7 470                          | 7 624   |
| 3        | 7 498                          | 7 652   |
| 4        | 7 526                          | 7 680   |
| 5        | 7 554                          | 7 708   |

De acuerdo a la banda utilizada, corresponde el canal 4 con 28 MHz de ancho de banda como portadora.

Como el enlace ya es existente, vamos a comprobar de acuerdo a las características técnicas del equipo y mostrar el enlace en Radio Mobile.

Para ello, se usará la fórmula de propagación en el espacio libre.

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_e - F_m - L_{cables}$$

Dónde:

- $P_{TX} = 25 \text{ dBm}$
- $G_{TX} = G_{RX} = 40 \text{ dBm}$
- $L_{cables} = 3 \text{ dB}$
- $L_e = 32.4 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$

- $F_m = 30 \log(d) + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - r) - 70$

donde:  $A = 3$

$$B = 0.25$$

$$R = 0.9999$$

Calculando  $L_e$  y  $F_m$  tenemos:

- $L_e = 134.9883$

- $F_m = 22.8833$

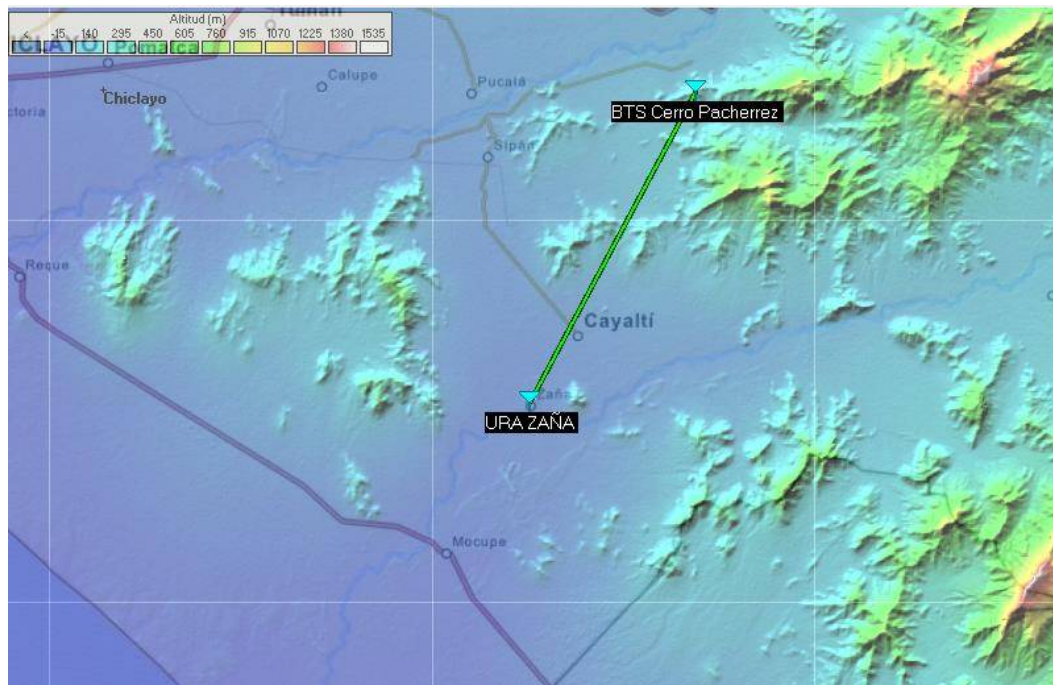
$$P_{RX} = 25 + 40 + 40 - 134.9883 - 22.8833 - 3$$

$$P_{RX} = -55.8716 \text{ dBm}$$

Teniendo en cuenta que la ganancia del sistema GS es 94.5 dBm para una modulación de 128 QAM, y que GS se calcula así:

$$GS = P_{TX} - P_{RXmin}$$

Se obtiene que la Potencia de recepción mínima es -69.5 dBm, siendo en nuestro cálculo la potencia de recepción de -55.8716 dBm, lo cual es viable el enlace.



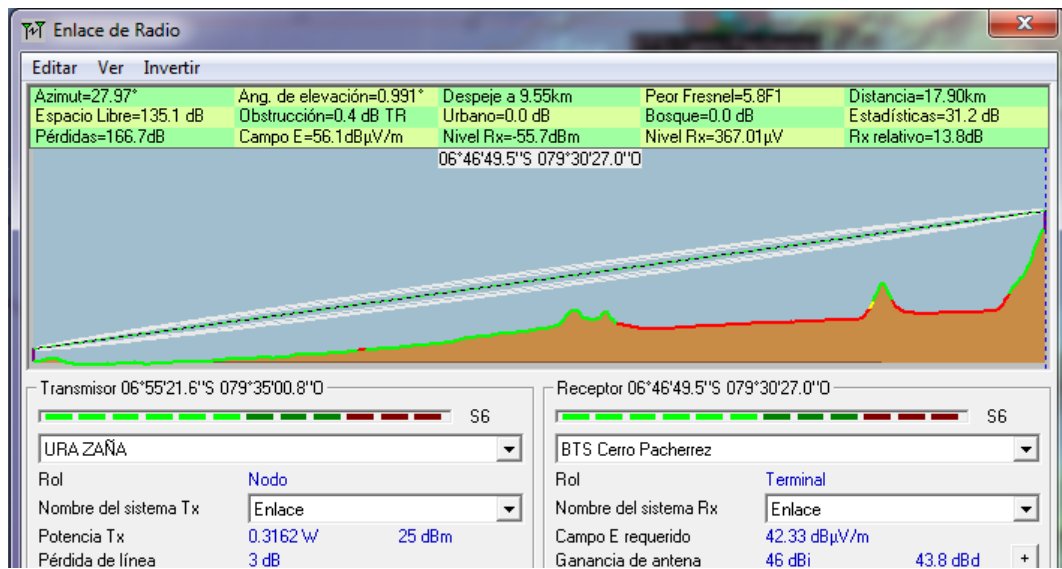


FIGURA 4 . 13 - ENLACE EN RADIO MOBILE

FUENTE: ELABORACION PROPIA



FIGURA 4 . 14 - VISTA EN GOOGLE EARTH.

FUENTE: ELABORACION PROPIA

## CAPITULO 5

### Equipamiento y Evaluación Económica.

#### 5.1 Equipamiento.

Los equipos que se usarán para poder completar la Red 3G físicamente, serían; los que componen la Red de Acceso, ya que, como hemos visto, la parte de Red de Transporte lo podemos manejar mediante el equipo radio existente.

Para lo que es la implementación del Nodo\_B Zaña, y añadiendo la experiencia en el campo, generalmente se trabaja con equipos de la marca *Ericsson* y *Huawei*, en cuanto a Telefónica se refiere.

El Nodo\_B es un conjunto de equipos que radian señal sobre un área determinada, pudiendo ser esta zona urbana, suburbana, rural o carretera como ya lo hemos señalado; y que nos sirve para mejorar y añadir tecnología (3G) a dicha zona en cuestión. Es por ello que se tratan de ubicar en ciertos lugares estratégicos y a una determinada altura para poder aprovechar la radiación de las antenas a lo largo de la zona a irradiar. [3][8][13].

En esta oportunidad, se cree conveniente poner el Nodo\_B en la infraestructura existente de la tecnología 2G, ya que está a una buena altura, además de que posee una torre ventada de 50 metros y con una rondana con espacio disponible para colocar las antenas y sus respectivas RRUs.

Para lo que es en cuestión de implementación, se suele hacer un estudio previo de cómo está el *site* (estación base), para determinar la cantidad de cableado, la toma de energía para alimentar los equipos, así como el espacio disponible para dichos equipos; este estudio se suele denominar *TSS (Technical Site Survey)* y consiste en un documento técnico detallado que debe ser evaluado por el integrador (*Ericsson* o *Huawei*) antes de su implementación final.



FIGURA 5 . 1 - RONDANA TORRE VENTADA EXISTENTE

FUENTE: ELABORACION PROPIA

El Nodo\_B está compuesto por:

- *MU o Main Unit*: Es el equipo principal y se encuentra en la Sala de Equipos de la BTS o Nodo\_B o *site*; es la que procesa la información proveniente de las antenas mediante las RRUs, que se conectan a ellas por fibra óptica.



FIGURA 5 . 2 - MU DUW 31 01 ERICSSON

FUENTE: <http://launch3telecom.blogspot.com/>



- *RRU o Radio Remote Unit*: Es el equipo que se encuentra en la torre, generalmente atrás de las antenas; y prepara la señal de banda base para ser irradiada a través de las antenas en toda la zona de cobertura.



FIGURA 5 . 3 - RRU ERICSSON

FUENTE: ERICSSON

- *Antenas*: Encargadas de irradiar la señal proveniente de la RRU y también de recepcionar la señal proveniente del equipo móvil hacia la RRU. Se usan típicamente antenas sectoriales, en este caso con una ganancia de 17dbi.

A todo este conjunto se le suele llamar *RBS (Radio Base Station)*, nombre exclusivo por parte de Ericsson, y que será la marca que se tendrá propuesta para este tipo de implementación, además de contar con las características que hemos propuesto para nuestra Red 3G.

La conexión entre las antenas y RRUs se da mediante cable coaxial ½" llamado *jumper*, por lo general en un metrado de 3 metros. La conexión entre las RRUs y la MU se da mediante de fibra óptica, y la alimentación, tanto de la MU y RRU se determina en el TSS, a un voltaje de -48Vdc, con 16A como máximo para la MU y 20A para las RRUs. La RRU es el encargado de convertir la señal de radio en señal digital, la cual va ser recibida en la MU, esto se da en el UpLink; siendo de manera viceversa en el Downlink, ya que la MU manda la señal



digital a la RRU y esta la transforma en señal de radio a la antena para que pueda ser transmitida a destino.

Las antenas a elegir deben cumplir con el rango de frecuencia en funcionamiento (824 Mhz – 894 Mhz), tanto en single band como en dual o tri band, a una ganancia de 17dBi o 18dBi con un haz de 65°, en diversas marcas como Andrew, Comba o Amphenol,



FIGURA 5 . 4 - ANTENA SECTORIAL

FUENTE: TOMA PROPIA

*Ejemplo de Antena Dual Band Comba que soporta la Tecnología 3G en la Banda 850Mhz para la operadora Movistar, dentro de un ambiente mimetizado, debidamente jumpeado a su RRU correspondiente*

Toda esta configuración es llevada mediante un MiniLink a la *URA Zaña*, donde se conecta con el equipo radio existente para la Red de transporte.



FIGURA 5 . 5 - RBS 6601 ERICSSON

FUENTE: ERICSSON

*Esquema general de la RSB 6601 para 3G con tres sectores*

## 5.2 Evaluación Económica.

En la presente tesis, para poder evaluar la parte económica del proyecto, hemos contado con la ventaja de tener ya de antemano algunas consideraciones en lo que respecta a construcción, tal es así; que ya se tiene el local del Site o Nodo\_B Zaña; todo esto tomando como referencia la infraestructura actual de la BTS Zaña, esto implica ahorro en lo que es Torre, pozo a tierra, alimentación principal; centrándose solo a la compra de equipos perteneciente a la tecnología 3G a implementar.

Para ello, debemos estimar los costos de implementación de la Red 3G en Zaña, que formaría parte de los egresos de inversión, entre los cuales tenemos la Main Unit (MU), las RRU's, antenas, jumpers, conectores, gabinete para instalación de MU y salida de energía DC; además del cable de tierra, cable de energía DC, fibra óptica y accesorios que complementan una correcta instalación para el Nodo\_B Zaña.

TABLA 5 . 1 - PRECIOS DE INVERSIÓN – SISTEMA RADIANTE.

FUENTE: ELABORACION PROPIA

| CONCEPTO                   | MARCA    | CANTIDAD | COSTO UNITARIO \$ | TOTAL \$ |
|----------------------------|----------|----------|-------------------|----------|
| EQUIPOS Y SISTEMA RADIANTE |          |          |                   |          |
| GABINETE TP48200A          | HUAWEI   | 1        | 4900              | 4900     |
| MAIN UNIT (MU)             | ERICSSON | 1        | 2500              | 2500     |
| REMOTE RADIO UNIT (RRU)    | ERICSSON | 3        | 2800              | 8400     |
| TRANSCEIVER                | ERICSSON | 6        | 500               | 3000     |
| ANTENAS SECTORIALES        | COMBA    | 3        | 600               | 1800     |
| FIBRA OPTICA (70metros)    | ERICSSON | 3        | 500               | 1500     |
| JUMPERS                    | ANDREW   | 6        | 20                | 80       |
| CONECTORES                 | ANDREW   | 12       | 25                | 300      |
| CABLE 2x10 DC              | ERICSSON | 180m     | 4                 | 720      |
| CABLE 2x8 AC               | ERICSSON | 10m      | 10                | 100      |
| CABLE ATERRAMIENTO         | ELCOPE   | 70m      | 5                 | 350      |
| BARRA ATERRAMIENTO         | -        | 1        | 38                | 38       |
| BATERIAS                   | SHOTO    | 4        | 200               | 800      |
| CAJA DE PASO               | -        | 1        | 95                | 95       |
| BREAKERS                   | ABB      | 5        | 11                | 55       |
| ACCESORIOS Y OTROS         | -        | -        | 1000              | 1000     |
| IMPORTE                    |          |          |                   | 25638    |

Como se ha mencionado, aprovechar la infraestructura existente para la instalación de nuestro Nodo\_B Zaña, por ello necesitamos de algunos servicios para evaluar cuestiones de ingeniería (visita técnica y evaluación del espacio) y de integración (servicios por ingeniería de red, operación y optimización) para el correcto funcionamiento de nuestra Red 3G.

TABLA 5 . 2 - PRECIOS DE INVERSIÓN – SERVICIOS DE INGENIERÍA.

FUENTE: ELABORACION PROPIA

| CONCEPTO                  | CANTIDAD | COSTO UNITARIO \$ | TOTAL \$ |
|---------------------------|----------|-------------------|----------|
| SERVICIOS DE INGENIERIA   |          |                   |          |
| TSS                       | 1        | 400               | 400      |
| EVALUACION ESTRUCTURAL    | 1        | 400               | 400      |
| PERSONAL DE OPTIMIZACION  | 1        | 1800              | 1800     |
| PERSONAL DE INTEGRACION   | 1        | 300               | 300      |
| PERSONAL DE MANTENIMIENTO | 1        | 800               | 800      |
| OTROS                     |          | 1000              | 1000     |
| IMPORTE                   |          |                   | 4700     |

Considerando los cuadros anteriormente presentados, tenemos un importe inicial total de 30 338 dólares, que vendrían ser alrededor de 93 896 nuevos soles.

En base a nuestras visitas y tomando como referencia la inversión de la empresa privada en la zona, es que se hace los cálculos básicos para poder determinar el nivel de ingresos, que serían los aportes mensuales que harían los habitantes de acuerdo al plan al que estén suscritos, ya sea en modalidad pre-pago y post-pago básicamente. Cabe destacar que hemos tomado los ingresos incluyendo el gasto de operación y mantenimiento que se realiza cada año, que suma alrededor de 2500 nuevos soles, quedándonos así ingresos netos por año.

TABLA 5 . 3 - INGRESOS POR AÑO.

FUENTE: ELABORACION PROPIA

| Año | Ingresos (S/.) |
|-----|----------------|
| 1   | 27740          |
| 2   | 50420          |
| 3   | 65900          |

Para este periodo de tiempo que hemos estimado, vamos a realizar nuestro flujo de caja por 3 años, donde podremos apreciar un crecimiento del flujo por año, lo cual nos da indicadores de ganancia, y que mediante variables económicas como el TIR y VAN nos indicarán la factibilidad del proyecto.

TABLA 5 . 4 - FLUJO DE CAJA (EN NUEVOS SOLES).

FUENTE: ELABORACION PROPIA

| Flujo de Caja            | Año 0  | Año 1 | Año 2 | Año 3 |
|--------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Equipamiento y Servicios | 93896  |       |       |       |
| Ingresos                 |        | 27740 | 50420 | 65900 |
| Flujo de Caja            | -93896 | 27740 | 50420 | 65900 |

El VAN (valor actual neto) y el TIR (tasa interna de retorno) son dos herramientas financieras que nos indica la factibilidad del proyecto, donde el VAN de acuerdo a ingresos y egresos mide si el proyecto va ser rentable, siendo que el VAN sea positivo (como se muestra en nuestro caso) nos indica que el proyecto es rentable, es decir; nuestro proyecto procede.

El TIR es la tasa de descuento de un proyecto de inversión, el cual permite que el beneficio neto actualizado sea igual a la inversión (se da cuando VAN igual a 0); con ello dependiendo de cuan mayor sea el TIR en comparación con la tasa usada para hallar el VAN, este será más rentable; se puede ver que el TIR es del 21%, que supone un mayor plazo temporal en la vida del proyecto.

TABLA 5 . 5 - VAN – TIR

FUENTE: ELABORACION PROPIA

|     |              |
|-----|--------------|
| VAN | S/.22,503.25 |
| TIR | 21%          |

De acuerdo a nuestro Flujo de Caja vemos que a partir del tercer año ya se comienza a generar ganancias netas, lo cual nos da indicación de un periodo de recuperación no muy largo para la inversión realizada, esto además respaldado por el VAN encontrado, nos indica rentabilidad para poder realizarse este proyecto en la zona rural de Zaña, con un crecimiento en ganancias a partir del tercer año.

### **5.3 Conclusiones.**

1. El distrito de Zaña es una ciudad adecuada para el desarrollo de una nueva tecnología móvil celular (3G), ya que de acuerdo a nuestros cálculos e investigación en cuanto a su desarrollo e inversión en la zona, y sobre todo por tratarse de una zona rural en su extensión, es posible desplegar la red en cuestión.

2. Al hacer uso de infraestructura existente, tanto en la banda de frecuencias como en la ubicación del site, los niveles de inversión disminuyen considerablemente, centrándose la misma en la inversión de equipos para la Red de Acceso.

3. Evaluando nuestra propuesta mediante herramientas financieras, vemos que es factible llevar a cabo este proyecto, además; cabe resaltar que el aspecto de implementación no es de mucho problema debido a la existencia de muchos factores para su desarrollo, constituyéndose así un apoyo importante a la hora de evaluar el proyecto.

### **5.4 Recomendaciones.**

1. Hacer un estudio técnico previo o TSS para el reconocimiento de la estación, ubicación de equipos, energía y cableados respectivos.

2. Hacer programas de mantenimiento correctivo y preventivo según lo amerite.

3. Para estudios más profundos y un mejor análisis para ciertos tipos de eventos en las redes móviles, se recomienda el uso de Software profesional y especializado como Atoll y Asset Enterprise, que son usados en las operadoras móviles; y que se adaptarían muy bien para análisis más complejos como en zonas urbanas densas.

## BIBLIOGRAFIA

- [1]. Hernando Rábanos, José María (2005). *“Comunicaciones Móviles”*. 2da edición. España.
- [2]. Fitel. *“Talleres Macroregionales Fonie Telecomunicaciones: Telefonía Móvil en Zonas Rurales”*. Lima.
- [3]. Revilla Apac, Odalys (2011). *“Diseño de una Red HSDPA en la ciudad de Huancayo”*. (Tesis de Grado en Ingeniería de Telecomunicaciones). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- [4]. Guillén Guevara, Daniel (2008). *“Diseño de una Red de Telefonía Móvil de Tercera Generación WCDMA para la ciudad de Tacna”*. (Tesis de Grado en Ingeniería Electrónica). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- [5]. López Tafur, Marcial (2010). *“Diapositivas sobre Sistemas de Microondas”*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.
- [6]. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). *“Plan Nacional de Atribución de Frecuencias - PNAF”*. Lima.
- [7]. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). *“Disposiciones de Radiocanales (canalizaciones) para los Servicios de Telecomunicaciones”*. Lima.
- [8]. Planificación Radio Para Redes de Telefonía Móvil. Capítulo 1: *“Esquemas de Red”*.
- [9]. Marcano, Diógenes. Artículo: *“Conceptos y Elementos Básicos de Tráfico en Telecomunicaciones”*. Atel Asesores. Venezuela.
- [10]. Mats, Nilson (1999). Artículo. *“Normas de Acceso Radio de Tercera Generación”*. Ericsson Cia.
- [11]. Laiho, Wacker and Novosad. (2005). *“Radio Network Planning and Optimization for UMTS”*. 2<sup>nd</sup> edition. USA.
- [12]. Harri and Antti (2004), *“WCDMA for UMTS, Radio Access for Third Generation Mobile Communications”*. 3rd ed. USA.

- [13]. Fernández Salmerón, Víctor (2010). *“Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS”*. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- [14]. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).
- [15]. Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL).
- [16]. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- [17]. Municipalidad Distrital de Zaña – Chiclayo.
- [18]. Movistar – Planes Postpago.
- [19]. Jaimes Illanes, Marcelo. (2008). *“Planificación de Red de Acceso Radio UMTS/HSDPA”*. Universidad Católica Boliviana. Bolivia.
- [20]. Guinand Salas, Cristina. (2012). *“Planificación de una Red LTE con la herramienta Atoll y análisis del impacto de las estrategias de Packet Scheduling”*. Universidad Politécnica de Catalunya. España.
- [21]. Morales, Juan. Artículo: *“Cálculo de Radio Enlace en la banda GSM-850 utilizando Modelo de Propagación Okumura-Hata”*. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.
- [22]. Villacrés Caicho, Diego. (2012). *“Planificación y Optimización de Redes Móviles con Herramientas de Software Libre”*. Universidad de Valencia. España.
- [23]. Sallent, o.,Valenzuela, j. L., & Agustí, r. (2003). *“Principios de comunicaciones móviles”*. Universidad Politécnica de Catalunya. España.



# ANEXOS

- Outdoor Power System – Huawei.
- RBS 6601 Product Description – Ericsson.
- Outdoor Directional Dual-band Antenna – Comba.
- Digital Radio System Specifications – Nec Pasolink Neo.
- Erlang B Traffic Table.

Sólo en formato electrónico:

- Digital Radio System – Nec Pasolink Neo.
- Encuesta Servicios Telecomunicaciones en Zaña.
- Cobertura celular en Zonas Rurales de Lambayeque (archivo Excel - Osiptel).
- Fotos de visita a la zona.

# Outdoor Power System

TP48200A



## Introduction

TP48200A is an outdoor telecom power system which configures 48V/50A rectifier modules to supply rated 200A output current. TP48200A has different cooling modes to meet various scenarios, such as heat exchanger, direct ventilation, TEC, etc, providing stable and reliable integrated or distributed power supply solution for various outdoor communication devices. The system has excellent performances such as wide range of AC input voltage, high power efficiency, surge protection, temperature control, intelligent battery management, and remote monitoring, etc.

## Features

- High rectifier efficiency: >96%
- Excellent environmental adaptability with IP55 class protection
- Rectifier Supports hot-swap, easy to install and maintain
- Support environment monitoring and remote management, saving OPEX
- Excellent fault protection and alarm reporting function
- Cooling unit self-control to save energy and lower noise, increasing system reliability
- Multiple anti-theft measures, ensuring the safety of battery and equipment
- Series of cabinet size/material/thermal system for different scenarios



Integrated Power Cabinet



Split Type Equipment Cabinet



Split Type Battery Cabinet

## Application Scenarios

- Wireless outdoor macro base station or distributed base station

## Specifications

| Type            |                       | TP48200A-H15A3                                                       | TP48200A-H15A5 | TP48200A-D15A1     |
|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|
| System          | Dimension             | 650mm (W) × 650mm (D) × 1500mm (H) (excluding base)                  |                |                    |
|                 | Weight                | <120kg (excluding rectifier and battery)                             |                |                    |
|                 | Cooling mode          | Equipment cabin: heat exchanger, Battery cabin: direct ventilation   |                | Direct ventilation |
|                 | Installation mode     | On ground / on roof / against wall, not support stack & pole mounted |                |                    |
|                 | Cabling mode          | At the bottom, inlet/outlet downwards                                |                |                    |
|                 | Maintenance mode      | In front, supporting modular replacement                             |                |                    |
|                 | Noise level           | Satisfied GR487, noises≤65dBA@1.5m                                   |                |                    |
|                 | Protection level      | Equipment cabin:IP55, battery cabin: IP45                            |                | IP55               |
|                 | Battery space         | 2×150Ah                                                              |                |                    |
|                 | User space            | 8U                                                                   |                |                    |
|                 | MTBF                  | 200,000 hours                                                        |                |                    |
| Environment     | Operating temperature | -10~+45°C                                                            | -40~+45°C      | -10~+45°C          |
|                 | Storage temperature   | -40~+70°C                                                            |                |                    |
|                 | Operating humidity    | 5%~95%(non-condensing)                                               |                |                    |
|                 | Altitude              | 0~4000m                                                              |                |                    |
| AC Distribution | AC input mode         | Single phase / Three phase                                           |                |                    |
|                 | AC input voltage      | 85~300V AC, rated:220V AC                                            |                |                    |
|                 | AC input frequency    | 45~65Hz, rated: 50Hz/60Hz                                            |                |                    |
|                 | AC input MCB          | 1×63A/3P MCB                                                         |                |                    |
|                 | AC input SPD          | 20kA / 40kA, 8/20μs                                                  |                |                    |
| DC Distribution | Output voltage        | 42~58V DC, default value:53.5V DC                                    |                |                    |
|                 | Maximum capacity      | 12000W(4×3000W)                                                      |                |                    |
|                 | Battery branch        | 2×125A MCB                                                           |                |                    |
|                 | LLVD                  | 2×63A, 2×32A MCB                                                     |                |                    |
|                 | BLVD                  | 2×16A MCB                                                            |                |                    |
|                 | DC output SPD         | 20kA / 40kA, 8/20μs                                                  |                |                    |
| Rectifier       | Output power          | 3000W                                                                |                |                    |
|                 | Efficiency            | >96%*                                                                |                |                    |
|                 | Operating temperature | -40~+75°C                                                            |                |                    |
|                 | Dimension             | 103mm (W) × 243mm (D) × 88.9mm (H)                                   |                |                    |
|                 | Weight                | ≤2.8kg                                                               |                |                    |
|                 | Power Factor          | >0.99                                                                |                |                    |
|                 | THD                   | ≤5%                                                                  |                |                    |
| Controller      | I/O port              | 8 dry contact, 8 digital signal detection                            |                |                    |
|                 | Communication port    | RS485/RS232, SNMP, FE, BIN protocol                                  |                |                    |
|                 | Storage capacity      | 1000 history records, 200 thousand real time records                 |                |                    |
|                 | Display mode          | LCD screen/WEB                                                       |                |                    |

\*Remark: Normal efficiency (>92%) rectifier is optional

# Specifications

| Type            | TP48200E-H09A1        | TP48200E-D09A1                                                   | TBC300A-DCA1       | TBC300A-TCA1                                   |
|-----------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|
| System          | Dimension             | 650mm (W) × 650mm (D) × 900mm (H) (excluding base)               |                    |                                                |
|                 | Weight                | <70kg (excluding rectifier and battery)                          |                    |                                                |
|                 | Cooling mode          | Heat exchanger                                                   | Direct ventilation | Direct ventilation                             |
|                 | Installation mode     | On ground/on roof/against wall, not support stack & pole mounted |                    |                                                |
|                 | Cabling mode          | At the bottom, inlet/outlet downwards                            |                    |                                                |
|                 | Maintenance mode      | In front, supporting modular replacement                         | Fan replaceable    | TEC fixed in door, easy to maintain            |
|                 | Noise level           | Satisfied GR487, noise≤65dBA@1.5m                                |                    |                                                |
|                 | Protection level      | IP55                                                             | IP55               | IP34                                           |
|                 | Battery space         | N/A                                                              | 2 × 150AH          |                                                |
|                 | User space            | 8U                                                               | N/A                |                                                |
|                 | MTBF                  | 200,000 hours                                                    | N/A                |                                                |
| Environment     | Operating temperature | -40~+45°C                                                        | -10~+45°C          | -10~+45°C                                      |
|                 | Storage temperature   | -40~+70°C                                                        |                    |                                                |
|                 | Operating humidity    | 5%~95%(non-condensing)                                           |                    |                                                |
|                 | Altitude              | 0~4000m                                                          |                    |                                                |
| AC Distribution | AC input mode         | Single phase / Three phase                                       |                    | -48V                                           |
|                 | AC input voltage      | 85~300V AC, rated:220V AC                                        |                    | N/A                                            |
|                 | AC input frequency    | 45~65Hz, rated:50Hz/60Hz                                         |                    | N/A                                            |
|                 | AC input MCB          | 1 × 63A/3P MCB                                                   |                    | N/A                                            |
|                 | AC input SPD          | 20kA / 40kA, 8/20μs                                              |                    | N/A                                            |
| DC Distribution | Output voltage        | 42~58VDC, default value:53.5VDC                                  |                    | N/A                                            |
|                 | Maximum capacity      | 12000W(4 × 3000W)                                                |                    | N/A                                            |
|                 | Battery branch        | 2 × 125A MCB                                                     |                    | N/A                                            |
|                 | LLVD branch           | 2 × 63A, 2 × 32A MCB                                             |                    | N/A                                            |
|                 | BLVD branch           | 2 × 16A MCB                                                      |                    | N/A                                            |
|                 | DC output SPD         | 20kA / 40kA, 8/20μs                                              |                    | N/A                                            |
| Rectifier       | Output power          | 3000W                                                            |                    | N/A                                            |
|                 | Efficiency            | > 96%*                                                           |                    | N/A                                            |
|                 | Operating temperature | -40~+75°C                                                        |                    | N/A                                            |
|                 | Dimension             | 103mm (W) × 243mm (D) × 88.9mm (H)                               |                    | N/A                                            |
|                 | Weight                | ≤2.8kg                                                           |                    | N/A                                            |
|                 | Power Factor          | > 0.99                                                           |                    | N/A                                            |
|                 | THD                   | ≤ 5%                                                             |                    | N/A                                            |
| Controller      | I/O port              | 8 dry contact, 8 digital signal detection,                       |                    | Inside temperature, fan alarm, door open alarm |
|                 | Communication port    | RS485 / RS232, FE                                                |                    | RS485                                          |
|                 | Storage capacity      | 1000 history records, 200 thousand real time records             |                    | N/A                                            |
|                 | Display mode          | LCD screen/WEB                                                   |                    | N/A                                            |

\*Remark: Normal efficiency (>92%) rectifier is optional

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2013. All rights reserved.

No part of this document may be reproduced or transmitted in any form or by any means without prior written consent of Huawei Technologies Co., Ltd.

## General Disclaimer

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purpose only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Huawei may change the information at any time without notice.

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.

Huawei Industrial Base  
Bantian Longgang  
Shenzhen 518129, P.R. China  
Tel; +86-755-28780808  
www.huawei.com

# Product Description for RBS 6601



Contents:

|          |                                             |           |
|----------|---------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduction.....</b>                    | <b>3</b>  |
| 1.1      | RBS 6601 – Main remote Solution .....       | 4         |
| 1.2      | Safe, Smart and Sound Going Forward .....   | 4         |
| <b>2</b> | <b>RBS 6601 Hardware Architecture .....</b> | <b>5</b>  |
| 2.1      | RBS 6601 Main Unit .....                    | 6         |
| 2.2      | Remote Radio Unit .....                     | 10        |
| 2.3      | Optical Interface Link .....                | 12        |
| 2.4      | Site Solutions.....                         | 12        |
| <b>3</b> | <b>Applications for RBS 6601.....</b>       | <b>13</b> |
| 3.1      | Metropolitan Indoor Site .....              | 13        |
| 3.2      | Suburban Shelter Site .....                 | 14        |
| 3.3      | Highway Coverage Site .....                 | 15        |
| 3.4      | In-building Coverage Solution .....         | 16        |
| <b>4</b> | <b>Configurations .....</b>                 | <b>17</b> |
| 4.1      | Radio Configurations .....                  | 17        |
| 4.2      | Digital Unit Configurations .....           | 20        |
| <b>5</b> | <b>Technical Specifications.....</b>        | <b>21</b> |
| 5.1      | RRU, Supported standards .....              | 21        |
| 5.2      | Power Options .....                         | 22        |
| 5.3      | Dimensions .....                            | 22        |
| 5.4      | Weight .....                                | 22        |
| <b>6</b> | <b>Environmental Capabilities.....</b>      | <b>23</b> |
| 6.1      | Safety Standards .....                      | 23        |
| 6.2      | Other Standards and Requirements .....      | 23        |
| <b>7</b> | <b>Abbreviations.....</b>                   | <b>25</b> |

# 1 Introduction

The RBS 6000 base station family is designed to meet the increasingly complex challenges facing operators today. RBS 6000 is built with tomorrow's technology and at the same time provides backwards-compatibility with the highly successful RBS 2000 and RBS 3000 product lines. RBS 6000 base stations offer a seamless, integrated and environmentally friendly solution and a safe, smart and sound roadmap for whatever tomorrow holds.



*Figure 1 RBS 6000 base station family*

## **RBS 6000 Series Key Features:**

- **Path to sustainability:** The RBS 6000 Series ensures a smooth migration to new functionality and new technologies with existing sites and cabinets, thus providing a path to sustained revenues and profits.
- **Power on demand:** Reengineering the power supply and fully integrating it into the system were key objectives in designing the RBS 6000 series. The intelligent power supply provides power on demand that is exactly matched to what is needed at any given moment, thus ensuring that power consumption is kept to an absolute minimum.
- **Multi-standard:** All RBS 6000 base stations support multiple radio technologies.
- **Integrated simplicity:** New multi-purpose cabinets, an innovative common building practice for all components, modular design and an extremely high level of integration bring the functionality and capacity of an entire site down to the size of a cabinet.

## 1.1 RBS 6601 – Main remote Solution

RBS 6601 is a Main Remote solution, optimized to deliver high radio performance for efficient cell planning in a wide range of indoor and outdoor applications. The Main Remote RBS, in which each RRU is located near an antenna, reduces feeder losses and enables the system to use the same high-performance network features at lower output power, thereby lowering power consumption and both capital and operational expenditure. Up to twelve Remote Radio Units (RRU) can be connected to a Main Unit (MU) to match any site requirements. The small, lightweight units are easily carried to site and offer simple and discrete installation where space and access are decisive issues.

## 1.2 Safe, Smart and Sound Going Forward

The Main Remote concept is designed to support all technologies in virtually any combination. This means that timing in network expansion is less critical and that there is less risk in investment decisions, since base band and RRU capacity can be added as it is needed for the technology that is in demand.

Like the other members of the RBS 6000 family, the Main Remote RBS 6601 provides a common transport network solution that supports a wide range of technologies.



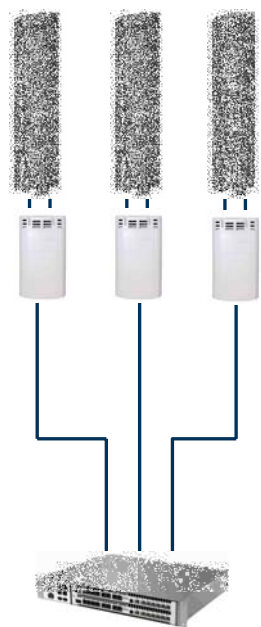
## 2 RBS 6601 Hardware Architecture

The Main-Remote solution has the similar architecture as the other products in the RBS 6000 family.

The main Remote Solution is divided into a Main Unit (MU) and multiple Remote Radio Unit (RRU) that are connected to the MU through optical fiber cables.



*Figure 2 RBS 6601, Main Unit (MU) and Remote Radio Unit (RRU)*



*Figure 3 RBS 6601 3-sector site*

## 2.1 RBS 6601 Main Unit

The RBS 6601 Main Unit is indoor specified.

### 2.1.1 RBS 6601 - Indoor Main Unit

The RBS 6601 Main Unit is designed for indoor environments, preferably mounted in a 19-inch rack. One DUW or two DUG/DUL can be housed in one RBS 6601 Main Unit.

Some of the key characteristics of the RBS 6601 Main Unit are:

- Power distribution of -48 VDC to Digital Units
- Climate system including built-in fans and control part

In addition to the above RBS 6601 Main Unit also provides a limited number of built-in customer alarm connections as well as connection to an external Support Alarm Unit (SAU).

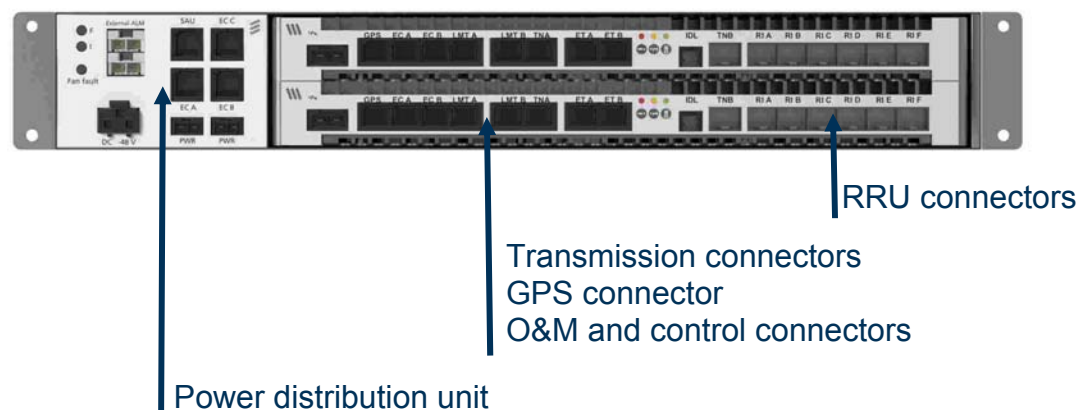


Figure 4 RBS 6601 Main Unit with DUG/DUL

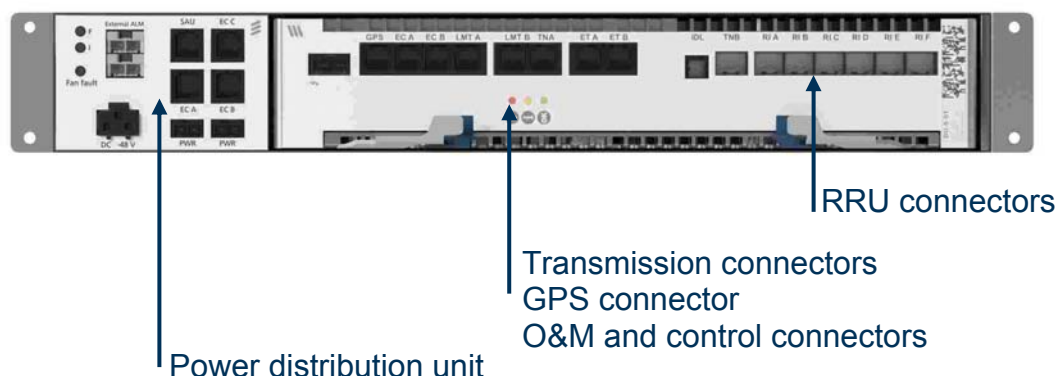


Figure 5 RBS 6601 Main Unit with DUW

## 2.1.2 Digital Unit for GSM

The Digital Unit GSM, DUG 20 can control up to 12 GSM carriers. If more than 12 TRXs are required, then an additional DUG can be installed in the RBS 6601 Main Unit and synchronized with the other DUG in the Main Unit.

The DUG supports the cross-connection of individual time slots to specific TRXs and extracts the synchronization information from the Pulse-Code Modulation (PCM) link to generate a timing reference for the RBS.

The DUG 20 supports:

- E1/T1 transmission interface
- Baseband processing
- Link Access Procedures on D-Channel (LAPD) concentration / multiplexing
- Abis optimization
- Multi-drop (cascading)
- Synchronized radio network, through an external GPS receiver
- Transceiver Group (TG) synchronization
- Site LAN

### **2.1.3 Digital Unit for WCDMA**

The Digital Unit WCDMA (DUW) comes in three variants, DUW 10/20/30, depending on capacity demand.

The DUW contains the baseband, control, and switching, as well as the lub and Mub interfaces. The DUW can handle different time-varying traffic mixes consisting of voice circuit-switched data, packet-switched data, and high-speed data such as High Speed Packet Access (HSPA).

Baseband resources are pooled in the DUW and the number of Channel Elements (CE) and high-speed data capacity can be optimized to fit operator requirements for user type and number of services.

The baseband capacity is pooled independently of sectors and frequencies. Two baseband pools can exist (two DUW). Each DUW is then housed in one 19", 1.5U RBS 6601 Main Unit. The two DUW in two separate 19" 1.5U RBS 6601 Main Units can be configured as one RBS node.

The DUW stabilizes the clock signal extracted from the transport network connection or optional external GPS equipment and uses it to synchronize the RBS.

The DUW provides:

- 100/1000 Base-T Ethernet
- Channelised STM-1 transport network interface
- Four IMA capable E1/T1/J1 ports

The DUW can connect to RRU22, RRUW or RRUS.

## **2.1.4 Digital Unit for LTE**

The DUL contains the baseband, control, and switching, as well as the S1 and Mub interfaces for LTE RBS. The DUL supports different time-varying traffic mixes over the LTE high-speed data interface.

Baseband resources are pooled in the DUL and the high-speed data capacity can be optimized to fit operator requirements for user type and number of services.

The baseband capacity is pooled independently of sectors and frequencies, and up to two baseband pools can exist (two DUL) in one 19" 6601 Main Unit with a height of 1.5U and act as one RBS node.

The DUL stabilizes the clock signal extracted from the transport network connection or optional external GPS equipment and uses it to synchronize the RBS.

The DUL provides:

- Full IP connectivity
- A gigabit Ethernet transport network interface

## 2.2 Remote Radio Unit

### 2.2.1 RRUW & RRUS



*Figure 6, Remote Radio Unit (RRUW/RRUS)*

RRUW and RRUS are designed to be installed close to the antennas, and can be either wall or pole mounted. The RRUW has got WCDMA capability. RRUS is Multi Standard Radio, MSR, capable. This means that RRUS is capable of running GSM, WCDMA and LTE on the same RRU HW. Standard can be changed by software reload.

The RRUS is HW prepared for running mixed mode configurations, i.e. to run 2 standards simultaneously. The standards supported in each frequency variant of RRUS depend on which frequencies each standard is defined in 3GPP. A table with standards supported for each frequency is found in chapter 5.1.

For GSM and LTE, up to 12 RRUS can be connected to one MU. For WCDMA, up to 12 RRUW or RRUS can be connected to the same MU.

The RRUW & RRUS sustainable average output power is 60 W, for very large coverage and high capacity requirements. Dual band configurations are also supported by connecting RRUW or RRUS for different frequency bands to the same MU.

The RRUW & RRUS contain most of the radio processing hardware. The main parts of the RRU are the:

- Transceiver (TRX)
- Transmitter (TX) amplification
- Transmitter/Receiver (TX/RX) duplexing
- TX/RX filtering
- Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) support
- ASC, TMA & RET support
- Optical interface

All connections are located at the bottom of the RRUW & RRUS. TMAs or ASCs are normally not needed when the RRU is mounted near the antenna. Still to maximize the flexibility at site RRUW & RRUS has support for ASC, TMA and Remote Electrical Tilt (RET).

## 2.2.2 RRU22



*Figure 7, Remote Radio Unit (RRU22 20W & 40W)*

The RRU22 are WCDMA capable and designed to be installed close to the antennas, either wall or pole mounted. Up to six RRU22 can be connected to the same MU to match any site type.

Different types of RRU22 are available with respect to frequencies and output power (20 or 40 W). It is possible to mix different RRU types in the same configuration. Dual band configurations are supported by connecting RRU for different frequency bands to the same MU.

The RRU contain most of the radio processing hardware. The main parts of the RRU are the:

- Transceiver (TRX)
- Transmitter (TX) amplification
- Transmitter/Receiver (TX/RX) duplexing
- TX/RX filtering
- Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) support (40W)
- ASC, TMA & RET support (see table below)
- Optical interface

All connections are located at the bottom of the RRU.

TMA or ASC are normally not needed when the RRU is mounted near the antenna. Some of the RRU types however have support for ASC, TMA, RET and RET Interface Unit (RIU). The compatibility for the different RRU is presented in the table below.

| RRU Type   | ASC/TMA | RET              | RIU              |
|------------|---------|------------------|------------------|
| RRU22 20 W |         | X                |                  |
| RRU22 40 W | X       | X <sup>(1)</sup> | X <sup>(2)</sup> |

(1) Possible if connected via ASC

(2) Only needed when no ASC is used

## 2.3 Optical Interface Link

The RRU are connected to the MU through optical fiber cables. The length between the RBS 6601 MU and a RRUW or RRUS can be as long as up to 40 km.

The units can be connected to each other in several different ways depending on the site setup. The RBS 6601 supports:

- Star connection of the RRU, where each RRU is connected to the MU.
- RRUW & RRUS support cascade connections, where only one fiber cable is connected between the MU and one of the RRU. The other RRU are then connected to each other. This solution reduces the length of the optical fiber cable needed and can be used in multiple applications when the RRU are located far away from the MU.
- The RRU22 can be connected as the last RRU in a RRU cascade chain.

## 2.4 Site Solutions

### 2.4.1 Support Alarm Unit

The optional Site Alarm Unit (SAU) monitors and controls customer equipment. The SAU can handle up to 32 external alarms and four output control ports.

### 2.4.2 GPS

The RBS can be optionally connected to a GPS unit, which is used for synchronization of the RBS.

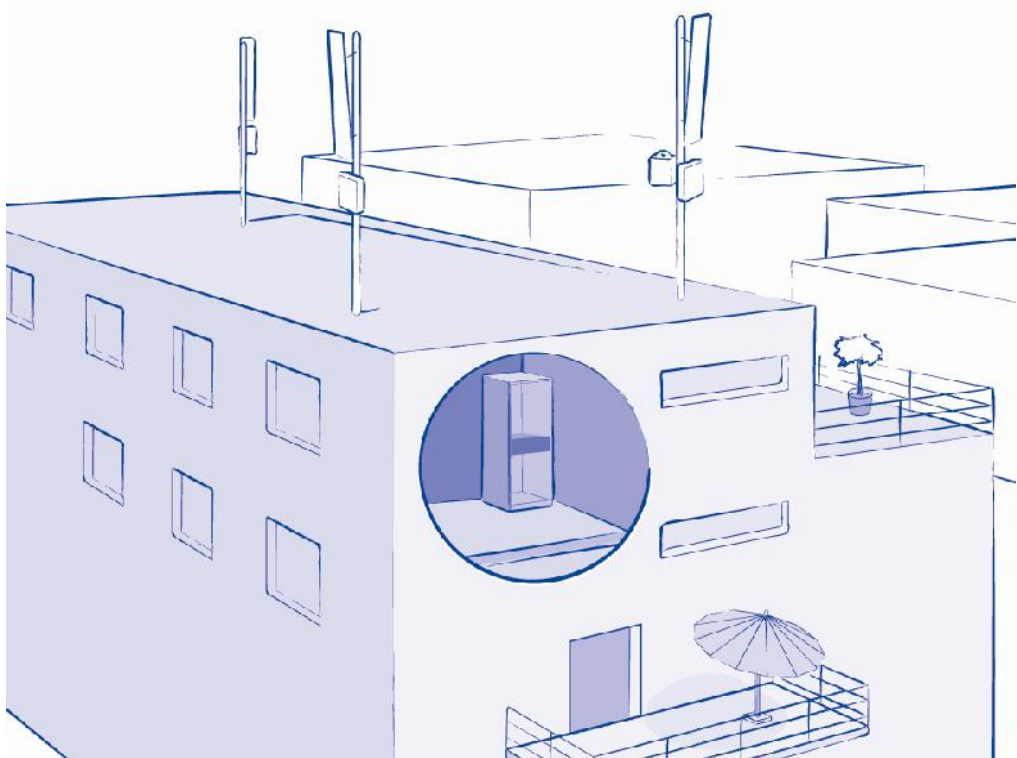
For more Main Remote site solution information please see the Main Remote site installation document.



## 3 Applications for RBS 6601

The RBS 6601 offers a wide spectrum of indoor applications. It is well suited for medium- to large capacity needs and is easy and flexible to set up.

### 3.1 Metropolitan Indoor Site



*Figure 8 Metropolitan Indoor Site*

The RBS 6601 is perfectly suited for metropolitan locations, with medium to large capacity needs and requirements for low power consumption. The small subunits are ideal for sites where access is limited or when site installation would result in an undesirable level of disturbance, as the included units can be carried using elevators or stairwells by hand.

The RRUs are mounted close to the antennas and the MU can be installed in an existing 19-inch rack or wall-mounting kit in an equipment room.

## 3.2 Suburban Shelter Site



*Figure 9 Suburban Shelter Site*

The RBS 6601 is a perfect solution for achieving coverage and capacity in suburban environments. The Main Remote RBS 6601 provides wide area coverage where expansion can be implemented in a cost efficient way.

Radio sites in remote areas with limited access to power infrastructure can benefit from the Main Remote RBS 6601, since it offers low power consumption and high efficiency at the same time.

The MU can be installed in an existing 19" rack in a small shelter below the tower, and each RRU is installed close to the antennas in the tower top.

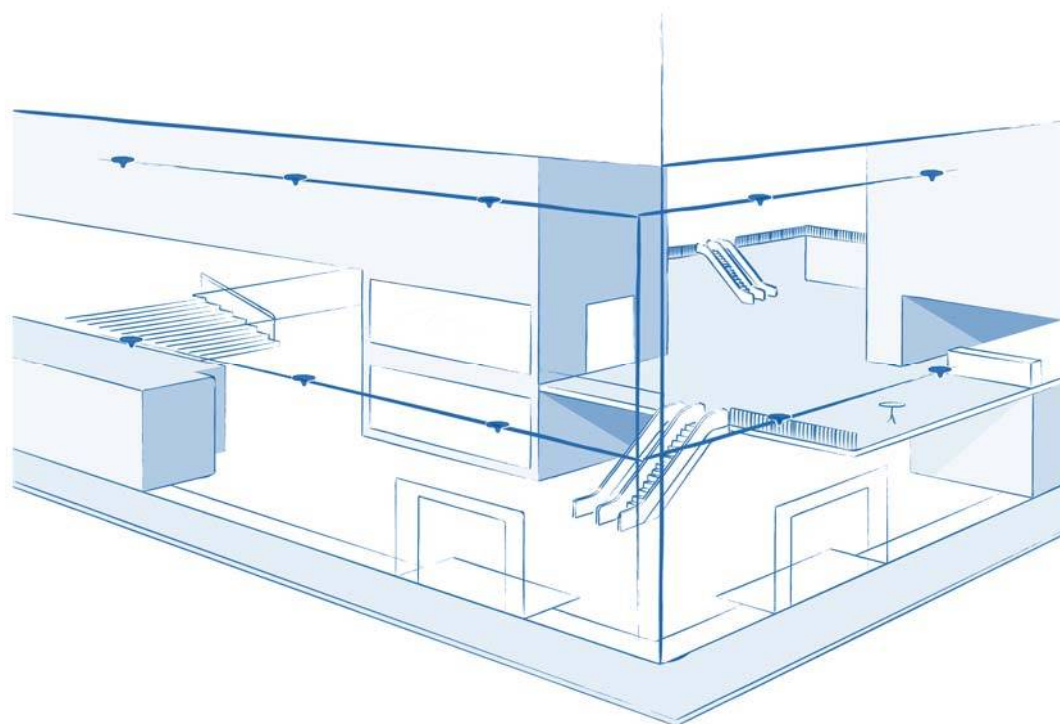
### 3.3 Highway Coverage Site



*Figure 10 Highway Coverage Site*

Cost-effective coverage and capacity, low power consumption, and simplified civil works make the RBS 6601 an ideal choice for highway coverage sites. The RRU can be spread out along the highway where they easily can be mounted on roadside poles, with negligible footprints, to minimize the interference on the surroundings. The MU is mounted in a shelter with a 19" rack.

### 3.4 In-building Coverage Solution



*Figure 11 In-Building Coverage Solution*

Using the RRU as a driver and connected to a Distributed Antenna System (DAS), the RBS 6601 is a good candidate when deploying in-building coverage. The possibility to spread out the RRU result in that one RBS can provide several buildings with exclusively tailored coverage.

This solution can preferable be deployed in locations such as shopping centers, train stations and sport arenas.

## 4 Configurations

### 4.1 Radio Configurations

The RRU22 is a WCDMA capable radio unit.

| RRU22 Configuration | Bandwidth  | Technology | Output Power* |
|---------------------|------------|------------|---------------|
| WCDMA               | 2 carriers | MCPA       | 20/40 W       |

The RRUW is a WCDMA capable radio unit.

| RRUW Configuration | Bandwidth  | Technology | Output Power* |
|--------------------|------------|------------|---------------|
| WCDMA              | 4 carriers | MCPA       | 20/40/60 W    |

The RRUS is a multi-standard unit and can amplify two standards simultaneously.

| Configuration     | Bandwidth  | Technology | Output Power* |
|-------------------|------------|------------|---------------|
| GSM High capacity | 4 TRXs     | MCPA       | 20/40/60 W    |
| WCDMA             | 4 carriers | MCPA       | 20/40/60 W    |
| LTE               | 20 MHz     | MCPA       | 20/40/60 W    |

\* Output power from the antenna reference point. The output power and number of cell carriers/bandwidth for RBS with RRUW or RRUS are set by use of HW activation codes.

For radio performance information please see RBS 6000 Radio Performance and RBS 3000 Radio Performance (for RRU22) in the Product Catalogue.

#### 4.1.1 GSM with MCPA

Example configurations

| Configuration ** | Number of RRUS | Output power per TRX* |
|------------------|----------------|-----------------------|
| 3×4              | 3              | 20 W                  |
| 3×8              | 6              | 20 W                  |
| 6×4              | 6              | 20 W                  |

\* Configured nominal output power.

\*\* In order to run 4 carriers @ 20W per RRUS, GSM BSS features are needed. See 45/221 04 – FGC 101 912 “GSM MCPA Intelligent Power Management” for more information.

Asymmetrical configurations of sectors and TRXs are supported.

#### 4.1.2 GSM Dualband with MCPA

Example configurations

| Configuration | Number of Radio Units | Output Power per TRX |
|---------------|-----------------------|----------------------|
| 3×4   3×4     | 3   3                 | 20 W / 43 dBm        |

#### 4.1.3 WCDMA

Example configurations with RRUW or RRUS

| Configuration | Number of Radio Units | Output Power per Cell Carrier (W) |
|---------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 3×1           | 3                     | 20 / 40 / 60                      |
| 3×1 MIMO      | 6                     | 20+20 / 40+40 / 60+60             |
| 3×2           | 3                     | 10 / 20 / 30                      |
| 3×2           | 6                     | 20 / 40 / 60                      |
| 3×2 MIMO      | 6                     | 10+10 / 20+20 / 30+30             |
| 3×3           | 3                     | 20                                |
| 3×3 MIMO      | 6                     | 20+20                             |
| 3×4           | 3                     | 15                                |
| 3×4           | 6                     | 20 / 30                           |
| 3×4 MIMO      | 6                     | 15+15                             |
| 6×1           | 6                     | 20 / 40 / 60                      |
| 6×2           | 6                     | 10 / 20 / 30                      |

Asymmetric configuration of sectors and TRXs is also supported. MIMO: e.g. 20+20 means 20 W per TX branch.

For examples of configurations with RRU22 please see RBS 3418 Product Description.

#### 4.1.4 WCDMA Dualband

This table shows example of dualband configurations with the 1900 and 850 MHz frequency bands.

Example configurations with RRUW or RRUS

| Configuration | Number of Radio Units | Output power per cell carrier (W) |              |
|---------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|
| 3×1   3×1     | 3   3                 | 20 / 40 / 60                      | 20 / 40 / 60 |
| 3×1   3×2     | 3   3                 | 20 / 40 / 60                      | 10 / 20 / 30 |
| 3×2   3×2     | 3   3                 | 10 / 20 / 30                      | 10 / 20 / 30 |

#### 4.1.5 LTE

Example configurations

| Configuration | Number of Radio Units | Output power (W) |
|---------------|-----------------------|------------------|
| 3×20 MHz      | 3                     | 60               |
| 3×20 MHz MIMO | 6                     | 60 + 60          |
| 6×20 MHz      | 6                     | 60               |

#### 4.1.6 LTE Dualband

Example configurations

| Configuration       | Number of Radio Units | Output power (W) |
|---------------------|-----------------------|------------------|
| 3×20 MHz   3×20 MHz | 3   3                 | 60   60          |

## 4.2 Digital Unit Configurations

### 4.2.1 GSM

| Configuration | DUG 20 | 2*DUG 20 |
|---------------|--------|----------|
| TRX           | 12     | 24       |

### 4.2.2 WCDMA

| Configuration                          | DUW 10  | DUW 20  | DUW 30  | 2*DUW 30  |
|----------------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Cell carriers                          | 6       | 6       | 6       | 12        |
| Channel Elements,<br>(Downlink/Uplink) | 128/128 | 384/384 | 768/512 | 1536/1024 |
| DL Peak Throughput (Mbps)              | 42      | 126     | 252     | 504       |
| UL Peak Throughput (Mbps)              | 12      | 36      | 48      | 96        |

### 4.2.3 LTE

| Configuration             | DUL 20 |
|---------------------------|--------|
| DL Peak Throughput (Mbps) | 173    |
| UL Peak Throughput (Mbps) | 56     |
| Number of users           | 1000   |

### 4.2.4 Transport Network Interfaces

| Digital Unit | Max # of DU<br>in MU | E1/T1 | E1/T1/J1 | STM-1 | 100/1000 Base-<br>T Ethernet |
|--------------|----------------------|-------|----------|-------|------------------------------|
| DUG 20       | 2                    | 4     |          |       |                              |
| DUW 10/20/30 | 1                    |       | 4        | 1     | 1                            |
| DUL 20       | 2                    |       |          |       | 1                            |

Additional interfaces and transport network configurations are available as options.



## 5 Technical Specifications

### 5.1 RRU, Supported standards

#### RRU22

| Frequency      | WCDMA |
|----------------|-------|
| 800 (B5)       | x     |
| 900E (B8)      | x     |
| 1700/2100 (B4) | x     |
| 1700/1800 (B9) | x     |
| 1900 (B2)      | x     |
| 2100 (B1)      | x     |

#### RRUW

| Frequency | WCDMA |
|-----------|-------|
| 800 (B5)  | x     |
| 1900 (B2) | X     |
| 2100 (B1) | X     |

#### RRUS

| Frequency      | GSM | WCDMA | LTE |
|----------------|-----|-------|-----|
| 700 (B12)      |     | x     | x   |
| 800 (B5)       | x   | x     | x   |
| 900P (B0)      | x   |       |     |
| 900E (B8)      | x   | x     | x   |
| 1700/2100 (B4) |     | x     | x   |
| 1800 (B3)      | x   | x     | x   |
| 1700/1800 (B9) |     | x     | x   |
| 1900 (B2)      | x   | x     | x   |
| 2100 (B1)      |     | x     | x   |
| 2600 (B7)      |     | x     | x   |

## 5.2 Power Options

| Unit | Nominal Voltage           |
|------|---------------------------|
| MU   | -48 VDC                   |
| RRU  | -48 V DC / 100–250 V AC * |

\* AC option comes with AC/DC converter outside RRU.

For power consumption information please see RBS 6000 Power Consumption and battery backup dimensioning guideline in the Product Catalogue.

## 5.3 Dimensions

The dimensions presented below refer to RRUS without the optional sun shield.

| Unit          | Height | Width  | Depth  |
|---------------|--------|--------|--------|
| MU (RBS 6601) | 66 mm  | 482 mm | 350 mm |
| RRU22 20W     | 410 mm | 334 mm | 176 mm |
| RRU22 40W     | 514 mm | 334 mm | 176 mm |
| RRUW & RRUS   | 600 mm | 350 mm | 112 mm |

## 5.4 Weight

| Unit                              | Weight                    |
|-----------------------------------|---------------------------|
| MU (RBS 6601 with one DUG or DUL) | 9 kg                      |
| MU (RBS 6601 with one DUW)        | 10.5 kg                   |
| RRU22 20W                         | 19 kg (without Sunshield) |
| RRU22 40W                         | 24 kg (without Sunshield) |
| RRUW & RRUS                       | 20 kg (without Sunshield) |

## 6 Environmental Capabilities

This section contains a brief overview of standards, type approval, and Electromagnetic Compatibility (EMC).

### 6.1 Safety Standards

In accordance with market requirements, the RBS 6000 complies with the following product safety standards and directives:

| Product Safety Compliance                             |
|-------------------------------------------------------|
| EU Directives: 73/23/EEC Low Voltage Directive        |
| Code of Federal Regulation 21 CFR 1040.10 and 1040.11 |
| EN 60 950-1/IEC 60 950-1:2001 and IEC 60 950:1999     |
| EN 60 215/IEC 60 215:1987                             |
| ANSI/UL 60 950-1/CSA C22.2 No. 60 950-1-03            |
| IEC 60 825-1/EN 60 825-1                              |

### 6.2 Other Standards and Requirements

#### 6.2.1 Electromagnetic Compatibility

The RBS complies with European Community requirements regarding EMC. The product is labeled with the CE mark in order to show compliance with the legal requirements.

#### 6.2.2 Product Approval Standards

The RBS complies with European Community requirements regarding radio performance. The product is labeled with the CE mark in order to show compliance with the legal requirements.

### 6.2.3 Earthquake Resistance

The RBS 6601 Main Unit is designed to withstand exposure to seismic activity in accordance with test method IEC/EN 60 068-2-57. The table below shows the vibration resistance.

| Vibration Resistance  | Specification   |
|-----------------------|-----------------|
| Normal operation      | Max. 0.02 m2/s3 |
| Exceptional operation | Max. 0.08 m2/s3 |
| Non-destructive       | Max. 0.15 m2/s3 |
| Shock                 | Max. 30 m/s2    |

### 6.2.4 Acoustic Noise

| Unit       | Temperature      | Sound Power Level |
|------------|------------------|-------------------|
| RRU22 40 W | +40°C            | < 43 dBA          |
|            | Room temperature | < 38 dBA          |

RRU22 20W, RRUW & RRUS generates no acoustic noise.

### 6.2.5 Operational Requirements

This section describes the operational environment for the RBS 6601.

| Unit        | Temperature Range | Relative Humidity |
|-------------|-------------------|-------------------|
| MU          | +5°C to +50°C     | 5–85%             |
| RRU22 20W   | -33°C to +50°C    | 5–100%            |
| RRU22 40W   | -33°C to +50°C    | 5–100%            |
| RRUW & RRUS | -40°C to +55°C    | 5–100%            |

# 7 Abbreviations

| Abbreviation | Meaning                                 |
|--------------|-----------------------------------------|
| AC           | Alternating Current                     |
| ACCU         | AC Connection Unit                      |
| ASC          | Antenna System Controller               |
| ATM          | Asynchronous Transfer Mode              |
| CE           | Channel Elements                        |
| DC           | Direct Current                          |
| DCCU         | DC Connection Unit                      |
| DU           | Digital Unit                            |
| EMC          | Electromagnetic Compatibility           |
| HSPA         | High Speed Packet Access                |
| GSM          | Global System for Mobile communications |
| LTE          | Long Term Evolution                     |
| MU           | Main Unit                               |
| PDU          | Power Distribution Unit                 |
| PSU          | Power Supply Unit                       |
| RBS          | Radio Base Station                      |
| RET          | Remote Electrical Tilt                  |
| RRU          | Radio Remote Unit                       |
| RU           | Radio Unit                              |
| RX           | Receiver                                |
| TMA          | Tower Mounted Amplifier                 |
| VSWR         | Voltage Standing Wave Ratio             |
| WCDMA        | Wideband Code Division Multiple Access  |

Ericsson AB 2008. All rights reserved.

The information in this document is the property of Ericsson.

The information in this document is subject to change without notice and Ericsson assumes no responsibility for factual inaccuracies or typographical errors.

Please note that this description includes details of both basic and optional products. It does not necessarily correspond to any specific release or delivery time, nor is it a complete technical specification.

# Outdoor Directional Dual-band Antenna

ODV-065R18B18K

XXPol, 806-960/1710-2170MHz, 65°, 17.2/17.8dBi

Comba

## Technical Specifications

### Electrical

| Frequency Range                      | MHz | 806-896                    | 870-960 | 1710-1880                 | 1850-1990 | 1920-2170 |
|--------------------------------------|-----|----------------------------|---------|---------------------------|-----------|-----------|
| Polarization                         |     | ± 45                       |         |                           |           |           |
| Gain                                 | dBi | 16.7                       | 17.2    | 17.5                      | 17.6      | 17.8      |
| Horizontal Beamwidth                 | deg | 65                         |         | 63                        |           |           |
| Vertical Beamwidth                   | deg | 7.5                        |         | 6.0                       |           |           |
| Electrical Downtilt Range            | deg | 0-7                        |         |                           |           |           |
| First Upper Sidelobe Suppression     | dB  | >17(0°), >15(4°), > 12(7°) |         | >18(0°), >17(4°), >15(8°) |           |           |
| Null Fill                            | dB  | < 22                       |         |                           |           |           |
| Front-To-Back Ratio                  | dB  | > 25                       |         |                           |           |           |
| VSWR                                 |     | ≤ 1.5:1                    |         |                           |           |           |
| Isolation Between Ports / Bands      | dB  | > 28 / > 40                |         |                           |           |           |
| Cross-polar Discrimination @ 0°      | dB  | > 17                       |         |                           |           |           |
| 3rd Order Intermodulation @ 2x43 dBm | dBc | < -150                     |         |                           |           |           |
| Maximum Power per Port               | W   | 250                        |         | 100                       |           |           |
| Impedance                            | Ω   | 50                         |         |                           |           |           |
| Lightning Protection                 |     | Direct Ground              |         |                           |           |           |

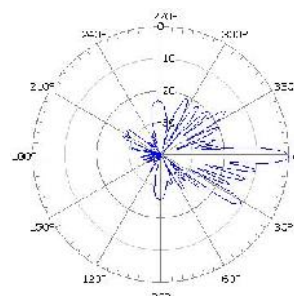
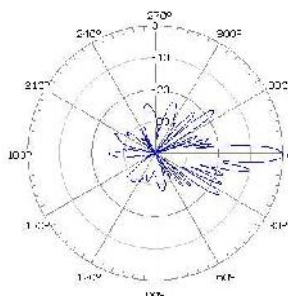
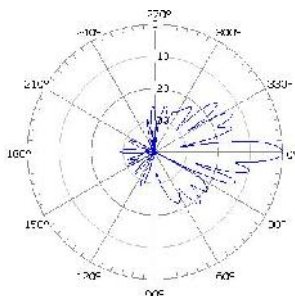
### Mechanical

|                              |            |                                       |
|------------------------------|------------|---------------------------------------|
| Dimensions, HxWxD            | mm (in)    | 2615x265x141 (102.8x10.4x5.5)         |
| Weight, without Mounting Kit | kg (lb)    | 25 (55.1)                             |
| Weight, with Mounting Kit    | kg (lb)    | 31 (68.3)                             |
| Radome Material and Color    |            | UV Resistant PVC, Light Grey, RAL7035 |
| Mounting Kit                 |            | 00-Z110(08)                           |
| Reflector Material           |            | Aluminum                              |
| Radiating Element Material   |            | Zinc Composite                        |
| Connector Type and Location  |            | 2 x or 4 x 7/16 DIN-Female, Bottom    |
| Operational Temperature      | °C         | -55 to +70                            |
| Operational Humidity         | %          | $\leq 95$                             |
| Operational Wind Speed       | km/h (mph) | 200 (124.3)                           |
| Shipping Dimensions, HxWxD   | mm (in)    | 2830x375x280 (111.4x14.8x11.0)        |
| Shipping Weight              | kg (lb)    | 36 (79.4)                             |

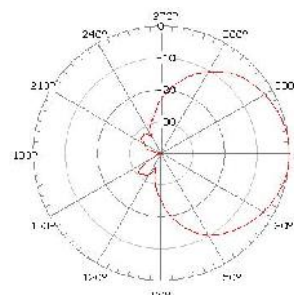
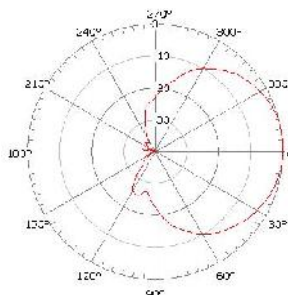
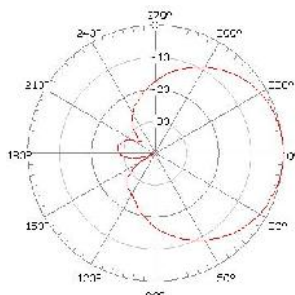


## Antenna Pattern

Vertical pattern



Horizontal pattern



860MHz @ 0°

1880MHz @ 0°

2170MHz @ 0°



Empowered by Innovation

**NEC**

Scalable solutions for current and future needs

# PASOLINK NEO/c

A comprehensive lineup of  
versatile digital microwave relay equipment





# NEC and the new world

NEC's technological innovations enhance PASOLINK

**N**EC's PASOLINK series (PASOLINK NEO, PASOLINK NEO/c) lineup of short-haul access digital microwave relay systems offers a wide range of access frequencies in the 6-52 GHz band for PASOLINK NEO, and 7-38 GHz band for PASOLINK NEO/c. Traffic capacity ranges from 5 x 2 to 48 x 2 Mbps, 155 Mbps and 2 x 155 Mbps (STM-1) for PASOLINK NEO, and 5 x 2 to 16 x 2 Mbps for PASOLINK NEO/c.

All PASOLINK systems are compact and lightweight, and consist of an antenna, an ODU (Outdoor transmitter/receiver Unit) and an IDU (Indoor modulator/demodulator Unit).

PASOLINK systems feature simple installation and fast rollout, and offer high-speed transmission, scalability for future network expansion, and cost-effective operation. To improve the efficiency, flexibility and overall performance of your network, go with PASOLINK from NEC.

## Hallmarks of PASOLINK

### ■ Small Size and Light Weight

- Lighter, more compact microwave relay systems

### ■ High Reliability, High System Gain

- PASOLINK systems continue to lead the industry

### ■ Broad Compatibility

- Free combination of PASOLINK NEO and NEO/c ODU and IDU

## PASOLINK NEO/c Features

### ■ 10/100BASE-T(X) Interface (1+1/1+0 Expandable)

In addition to the current E1 interfaces, two 10/100 BASE-T(X) interface ports are provided. They enable flexible allocation of bandwidth between E1 and 10BASE-T traffic. Each of the 10/100BASE-T(X) channels can be assigned any of the following data rates: 10 to 40 Mbps, and the remaining capacity can be allotted to E1 usage.

### ■ Automatic Transmitter Power Control (ATPC)

ATPC reduces interference affecting nearby systems, improves residual BER performance, and alleviates up-fade problem.

### ■ Hitless Switch (1+1)

Can be used to provide an antenna space diversity system.

### ■ Transversal Equalizer

Helps compensate for selective fading.

### ■ Received Signal Level (RSL) Monitoring

Continuous monitoring mode is available through the Local Craft Terminal.

### ■ Powerful Forward Error Correction (FEC)

Reed-Solomon FEC realizes excellent transmission characteristics.

### ■ Good maintainability with advanced PNMSj (PASOLINK Network Management System Java version)

## Applications

### ■ Mobile Networks (GSM/GPRS/UMTS/HSDPA)

Serves as link between BTSs/Node-Bs in mobile network, and provides communication channels from backbone network to BTSs/Node-Bs through mobile switching center and BSCs/RNCs.

### ■ LAN/WAN Connection

Provides ideal intranet-to-intranet (building-to-building) and intranet-to-public-network connection via a 10/100BASE-T(X) interface.

\*E1 and 10/100BASE-T(X) interfaces can be used simultaneously.

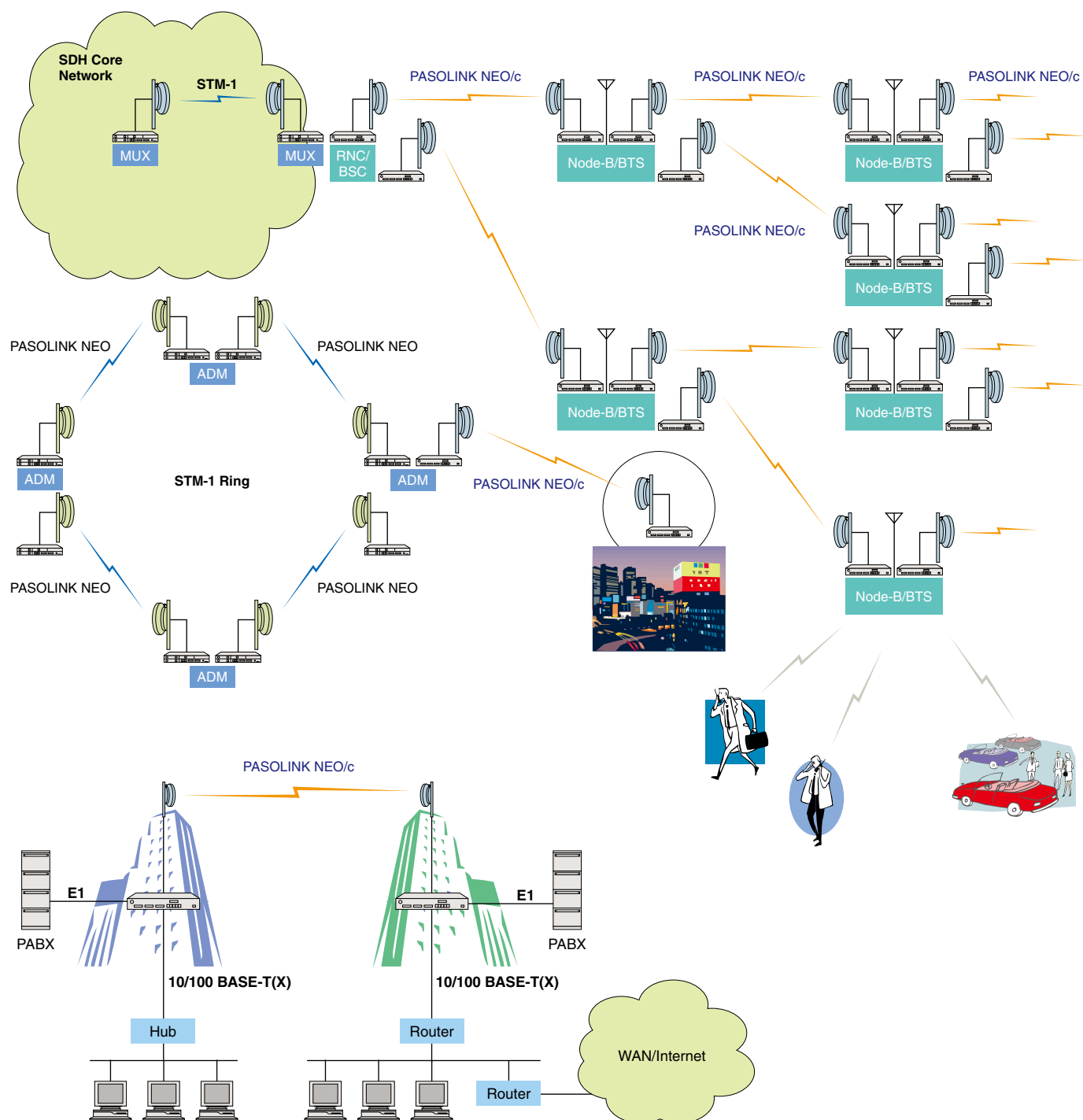
### ■ Fiber-Optic Link Backup

- In the event of a natural disaster or other disruption, PASOLINK acts as a backup to the fiber-optic link should disconnection occur.
- Enables transmission between points separated by natural obstacles such as rivers, mountains or valleys.
- Serves as temporary link for sites or facilities under construction.



# of radio access systems

ANK system versatility, efficiency and reliability



| Category              | Frequency                            | Traffic Capacity                                           | Traffic Interface                                |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>PASOLINK NEO/c</b> | 7/8/13/15/18/23/26/38 GHz            | 5x2 Mbps (1+0 fix)<br>5x2, 10x2, 16x2 Mbps (Bit rate free) | E1, 10/100BASE-T(X) (1+1/1+0 Expandable)         |
| <b>PASOLINK NEO</b>   | 6/7/8/13/15/18/23/26/28/32/38/52 GHz | 5x2, 10x2, 16x2, 40x2, 48x2 Mbps<br>155, 2x155 Mbps        | E1, E3, STM-1, 10/100BASE-T(X), 1000BASE-SX/TX/T |

## List of abbreviations

ADM: Add/Drop Multiplexer  
 ANT: Antenna  
 ATPC: Automatic Transmitter Power Control  
 BSC: Base Station Controller  
 BTS: Base Transceiver Station

IDU: Indoor modulator/demodulator Unit  
 MUX: Multiplexer  
 ODU: Outdoor transmitter/receiver Unit  
 PABX: Private Automatic Branch Exchange  
 RNC: Radio Network Controller

SDH: Synchronous Digital Hierarchy  
 WAN: Wide-Area Network  
 HSDPA: High-Speed Downlink Packet Access

# Specifications

(Typical Value)

|                                                                    |                                                                                                                                                                                                  |             |            |           |           |            |                |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|----------------|
| <b>Classification</b>                                              | PASOLINK NEO/c                                                                                                                                                                                   |             |            |           |           |            |                |
| <b>Frequency Band</b>                                              | 7/8 GHz                                                                                                                                                                                          | 13 GHz      | 15 GHz     | 18 GHz    | 23 GHz    | 26 GHz     | 38 GHz         |
| <b>Range (GHz)</b>                                                 | 7.125-8.5                                                                                                                                                                                        | 12.75-13.25 | 14.2-15.35 | 17.7-19.7 | 21.2-23.6 | 24.25-26.5 | 37.0-40.0      |
| <b>Modulation Scheme</b>                                           | QPSK fixed/QPSK or 16QAM software selectable                                                                                                                                                     |             |            |           |           |            |                |
| <b>Channel Spacing (MHz)</b>                                       | QPSK: 7 (5E1), 14 (10E1), 28 (16E1)                                                                                                                                                              |             |            |           |           |            |                |
| <b>Traffic Capacity*1</b>                                          | 16QAM: 3.5 (5E1), 7 (10E1), 14 (16E1)                                                                                                                                                            |             |            |           |           |            |                |
| <b>Frequency Stability</b>                                         | ±6 ppm                                                                                                                                                                                           |             |            |           |           |            |                |
| <b>Configuration</b>                                               | 1+0, 1+1 (HS), 1+1 (HS/SD), 1+1 (FD)                                                                                                                                                             |             |            |           |           |            |                |
| <b>Tx Power (dBm)</b>                                              |                                                                                                                                                                                                  |             |            |           |           |            |                |
| <b>PDH/QPSK</b>                                                    | 27                                                                                                                                                                                               | 25          | 23         | 23        | 23        | 20         | 15             |
| <b>PDH/16QAM</b>                                                   | 21                                                                                                                                                                                               | 19          | 17         | 17        | 17        | 14         | 11             |
| <b>System Gain (dB measured at Ant. Port, BER=10<sup>-6</sup>)</b> | (BER=10 <sup>-3</sup> : Below value +1.5 dB)                                                                                                                                                     |             |            |           |           |            |                |
| <b>QPSK 16xE1</b>                                                  | 110.0                                                                                                                                                                                            | 108.0       | 106.0      | 105.0     | 104.0     | 100.5      | 95.5           |
| <b>10xE1</b>                                                       | 113.0                                                                                                                                                                                            | 111.0       | 109.0      | 108.0     | 107.0     | 103.5      | 98.5           |
| <b>5xE1</b>                                                        | 116.0                                                                                                                                                                                            | 114.0       | 112.0      | 111.0     | 110.0     | 106.5      | 101.5          |
| <b>16QAM 16xE1</b>                                                 | 100.5                                                                                                                                                                                            | 98.5        | 96.5       | 95.5      | 94.5      | 91.0       | 87.5           |
| <b>10xE1</b>                                                       | 103.5                                                                                                                                                                                            | 101.5       | 99.5       | 98.5      | 97.5      | 94.0       | 90.5           |
| <b>5xE1</b>                                                        | 106.5                                                                                                                                                                                            | 104.5       | 102.5      | 101.5     | 101.5     | 97.0       | 93.5           |
| <b>MTPC Range (1 dB step, variable)</b>                            |                                                                                                                                                                                                  |             |            |           |           |            |                |
| <b>QPSK</b>                                                        | -30 dB to 0 dB                                                                                                                                                                                   |             |            |           |           |            | -25 dB to 0 dB |
| <b>16QAM</b>                                                       | -24 dB to 0 dB                                                                                                                                                                                   |             |            |           |           |            |                |
| <b>ATPC Range (1 dB step)</b>                                      |                                                                                                                                                                                                  |             |            |           |           |            |                |
| <b>QPSK</b>                                                        | -30 dB to 0 dB                                                                                                                                                                                   |             |            |           |           |            | -25 dB to 0 dB |
| <b>16QAM</b>                                                       | -24 dB to 0 dB                                                                                                                                                                                   |             |            |           |           |            |                |
| <b>Traffic Interface</b>                                           | E1 D-sub connector type: 75/120 ohms selectable<br>10/100Base-T(X): RJ45 (1+1/1+0 Expandable)<br>BNC interface (option)*4                                                                        |             |            |           |           |            |                |
| <b>Service Channel</b>                                             | 2 x RS232C (9.6 Kbps ASYNC), 1 x V.11 (9.6 Kbps ASYNC), 1 x V.11 (64 Kbps SYNC Contra/Co-directional), 1xEngineering (OW)                                                                        |             |            |           |           |            |                |
| <b>Standard Compliance</b>                                         | Operation IDU: ETSI EN301019-1-3 class 3.1E<br>Operation ODU: ETSI EN301019-1-4 class 4.1<br>Transportation IDU/ODU: ETSI EN301019-1-2 class 2.3<br>Storage IDU/ODU: ETSI EN301019-1-1 class 1.2 |             |            |           |           |            |                |
| <b>Antenna Size</b>                                                | 0.3/0.6/0.8(0.9)/1.2 and 1.8 m*2                                                                                                                                                                 |             |            |           |           |            |                |
| <b>Operating Temperature</b>                                       | IDU: -5 to +50°C (workable -10 to +55°C)<br>ODU: -33 to +50°C (workable -40 to +55°C)                                                                                                            |             |            |           |           |            |                |
| <b>Operation System</b>                                            | Local Craft Terminal (standard tool) or PASOLINK Network Management Terminal (option)                                                                                                            |             |            |           |           |            |                |
| <b>Dimensions (mm)</b>                                             |                                                                                                                                                                                                  |             |            |           |           |            |                |
| <b>ODU</b>                                                         | 7/8 GHz: 237 (W) x 237 (H) x 101 (D)<br>13-38 GHz: 239 (W) x 247 (H) x 68 (D)                                                                                                                    |             |            |           |           |            |                |
| <b>IDU</b>                                                         | 1+0: 482 (W) x 44 (H) x 190 (D)<br>1+1/1+0 Expandable: 482 (W) x 44 (H) x 230 (D)                                                                                                                |             |            |           |           |            |                |
| <b>Weight (approx.)</b>                                            |                                                                                                                                                                                                  |             |            |           |           |            |                |
| <b>ODU</b>                                                         | 7/8 GHz: 3.5 kg, 13-38 GHz: 3 kg                                                                                                                                                                 |             |            |           |           |            |                |
| <b>IDU</b>                                                         | 1+0: 2.5 kg<br>1+1: 5 kg                                                                                                                                                                         |             |            |           |           |            |                |
| <b>Power Consumption*3 (approx.)</b>                               | 1+0: 40 W<br>1+1: 80 W                                                                                                                                                                           |             |            |           |           |            |                |
| <b>Input DC voltage</b>                                            | -48 V (-40.5 to -57 V), +24 V optional                                                                                                                                                           |             |            |           |           |            |                |
| <b>EMC</b>                                                         | Conforms to ETS 301489-4                                                                                                                                                                         |             |            |           |           |            |                |
| <b>Electrical Specifications</b>                                   | Conforms to ETS 302217-2-2                                                                                                                                                                       |             |            |           |           |            |                |

\*1: for 18 GHz 13.75 MHz (QPSK/10E1, 16QAM/16E1) and 27.5 MHz (QPSK/16E1) are available.

\*2: Availability depends on frequency band.

\*3: Combination of ODU and IDU.

\*4: In case of 16x2 Mbps interface with BNC connector type, optional interface board (height: 44 mm) is required.

Specifications are subject to change without notice.

# Erlang B Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N

B is in %

| N/B | 0.01  | 0.05  | 0.1   | 0.5   | 1.0   | 2     | 5     | 10    | 15    | 20    | 30    | 40    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | .0001 | .0005 | .0010 | .0050 | .0101 | .0204 | .0526 | .1111 | .1765 | .2500 | .4286 | .6667 |
| 2   | .0142 | .0321 | .0458 | .1054 | .1526 | .2235 | .3813 | .5954 | .7962 | 1.000 | 1.449 | 2.000 |
| 3   | .0868 | .1517 | .1938 | .3490 | .4555 | .6022 | .8994 | 1.271 | 1.603 | 1.930 | 2.633 | 3.480 |
| 4   | .2347 | .3624 | .4393 | .7012 | .8694 | 1.092 | 1.525 | 2.045 | 2.501 | 2.945 | 3.891 | 5.021 |
| 5   | .4520 | .6486 | .7621 | 1.132 | 1.361 | 1.657 | 2.219 | 2.881 | 3.454 | 4.010 | 5.189 | 6.596 |
| 6   | .7282 | .9957 | 1.146 | 1.622 | 1.909 | 2.276 | 2.960 | 3.758 | 4.445 | 5.109 | 6.514 | 8.191 |
| 7   | 1.054 | 1.392 | 1.579 | 2.158 | 2.501 | 2.935 | 3.738 | 4.666 | 5.461 | 6.230 | 7.856 | 9.800 |
| 8   | 1.422 | 1.830 | 2.051 | 2.730 | 3.128 | 3.627 | 4.543 | 5.597 | 6.498 | 7.369 | 9.213 | 11.42 |
| 9   | 1.826 | 2.302 | 2.558 | 3.333 | 3.783 | 4.345 | 5.370 | 6.546 | 7.551 | 8.522 | 10.58 | 13.05 |
| 10  | 2.260 | 2.803 | 3.092 | 3.961 | 4.461 | 5.084 | 6.216 | 7.511 | 8.616 | 9.685 | 11.95 | 14.68 |
| 11  | 2.722 | 3.329 | 3.651 | 4.610 | 5.160 | 5.842 | 7.076 | 8.487 | 9.691 | 10.86 | 13.33 | 16.31 |
| 12  | 3.207 | 3.878 | 4.231 | 5.279 | 5.876 | 6.615 | 7.950 | 9.474 | 10.78 | 12.04 | 14.72 | 17.95 |
| 13  | 3.713 | 4.447 | 4.831 | 5.964 | 6.607 | 7.402 | 8.835 | 10.47 | 11.87 | 13.22 | 16.11 | 19.60 |
| 14  | 4.239 | 5.032 | 5.446 | 6.663 | 7.352 | 8.200 | 9.730 | 11.47 | 12.97 | 14.41 | 17.50 | 21.24 |
| 15  | 4.781 | 5.634 | 6.077 | 7.376 | 8.108 | 9.010 | 10.63 | 12.48 | 14.07 | 15.61 | 18.90 | 22.89 |
| 16  | 5.339 | 6.250 | 6.722 | 8.100 | 8.875 | 9.828 | 11.54 | 13.50 | 15.18 | 16.81 | 20.30 | 24.54 |
| 17  | 5.911 | 6.878 | 7.378 | 8.834 | 9.652 | 10.66 | 12.46 | 14.52 | 16.29 | 18.01 | 21.70 | 26.19 |
| 18  | 6.496 | 7.519 | 8.046 | 9.578 | 10.44 | 11.49 | 13.39 | 15.55 | 17.41 | 19.22 | 23.10 | 27.84 |
| 19  | 7.093 | 8.170 | 8.724 | 10.33 | 11.23 | 12.33 | 14.32 | 16.58 | 18.53 | 20.42 | 24.51 | 29.50 |
| 20  | 7.701 | 8.831 | 9.412 | 11.09 | 12.03 | 13.18 | 15.25 | 17.61 | 19.65 | 21.64 | 25.92 | 31.15 |
| 21  | 8.319 | 9.501 | 10.11 | 11.86 | 12.84 | 14.04 | 16.19 | 18.65 | 20.77 | 22.85 | 27.33 | 32.81 |
| 22  | 8.946 | 10.18 | 10.81 | 12.64 | 13.65 | 14.90 | 17.13 | 19.69 | 21.90 | 24.06 | 28.74 | 34.46 |
| 23  | 9.583 | 10.87 | 11.52 | 13.42 | 14.47 | 15.76 | 18.08 | 20.74 | 23.03 | 25.28 | 30.15 | 36.12 |
| 24  | 10.23 | 11.56 | 12.24 | 14.20 | 15.30 | 16.63 | 19.03 | 21.78 | 24.16 | 26.50 | 31.56 | 37.78 |
| 25  | 10.88 | 12.26 | 12.97 | 15.00 | 16.13 | 17.51 | 19.99 | 22.83 | 25.30 | 27.72 | 32.97 | 39.44 |
| 26  | 11.54 | 12.97 | 13.70 | 15.80 | 16.96 | 18.38 | 20.94 | 23.89 | 26.43 | 28.94 | 34.39 | 41.10 |
| 27  | 12.21 | 13.69 | 14.44 | 16.60 | 17.80 | 19.27 | 21.90 | 24.94 | 27.57 | 30.16 | 35.80 | 42.76 |
| 28  | 12.88 | 14.41 | 15.18 | 17.41 | 18.64 | 20.15 | 22.87 | 26.00 | 28.71 | 31.39 | 37.21 | 44.41 |
| 29  | 13.56 | 15.13 | 15.93 | 18.22 | 19.49 | 21.04 | 23.83 | 27.05 | 29.85 | 32.61 | 38.63 | 46.07 |
| 30  | 14.25 | 15.86 | 16.68 | 19.03 | 20.34 | 21.93 | 24.80 | 28.11 | 31.00 | 33.84 | 40.05 | 47.74 |
| 31  | 14.94 | 16.60 | 17.44 | 19.85 | 21.19 | 22.83 | 25.77 | 29.17 | 32.14 | 35.07 | 41.46 | 49.40 |
| 32  | 15.63 | 17.34 | 18.21 | 20.68 | 22.05 | 23.73 | 26.75 | 30.24 | 33.28 | 36.30 | 42.88 | 51.06 |
| 33  | 16.34 | 18.09 | 18.97 | 21.51 | 22.91 | 24.63 | 27.72 | 31.30 | 34.43 | 37.52 | 44.30 | 52.72 |
| 34  | 17.04 | 18.84 | 19.74 | 22.34 | 23.77 | 25.53 | 28.70 | 32.37 | 35.58 | 38.75 | 45.72 | 54.38 |
| 35  | 17.75 | 19.59 | 20.52 | 23.17 | 24.64 | 26.44 | 29.68 | 33.43 | 36.72 | 39.99 | 47.14 | 56.04 |
| 36  | 18.47 | 20.35 | 21.30 | 24.01 | 25.51 | 27.34 | 30.66 | 34.50 | 37.87 | 41.22 | 48.56 | 57.70 |
| 37  | 19.19 | 21.11 | 22.08 | 24.85 | 26.38 | 28.25 | 31.64 | 35.57 | 39.02 | 42.45 | 49.98 | 59.37 |
| 38  | 19.91 | 21.87 | 22.86 | 25.69 | 27.25 | 29.17 | 32.62 | 36.64 | 40.17 | 43.68 | 51.40 | 61.03 |
| 39  | 20.64 | 22.64 | 23.65 | 26.53 | 28.13 | 30.08 | 33.61 | 37.72 | 41.32 | 44.91 | 52.82 | 62.69 |
| 40  | 21.37 | 23.41 | 24.44 | 27.38 | 29.01 | 31.00 | 34.60 | 38.79 | 42.48 | 46.15 | 54.24 | 64.35 |
| 41  | 22.11 | 24.19 | 25.24 | 28.23 | 29.89 | 31.92 | 35.58 | 39.86 | 43.63 | 47.38 | 55.66 | 66.02 |
| 42  | 22.85 | 24.97 | 26.04 | 29.09 | 30.77 | 32.84 | 36.57 | 40.94 | 44.78 | 48.62 | 57.08 | 67.68 |
| 43  | 23.59 | 25.75 | 26.84 | 29.94 | 31.66 | 33.76 | 37.57 | 42.01 | 45.94 | 49.85 | 58.50 | 69.34 |

|    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 44 | 24.33 | 26.53 | 27.64 | 30.80 | 32.54 | 34.68 | 38.56 | 43.09 | 47.09 | 51.09 | 59.92 | 71.01 |
| 45 | 25.08 | 27.32 | 28.45 | 31.66 | 33.43 | 35.61 | 39.55 | 44.17 | 48.25 | 52.32 | 61.35 | 72.67 |
| 46 | 25.83 | 28.11 | 29.26 | 32.52 | 34.32 | 36.53 | 40.55 | 45.24 | 49.40 | 53.56 | 62.77 | 74.33 |
| 47 | 26.59 | 28.90 | 30.07 | 33.38 | 35.22 | 37.46 | 41.54 | 46.32 | 50.56 | 54.80 | 64.19 | 76.00 |
| 48 | 27.34 | 29.70 | 30.88 | 34.25 | 36.11 | 38.39 | 42.54 | 47.40 | 51.71 | 56.03 | 65.61 | 77.66 |
| 49 | 28.10 | 30.49 | 31.69 | 35.11 | 37.00 | 39.32 | 43.53 | 48.48 | 52.87 | 57.27 | 67.04 | 79.32 |
| 50 | 28.87 | 31.29 | 32.51 | 35.98 | 37.90 | 40.26 | 44.53 | 49.56 | 54.03 | 58.51 | 68.46 | 80.99 |
| 51 | 29.63 | 32.09 | 33.33 | 36.85 | 38.80 | 41.19 | 45.53 | 50.64 | 55.19 | 59.75 | 69.88 | 82.65 |
| 52 | 30.40 | 32.90 | 34.15 | 37.72 | 39.70 | 42.12 | 46.53 | 51.73 | 56.35 | 60.99 | 71.31 | 84.32 |
| 53 | 31.17 | 33.70 | 34.98 | 38.60 | 40.60 | 43.06 | 47.53 | 52.81 | 57.50 | 62.22 | 72.73 | 85.98 |
| 54 | 31.94 | 34.51 | 35.80 | 39.47 | 41.51 | 44.00 | 48.54 | 53.89 | 58.66 | 63.46 | 74.15 | 87.65 |
| 55 | 32.72 | 35.32 | 36.63 | 40.35 | 42.41 | 44.94 | 49.54 | 54.98 | 59.82 | 64.70 | 75.58 | 89.31 |
| 56 | 33.49 | 36.13 | 37.46 | 41.23 | 43.32 | 45.88 | 50.54 | 56.06 | 60.98 | 65.94 | 77.00 | 90.97 |
| 57 | 34.27 | 36.95 | 38.29 | 42.11 | 44.22 | 46.82 | 51.55 | 57.14 | 62.14 | 67.18 | 78.43 | 92.64 |
| 58 | 35.05 | 37.76 | 39.12 | 42.99 | 45.13 | 47.76 | 52.55 | 58.23 | 63.31 | 68.42 | 79.85 | 94.30 |
| 59 | 35.84 | 38.58 | 39.96 | 43.87 | 46.04 | 48.70 | 53.56 | 59.32 | 64.47 | 69.66 | 81.27 | 95.97 |
| 60 | 36.62 | 39.40 | 40.80 | 44.76 | 46.95 | 49.64 | 54.57 | 60.40 | 65.63 | 70.90 | 82.70 | 97.63 |
| 61 | 37.41 | 40.22 | 41.63 | 45.64 | 47.86 | 50.59 | 55.57 | 61.49 | 66.79 | 72.14 | 84.12 | 99.30 |
| 62 | 38.20 | 41.05 | 42.47 | 46.53 | 48.77 | 51.53 | 56.58 | 62.58 | 67.95 | 73.38 | 85.55 | 101.0 |
| 63 | 38.99 | 41.87 | 43.31 | 47.42 | 49.69 | 52.48 | 57.59 | 63.66 | 69.11 | 74.63 | 86.97 | 102.6 |
| 64 | 39.78 | 42.70 | 44.16 | 48.31 | 50.60 | 53.43 | 58.60 | 64.75 | 70.28 | 75.87 | 88.40 | 104.3 |
| 65 | 40.58 | 43.52 | 45.00 | 49.20 | 51.52 | 54.38 | 59.61 | 65.84 | 71.44 | 77.11 | 89.82 | 106.0 |
| 66 | 41.38 | 44.35 | 45.85 | 50.09 | 52.44 | 55.33 | 60.62 | 66.93 | 72.60 | 78.35 | 91.25 | 107.6 |
| 67 | 42.17 | 45.18 | 46.69 | 50.98 | 53.35 | 56.28 | 61.63 | 68.02 | 73.77 | 79.59 | 92.67 | 109.3 |
| 68 | 42.97 | 46.02 | 47.54 | 51.87 | 54.27 | 57.23 | 62.64 | 69.11 | 74.93 | 80.83 | 94.10 | 111.0 |
| 69 | 43.77 | 46.85 | 48.39 | 52.77 | 55.19 | 58.18 | 63.65 | 70.20 | 76.09 | 82.08 | 95.52 | 112.6 |
| 70 | 44.58 | 47.68 | 49.24 | 53.66 | 56.11 | 59.13 | 64.67 | 71.29 | 77.26 | 83.32 | 96.95 | 114.3 |
| 71 | 45.38 | 48.52 | 50.09 | 54.56 | 57.03 | 60.08 | 65.68 | 72.38 | 78.42 | 84.56 | 98.37 | 116.0 |
| 72 | 46.19 | 49.36 | 50.94 | 55.46 | 57.96 | 61.04 | 66.69 | 73.47 | 79.59 | 85.80 | 99.80 | 117.6 |
| 73 | 47.00 | 50.20 | 51.80 | 56.35 | 58.88 | 61.99 | 67.71 | 74.56 | 80.75 | 87.05 | 101.2 | 119.3 |
| 74 | 47.81 | 51.04 | 52.65 | 57.25 | 59.80 | 62.95 | 68.72 | 75.65 | 81.92 | 88.29 | 102.7 | 120.9 |
| 75 | 48.62 | 51.88 | 53.51 | 58.15 | 60.73 | 63.90 | 69.74 | 76.74 | 83.08 | 89.53 | 104.1 | 122.6 |
| 76 | 49.43 | 52.72 | 54.37 | 59.05 | 61.65 | 64.86 | 70.75 | 77.83 | 84.25 | 90.78 | 105.5 | 124.3 |
| 77 | 50.24 | 53.56 | 55.23 | 59.96 | 62.58 | 65.81 | 71.77 | 78.93 | 85.41 | 92.02 | 106.9 | 125.9 |
| 78 | 51.05 | 54.41 | 56.09 | 60.86 | 63.51 | 66.77 | 72.79 | 80.02 | 86.58 | 93.26 | 108.4 | 127.6 |
| 79 | 51.87 | 55.25 | 56.95 | 61.76 | 64.43 | 67.73 | 73.80 | 81.11 | 87.74 | 94.51 | 109.8 | 129.3 |
| 80 | 52.69 | 56.10 | 57.81 | 62.67 | 65.36 | 68.69 | 74.82 | 82.20 | 88.91 | 95.75 | 111.2 | 130.9 |
| 81 | 53.51 | 56.95 | 58.67 | 63.57 | 66.29 | 69.65 | 75.84 | 83.30 | 90.08 | 96.99 | 112.6 | 132.6 |
| 82 | 54.33 | 57.80 | 59.54 | 64.48 | 67.22 | 70.61 | 76.86 | 84.39 | 91.24 | 98.24 | 114.1 | 134.3 |
| 83 | 55.15 | 58.65 | 60.40 | 65.39 | 68.15 | 71.57 | 77.87 | 85.48 | 92.41 | 99.48 | 115.5 | 135.9 |
| 84 | 55.97 | 59.50 | 61.27 | 66.29 | 69.08 | 72.53 | 78.89 | 86.58 | 93.58 | 100.7 | 116.9 | 137.6 |
| 85 | 56.79 | 60.35 | 62.14 | 67.20 | 70.02 | 73.49 | 79.91 | 87.67 | 94.74 | 102.0 | 118.3 | 139.3 |
| 86 | 57.62 | 61.21 | 63.00 | 68.11 | 70.95 | 74.45 | 80.93 | 88.77 | 95.91 | 103.2 | 119.8 | 140.9 |
| 87 | 58.44 | 62.06 | 63.87 | 69.02 | 71.88 | 75.42 | 81.95 | 89.86 | 97.08 | 104.5 | 121.2 | 142.6 |
| 88 | 59.27 | 62.92 | 64.74 | 69.93 | 72.82 | 76.38 | 82.97 | 90.96 | 98.25 | 105.7 | 122.6 | 144.3 |
| 89 | 60.10 | 63.77 | 65.61 | 70.84 | 73.75 | 77.34 | 83.99 | 92.05 | 99.41 | 107.0 | 124.0 | 145.9 |
| 90 | 60.92 | 64.63 | 66.48 | 71.76 | 74.68 | 78.31 | 85.01 | 93.15 | 100.6 | 108.2 | 125.5 | 147.6 |

|     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 91  | 61.75 | 65.49 | 67.36 | 72.67 | 75.62 | 79.27 | 86.04 | 94.24 | 101.8 | 109.4 | 126.9 | 149.3 |
| 92  | 62.58 | 66.35 | 68.23 | 73.58 | 76.56 | 80.24 | 87.06 | 95.34 | 102.9 | 110.7 | 128.3 | 150.9 |
| 93  | 63.42 | 67.21 | 69.10 | 74.50 | 77.49 | 81.20 | 88.08 | 96.43 | 104.1 | 111.9 | 129.8 | 152.6 |
| 94  | 64.25 | 68.07 | 69.98 | 75.41 | 78.43 | 82.17 | 89.10 | 97.53 | 105.3 | 113.2 | 131.2 | 154.3 |
| 95  | 65.08 | 68.93 | 70.85 | 76.33 | 79.37 | 83.13 | 90.12 | 98.63 | 106.4 | 114.4 | 132.6 | 155.9 |
| 96  | 65.92 | 69.79 | 71.73 | 77.24 | 80.31 | 84.10 | 91.15 | 99.72 | 107.6 | 115.7 | 134.0 | 157.6 |
| 97  | 66.75 | 70.65 | 72.61 | 78.16 | 81.25 | 85.07 | 92.17 | 100.8 | 108.8 | 116.9 | 135.5 | 159.3 |
| 98  | 67.59 | 71.52 | 73.48 | 79.07 | 82.18 | 86.04 | 93.19 | 101.9 | 109.9 | 118.2 | 136.9 | 160.9 |
| 99  | 68.43 | 72.38 | 74.36 | 79.99 | 83.12 | 87.00 | 94.22 | 103.0 | 111.1 | 119.4 | 138.3 | 162.6 |
| 100 | 69.27 | 7~.25 | 75.24 | 80.91 | 84.06 | 87.97 | 95.24 | 104.1 | 112.3 | 120.6 | 139.7 | 164.3 |

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter