



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DIGITALES Y TELECOMUNICACIONES

**INFORME FINAL DE TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

**“Propuesta de Diseño de un Sistema de Telefonía Móvil HSPA en el
Departamento de Matagalpa”**

Elaborado por:

- **Jorge Luis Navarrete Chávez** **Carnet: 2006-23602**
- **Ricardo José Berrios Carranza** **Carnet: 2006-23816**

Tutor: Msc. Cedrick Dalla Torre

Managua, Nicaragua

Septiembre de 2014

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud, ser el manantial de vida y darnos lo necesario para seguir adelante día a día para lograr nuestros objetivos.

A nuestros padres por apoyarnos en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante para que seamos personas de bien.

A nuestro maestro, por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales, por su apoyo ofrecido en este trabajo, por habernos transmitido los conocimientos obtenidos y habernos llevado paso a paso en el aprendizaje.

A todos aquellos que ayudaron directa o indirectamente a realizar este documento.

RESUMEN

En el presente proyecto monográfico se realiza una propuesta de diseño de un sistema de telefonía Móvil HSPA en el departamento de Matagalpa, esto mejorara de una manera considerable la calidad de las comunicaciones y brindará una mejor experiencia de usuario a los habitantes de dicha región.

Los análisis fueron realizados con el apoyo de herramientas de software ATOLL, que mediante la simulación nos permitió realizar una emigración de datos a Google Earth y hacer un análisis de datos en busca de un optimización de la red de telefonía móvil y sentar las bases y parámetros que nos permitirá realizar la propuesta del sistema de telefonía HSPA.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
1. Tecnología UMTS Y WCDMA.....	5
2. Tecnología HSPA.....	9
2.1 Ventajas de HSPA.....	9
3. Importancia de los software para la planeación de redes celulares.....	10
3.1 Ajustes del modelo de propagación.....	14
3.2 Cálculos de pérdidas del enlace.....	14
3.3 Optimización de las áreas dominantes.....	15
3.4 Análisis de una imagen instantánea.....	16
3.5 Análisis avanzado.....	17
3.6 Análisis de los resultados.....	18
3.7 Generación de Celdas Adyacentes.....	18
3.8 Informe.....	19
3.9 Entrelazado con otra herramienta.....	19
V. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	21
1. Metodología de desarrollo.....	21
2. Planeación de una red HSPA en la Ciudad de Matagalpa.....	21
2.1 Modelos de propagación.....	22
2.2 Localización de nodos B.....	25
2.3 Elementos de un nodo B.....	30
2.4 Sistema radiante.....	31
2.5 Espectro radioeléctrico.....	34
2.6 Tráfico en la red.....	34
2.7 Arquitectura 3G.....	35
2.8 Asignación de parámetros para la red 3G en Matagalpa.....	35
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	43
VIII. ANEXOS.....	44

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología HSPA es más eficiente que tecnologías de Tercera generación, esta tecnología mejora significativamente las velocidades de servicio entregado, tales como: velocidad de bajada, velocidad de subida, mejorar el acceso a datos, reducir las pérdidas, etc.

Para ello se empleará la herramienta software de planificación y simulación radioeléctrica Atoll, desarrollada por la empresa FORSK. Con la ayuda de esta herramienta se determinarán los parámetros de diseño de la red y se realizarán las simulaciones pertinentes para verificar que se han alcanzado los objetivos de calidad.

Atoll es un entorno de planificación radio basado en ventanas, fácil de usar, que da soporte a operadores de telecomunicaciones inalámbricas durante todo el tiempo de vida de la red. Desde el diseño inicial, hasta la fase de optimización y durante las distintas ampliaciones.

Más que una herramienta de ingeniería, Atoll es un sistema de información técnico abierto, escalable y flexible que puede integrarse fácilmente en otros sistemas de telecomunicaciones, aumentando la productividad y reduciendo los tiempos de desarrollo.

La evolución de los sistemas de móviles de comunicaciones ha sido un proceso que ha visto en pocos años la introducción de múltiples tecnologías que han permitido que sea cada vez mayor la cantidad de personas que hacen uso del teléfono celular como dispositivo indispensable en sus vidas cotidianas.

Por la gran cantidad de variables inherentemente en el diseño y planificación de una red de comunicaciones móviles, como lo son las interferencias, movilidades

de los usuarios, servicios demandados, condiciones de propagación, entre otras, es indispensable un proceso de planificación en el diseño de la red y disponer de un mecanismo que permita compartir de forma organizada los recursos radio entre los usuarios.

Con el incremento de la población se tiene como resultado mayor cobertura y comunicaciones de calidad, en este proyecto de monografía hemos elegido realizar un estudio de planificación del servicio de cobertura en el Departamento de Matagalpa, con el propósito de evaluar las posibilidades de esa zona geográfica del país para la implantación de tecnologías 3G, y así lograr comunicación fluida, práctica y al alcance de la población en general, para ello se propone la planificación una red HSPA.

II. OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar la propuesta de diseño de una red HSPA que permita determinar la mejor cobertura con el servicio de Telefonía Móvil 3G en el Departamento de Matagalpa.

Objetivos Específicos:

1. Analizar los requerimientos que intervienen en el proceso de planificación de una red HSPA con la herramienta ATOLL.
2. Determinar los objetivos de cobertura, datos del terreno, modelos de propagación, cargas de mapas digitales, y otros parámetros que se requieren evaluar.
3. Realizar la planeación de la red HSPA en el Departamento de Matagalpa que defina las diferentes ubicaciones para satisfacer la demanda del servicio de 3G en la zona.

III. JUSTIFICACION

Las Telecomunicaciones móviles juegan un papel muy importante en los sitios de producción, ya que permite una mayor flexibilidad de intercomunicación. El uso de la tecnología celular reduce los costos del acceso a la información, lo que incide en una mejor toma de decisión entre los usuarios.

Nicaragua ha tenido un incremento significativo en el aumento de clientes de la tecnología celular, según los datos de TELCOR (Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos) el crecimiento de los usuarios se incrementó de 4.8 millones en el año 2011 a 6.8 millones a finales del año 2013, habiendo un incremento aproximadamente del 70% en 2 años.¹ Lo que se requiere de implementación de más y mejor infraestructura para satisfacer el número de usuarios, esto debe ser considerado en los planes de despliegue de los departamento de RF (radio frecuencia) de cada operador. Las cifras anteriores son atractivas para empresas trasnacionales, por ejemplo la empresa de origen de China Continental Xinwei el año pasado obtuvo el permiso de operación en el año 2013 para ofrecer los servicios de telefonía celular e internet, dicha empresa tiene previsto invertir alrededor de U\$ 2,000,000,000 (dos mil millones de dólares) en 3 años.²

La propuesta de diseño de una red HSPA en Rancho Grande es un proyecto de carácter académico donde se establecerá una propuesta de metodología para realizar la planeación. Este trabajo podrá servir de referencia para otros trabajos o proyectos donde se requiera hacer despliegue de tecnologías de comunicaciones móviles para satisfacer la necesidad de los objetivos de cobertura. También los resultados de este proyecto, podrán servir como caso de estudio en la disciplina de Comunicaciones Móviles en el Departamento de Sistemas Digitales y Telecomunicaciones de la Facultad de Electrotecnia y Computación de la Universidad Nacional de Ingeniería.

¹ <http://www.laprensa.com.ni/2014/01/06/ambito/177043-nicaragua-hay-68-millones>

² Idem

IV. MARCO TEÓRICO

1. Tecnología UMTS Y WCDMA³

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), es el primer estándar en cumplir todas las especificaciones de la tercera generación, también conocida como 3G, sucesora de la segunda generación basada en GSM, la cual incluye GPRS (*General Packet Radio Service*), y EDGE (*Enhanced Data rates for GSM of Evolution*). Aunque UMTS usa una interfaz totalmente diferente, los elementos principales de la red fueron migrados de GSM para poder cumplir los requerimientos de UMTS, de esta manera la transición de GSM a 3G UMTS no requirió mucha inversión por parte de las operadoras.

UMTS usa WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) para la transmisión radio, por este motivo este sistema es conocido también con el nombre de WCDMA, aparte se le puede llamar 3GSM por ser la migración de GSM a 3G.

Para lograr manejar un sistema complejo como es UMTS, es necesario desarrollar y mantener un largo historial de documentos y especificaciones. Para el caso de UMTS esto está regido por el grupo conocido como el 3GPP (*The Third Generation Partnership Programme*), este grupo trabaja en cooperación con otras seis organizaciones (ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA y TTC).

El objetivo de este grupo es el de estandarizar las técnicas y especificaciones para los sistemas de tercera generación de comunicaciones móviles, basándose en el núcleo de la red GSM y las tecnologías de acceso radio que ellos respaldan como son: UTRA (*Universal Terrestrial Radio Access*) y los modos FDD (*Frequency Division Duplex*) y TDD (*Time Division Duplex*).

³ Planificación de Redes LTE. Leonardo Scricca Yanes. Universidad Politécnica de Madrid. 2013.

Hoy en día este grupo es el encargado de desarrollar los estándares de los nuevos sistemas de comunicaciones móviles como el LTE (Long Term Evolution) y el 4G conocido como LTE Advanced.

UMTS usa WCDMA como estándar de transmisión radio, emplea un ancho de banda de canal de 5 MHz, haciendo uso de este ancho de banda es sistema es capaz de soportar aproximadamente 100 llamadas de voz simultáneamente, o en caso de datos puede manejar una tasa de hasta 2 Mbps en su primer formato. Sin embargo con las mejoras posteriores de HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) y HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) se puede alcanzar hasta 14.4 Mbps.

Existen actualmente seis bandas para el uso de UMTS/WCDMA, sin embargo las frecuencias más usadas están alrededor de los 2 GHz, la idea es que la distribución de frecuencias sea un estándar global y así facilitar el roaming para los usuarios.

Dentro de estas bandas la distribución se ha reservado para diferentes usos:

- 1920-1980 MHz para el enlace ascendente y 2110-2170 MHz para el enlace descendente en modo de Duplexación por División de Frecuencia (FDD), ancho de banda de 5 MHz, las operadoras necesitarían de 3 a 4 canales para poder ofrecer una red de alta velocidad y alta capacidad .
- 1900-1920 y 2010-2025 MHz para el modo de Duplexación por división de tiempo (TDD), anchos de banda de 5 MHz y las señales de transmisión y recepción no están separadas en frecuencia.

Para cualquier sistema CDMA (Code Division Multiple Access) es esencial que la estación base reciba a todos los usuarios (UEs) aproximadamente con el mismo

nivel de potencia, en caso contrario los usuarios que estén muy alejados de la estación base tendrán menos nivel de señal que los cercanos y podrían no ser recibidos por el NodeB. Para solventar este problema el NodeB indica a los UE cercanos que deben reducir su potencia y a los lejanos que deben aumentarla.

También es importante para los NodeBs controlar su potencia de forma efectiva. Dado que las señales transmitidas por los NodeBs no son completamente ortogonales entre ellas, esto puede ocasionar interferencia, en consecuencia la potencia debe mantenerse al mínimo requerido por los terminales de usuarios. Para lograr este control de potencia existen dos técnicas: Open Loop y Closed Loop. La elección de usar CDMA con la tercera generación de sistemas de telecomunicaciones 3G UMTS surgió por una variedad de razones técnicas. CDMA ofrece ventajas significativas frente al esquema usado en 2G que fue principalmente el TDMA (Time Division Multiple Access).

Los principales beneficios de usar CDMA como esquema de acceso múltiple son:

- Mejora la eficiencia espectral: El uso de CDMA como tecnología de acceso múltiple, combinado con el uso de una modulación QPSK incorpora una mejora importante en términos de eficiencia espectral. Algunos cálculos estiman que la mejora puede estar cerca de tres veces más en comparación con el sistema previo GSM.
- El uso del mismo canal de frecuencia en células adyacentes: Esto es posible gracias a las técnicas de espectro ensanchado, tales como CDMA.
- Mejora del handover (traspaso entre células): Con CDMA es posible

hacer lo que se denomina “Soft handover”, el cual permite al UE comunicarse con dos estaciones base al mismo tiempo, esto mejora la fiabilidad del sistema.

- Mejora en la seguridad: El uso de técnicas de espectro ensanchado y los múltiples códigos de ensanchamiento por parte de CDMA, permite reducir drásticamente la posibilidad de intersectar y descifrar las comunicaciones, aunque para GSM la seguridad no fue un problema, en los sistemas analógicos con cualquier escáner de comunicaciones de radio se podía escuchar las conversaciones telefónicas.⁴

⁴ Idem

2. Tecnología HSPA

3G HSPA es la combinación de dos tecnologías, una para el enlace descendente y otra para el ascendente, que puede ser aplicada dentro de la ya existente 3G UMTS para dotar al sistema de una mayor velocidad de transferencia.

El 3G UMTS original puede ofrecer como máximo una tasa de 384 kbps, lo cual empezó a ser insuficiente a medida que se desarrollaban nuevos servicios para el móvil, esto ha llevado a la necesidad de desarrollar un nuevo sistema o mejora del actual que permita suplir estas demandas, y a esta tecnología se le llamo HSPA (Acceso de paquetes a alta velocidad), el sistema proporciona una mejora sobre 3G UMTS, aportando tasas de transferencia que eran imposibles de alcanzar en el del sistema previo, así como una mayor eficiencia espectral.⁵

2.1 Ventajas de HSPA

El sistema celular UMTS descrito por la 3GPP en la “Release 99” está orientado más hacia la conmutación de circuitos y no provee una adaptación completa a la conmutación de paquetes.

HSPA proporciona un gran número de ventajas que le permiten al nuevo servicio proveer un mejor rendimiento a los usuarios. A parte de la alta velocidad de transferencia, HSPA ofrece las siguientes ventajas:

Uso de modulación de orden mayor.

- Intervalos de tiempos de transmisión más cortos.
- Uso de canales de transmisión compartidos.
- Uso adaptativo del enlace.

⁵ Idem

- Uso de Hybrid ARQ (*Automatic Repeat Request*) en los NodeB

La implementación de la tecnología 3G HSPA, trajo una reducción del costo por bit y un aumento de la capacidad del sistema, otro atractivo para las operadoras fue que este sistema podía ser implementado con actualización de software.

3. Importancia de los software para la planeación de redes celulares ⁶

El diseño de las redes móviles depende precisamente de los objetivos de cobertura, o sea por demanda de servicios. El objetivo de los diseñadores de redes es satisfacer la necesidad de un determinado servicio de comunicación móvil de una manera óptima.

Generalmente, los parámetros de entrada incluyen requisitos relacionados con la calidad, la capacidad y la cobertura de cada servicio. La mayoría de la redes de Segunda Generación ofrecer solo servicios de voz. En Tercera Generación, hay varios tipos de servicios (voz y datos), cada uno con diferentes requisitos. De este modo, la importancia de estas herramientas es mayor en tercera generación que en la segunda.

Es necesario encontrar un punto medio óptimo entre calidad, capacidad y cobertura para todos estos servicios. Así las herramientas RNP son uno de los principales soportes para conseguir esta optimización.

Una o más herramientas RNP deben ayudar al planificador de red en todo el proceso de planificación y finalmente en la optimización de la red una vez este siendo mantenida tras su implementación.

El requisito más importante de una herramienta RNP es el mapa

⁶ <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11744/fichero/Capitulo4%252Fcapitulo4.pdf>

geográfico del área de planificación. El mapa es necesario para las predicciones de cobertura (perdidas del enlace, link loss), cuyos datos serán posteriormente usados en la fase de cálculo y en utilidades de análisis. Un mapa de RNP debe incluir al menos datos topográficos (altura del terreno, terrain heights), de forma (tipo de terreno, tipo de clutter) y situación de los edificios y datos de altura.

También se debe incluir vectoriales de edificios para la localización digital de estos en el mapa. Si está disponible, la información de carreteras (líneas o vectores) puede ser usada en ciertas operaciones, como modelado de tráfico y predicciones de cobertura.

Un proyecto es una combinación de varios objetos que forman un paquete entendible por el planificador de red. Está generalmente definido por los siguientes elementos:

- Mapa Digital.
- Propiedades del Mapa.
- Área a Planificar.
- Tecnología de Acceso Elegida.
- Parámetros de Entrada para Cálculos.
- Modelos de Antenas.

Un proyecto es creado y definido antes de que empiecen las actividades de planificación. Este incluirá todas las configuraciones y parámetros de los elementos de la red. En la práctica contendrá todos los datos de los Nodos B y celdas que serán finalmente desplegadas en la red real.

Una herramienta RNP deberá ser capaz de crear, de- finir, guardar y recuperar diversos proyectos, de esta forma, distintas versiones de una misma área

podría ser comparada en términos criterios de calidad, capacidad y cobertura.

En herramientas RNP, Antena es un concepto lógico que incluye modelos de radiación de antena y parámetros como ganancia y banda de frecuencia. Una vez que la antena está definida, puede ser entonces asignada y usada por las celdas y predicciones de cobertura.

La definición de una antena comienza importando los modelos de radiación hacia la aplicación RNP. Los vendedores de antenas proporcionan a los operadores los modelos por medio de data sheets (hojas de características). Gracias a estos datos, se dispone dentro de la herramienta de una base de datos con todas las características de las antenas.

Una herramienta RNP debe ofrecer la posibilidad de modificar los modelos de propagación con el fin de adecuarse a las condiciones del área en cuestión. Esta personalización del modelo está basada en medidas de campo que proveen datos de la potencia de la señal en cada coordenada.⁷

También debe soportar diferentes características de áreas planificables y entornos de propagación. Por lo tanto, debe soportar varios modelos de propagación como: Okumura-Hata, Walfisch-Ikegami y Ray-tracing. El modelo Okumura-Hata es el mejor para macroceldas y celdas pequeñas en las que la antena está situada sobre los alrededores del tejado de un edificio alto. El modelo Walfisch-Ikegami se usa en pequeñas celdas donde el máximo radio de éstas es de 3 a 5 km. Las técnicas Ray-tracing son aplicadas en entornos de microceldas en áreas urbanas densas.

Una herramienta RNP debe tener la función de definir y manejar la

⁷ Idem

configuración general del hardware y la configuración y parámetros por defecto establecidos en los elementos de la red como son los emplazamientos y las celdas, así como la posibilidad de modificar las BTS, ya que los modelos originales se modifican a menudo con las actualizaciones del hardware.

Cuando se planifica una red de 3G, el operador desearía utilizar la red de segunda generación tanto como fuera posible. Por lo tanto, es importante para la herramienta proveer soporte para importar las localizaciones de los emplazamientos de 2G, así como los datos de las antenas al nuevo proyecto, especialmente cuando se realiza un proyecto de red combinando redes de segunda y tercera generación. Todo esto

puede reducir el tiempo de planificación de la nueva red.

Tras importar los datos existentes de emplazamientos puede ser necesario añadir manualmente más emplazamientos o celdas. También se deberán realizar modificaciones manuales de los parámetros y la información de las antenas.

Cuando los elementos de red estén situados, sus parámetros deben ser comprobados antes de los cálculos. Estos están controlados por listas individuales de elementos de red o por exploradores específicos que muestran todos los elementos del proyecto actual. Gracias a estos listados es fácil comprobar la red completa y cualquier variación en el ajuste de los parámetros.

El modelado del tráfico y los requisitos del servicio son básicos para la planificación avanzada de una red y la evaluación de cobertura y capacidad. Cuanto más se ajuste el tráfico estimado, más realistas serán los resultados obtenidos, en la fase de definición de servicio, se asignan la tasa de bits y el tipo de servicio portador para cada uno de ellos.

En la fase de modelado de tráfico, es posible crear previsiones de tráfico de

distintas formas.

Los mapas de tráfico pueden diferir entre servicios y, además, deben ser modelados separados entre sí. Las densidades de tráfico de diferentes servicios puede combinarse e integrarse simultáneamente. En una herramienta RNP avanzada de 2G/3G se debe poder modelar una situación de servicio portador con tráfico en tiempo real y no real.

3.1 Ajustes del modelo de propagación

En esta fase, los modelos de propagación son ajustados para adaptarse a los entornos de propagación tanto como sea posible. Para ello se puede realizar un estudio real de los lugares donde se vayan a situar los emplazamientos, cuidando de que se visiten todos los tipos diferentes de áreas, incluyendo rurales, suburbanas, urbanas y urbanas densas. Si es necesario, se realizará un proceso de ajuste independiente para cada tipo de área, para conseguir una mejor precisión.

Tras realizar todo esto, el ajuste actual del modelo puede comenzar con la herramienta RNP. Los modelos de propagación por defecto están ajustados para adaptarse a los valores actuales de potencia de la señal de la ruta. La herramienta debe proveer soporte para comparar valores previstos y medidos y mostrar las diferencias en visualizaciones gráficas.

3.2 Cálculos de pérdidas del enlace

Cuando el modelo de propagación está ajustado, se calcula el plan de cobertura inicial, es decir, las pérdidas desde la BS hasta los móviles. Los cálculos de pérdidas del enlace (más tarde denominado LLOS) son usados

para obtener el nivel de señal en cada pixel del área dada.

Los factores que pueden causar del enlace pueden ser:

- Configuración de la red.
- Modelo de propagación.
- Área de cálculo.
- Parámetros de pérdida de enlace.
- Pérdidas de cable y de interior.
- Ajuste de LOS.
- Correcciones de tipo de Clutter.
- Correcciones Topográficas.
- Difracción.

La aplicación RNP debe ser capaz de proporcionar automáticamente predicciones de cobertura combinada para todas las antenas pertenecientes a una misma celda. Las visualizaciones pueden ser en 2D o en 3D. Cuando se muestren predicciones para varias celdas, los resultados combinados mostrarán la señal de mayor potencia en los puntos donde varias celdas ofrezcan servicio. La herramienta debe soportar esquemas de diferentes colores para las visualizaciones, por ejemplo usando distintos colores para diferentes umbrales de señal.

3.3 Optimización de las áreas dominantes⁸

Como suma a los cálculos de cobertura por área y a las funcionalidades de visualización, la herramienta RNP puede tener una parte de optimización para celdas dominantes (los mejores servidores). La planificación de 3G está más centrada en análisis de interferencia y capacidad que en solo estimación de la cobertura, como es el caso de 2G.

⁸ Idem

Durante la planificación de la red, se necesita optimizar la configuración de las estaciones bases: la selección y dirección de las antenas además del ajuste de la localización de los emplazamientos necesitan para aproximarse lo más posible a los requisitos de QoS, capacidad y servicios al mínimo costo posible.

3.4 Análisis de una imagen instantánea⁹

El análisis de una imagen es suficiente cuando un planificador de red quiere encontrar si el despliegue actual de la red es factible, por ejemplo desde el punto de vista de la interferencia.

Con las herramientas RNP modernas, el planificador suele ser capaz de realizar un análisis de una sola imagen en al menos dos formas.

En el primer método, solo se realizan un par de iteraciones para los enlaces ascendente y descendente, para encontrar rápidamente esas áreas con cobertura pobre y que están experimentando una interferencia alta. El planificador puede entonces hacer los cambios necesarios de la RNP antes de empezar más cálculos detallados que requieren un consumo de tiempo y de potencia de computación considerables.

El segundo método de análisis necesita mucha más información a tener en cuenta durante las iteraciones. Por ejemplo, cuando se realiza un análisis completo de los cálculos LLOS de una sola imagen, la lista de distribución de los móviles y el mapa de tráfico son necesarias.

⁹ Idem

Durante las simulaciones iterativas, los usuarios móviles son puestos en parada hasta que es alcanzado el estado estacionario. Esto significa que las variables internas no cambian más de un predeterminado valor. Como resultado, los indicadores mencionados son calculados y están listos para un tratamiento posterior al análisis.

3.5 Análisis avanzado

La implementación de análisis avanzados en herramientas modernas RNP están basados en la generación automática de múltiples listas de móviles. Un planificador también puede definir el número de listas de móviles que necesite, en caso de que requiera mayor control del análisis.

Cada lista de móviles representa una imagen estática de la situación de tráfico en la red, es decir, la localización de los usuarios de móviles en un momento dado. Los resultados de los análisis WCDMA de cada imagen son combinados para proporcionar resultados estáticamente relevantes y fiables.

Debido a que las mismas condiciones de tráfico son usadas para un gran número de listas de móviles, la fiabilidad de los resultados se mejora debido a la reducida aleatoriedad de las localizaciones de los móviles. Así cuanto más alto sea la tasa de bit de los servicios, mayor número de imágenes serán necesarias para salvar la dependencia de los resultados con la localización de los móviles.

Los resultados proporcionados por las aplicaciones RNP generalmente consisten en gráficas basadas en todas las iteraciones realizadas e indicadores de funcionamiento relacionados con el correspondiente análisis.

Todos los resultados son proporcionados con un sumario general que proporciona una forma fácil y rápida de identificación de los posibles problemas y la verificación de la cobertura, calidad y capacidad de la red.

3.6 Análisis de los resultados

Cuando los cálculos y las simulaciones han sido realizadas con la herramienta RNP, el próximo paso es verificar y analizar si los resultados son aceptables. La aplicación debe proporcionar soporte para un posterior procesamiento, análisis y visualización de diferentes formas.

Todas las fases mencionadas son ejecutadas basándose en los resultados de las iteraciones guardadas previamente. Naturalmente, si no se consiguen los objetivos de cobertura, calidad o QoS, se deben realizar las actividades normales de planificación para mejorar las características de la red en uso hasta un nivel aceptable.

La herramienta debe mostrar los resultados necesarios para que el planificador realice estas optimizaciones. Los resultados se pueden mostrar generalmente en forma de mapas raster, tablas numéricas o histogramas.

3.7 Generación de Celdas Adyacentes

Una herramienta RNP debe proporcionar los medios para crear y manejar celdas adyacentes. La lista de celdas adyacentes contienen las celdas vecinas para todas las celdas en la red.

Se necesita información para realizar handovers de manera exitosa entre las celdas de la red activa. La información de adyacencia es definida por celda base, pero antes de esto, es esencial generar una lista de celdas adyacentes en funcionamiento para tener una correcta configuración y ajuste

de los parámetros de la red.

Además las celdas adyacentes son generalmente generadas después de que todos los análisis estén terminados y la configuración optimizada archivada. La adyacencia puede ser realizada entre sistemas y entre frecuencias, así las posibles serán:

- Adyacencia 2G-2G.
- Adyacencia 2G-3G.
- Adyacencia 3G-2G.

3.8 Informe

Las herramientas RNP proporcionan una amplia gama de funciones de informe, generalmente incluyendo impresiones de los tipos siguientes:

- Imágenes raster del área (y las celdas) seleccionada.
- Configuraciones y parámetro de los elementos de red.
- Varias gráficas.
- Informes específicos personalizados por el operador.

3.9 Entrelazado con otra herramienta

Los operadores normalmente tienen herramientas para manejar información de usuarios y de negocios, de dimensionado, planificación de transmisión, de medida y sistemas de manejo de redes como suma a la herramienta RNP. Un requisito básico es proporcionar flujos de información y datos desde cada herramienta como apoyo para el proceso total de trabajo, Cuando el plan de red está listo y el funcionamiento ha sido analizado en la herramienta RNP, los datos de configuración y del plan en sí pueden ser exportados hacia la aplicación de manejo de la red del operador. Los datos exportados contienen importantes parámetros sobre configuración de la red y gestión de los radio recursos (RRM) para los elementos de red de un área seleccionada o del plan completo.

Una vez que la red está operativa y ha sido mantenida durante unos periodos, viene la necesidad de replanificar algunos elementos de red. Para este propósito y naturalmente para no malgastar demasiado tiempo del planificador, es posible exportar datos de red y parámetros desde la herramienta RNP, así la planificación y la optimización puede continuar con valores actualizados

V. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

1. Metodología de desarrollo

La metodología utilizada en este proyecto, se basó en la utilización de Google Earth para ubicar la ciudad de Matagalpa y los modelos de probación teóricos para analizar la mejora del sistema de desarrollo móvil HSPA apoyados con las herramienta ATOLL.

2. Planeación de una red HSPA en la Ciudad de Matagalpa

En el presente trabajo se hará la planeación únicamente por cobertura para la ciudad de Matagalpa. A continuación se presenta la imagen de Matagalpa en Google Earth.

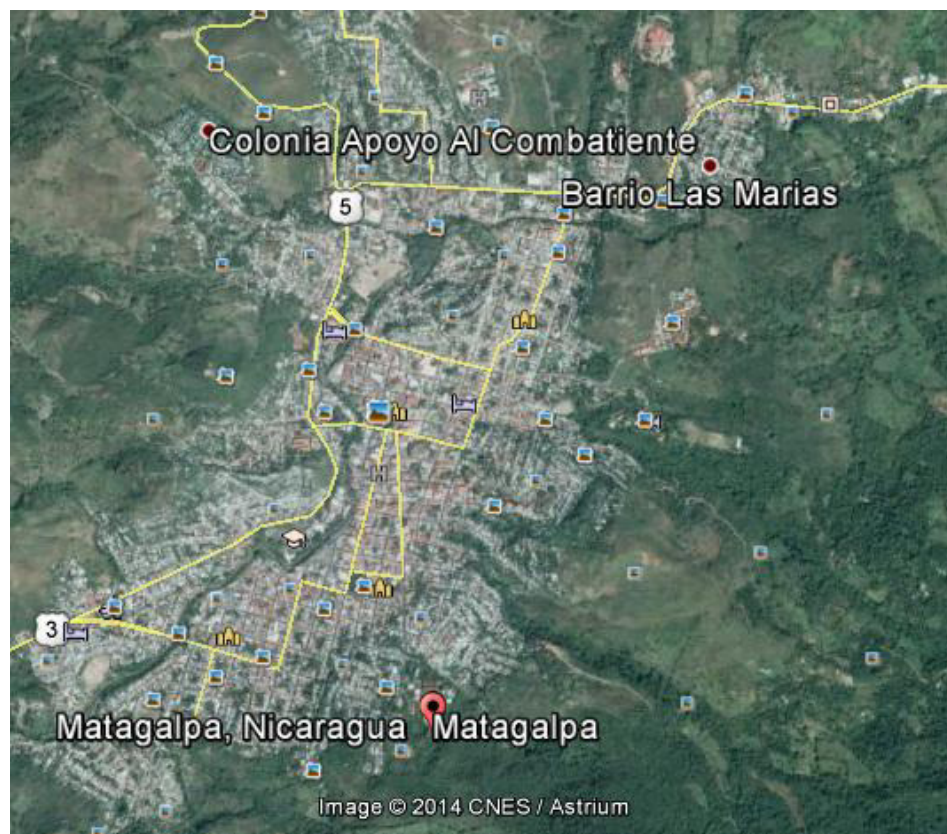


Figura 1. Vista en Google Earth de la Ciudad de Matagalpa

Según los objetivos de cobertura se definieron 10 coordenadas donde estarán ubicados los Nodos B. Cada estación base tendrán diferentes parámetros tales como: azimuth, tilt eléctrico, tilt mecánico, altura, frecuencia, potencia, tipo de antena, modelo de propagación, etc.

Este trabajo no muestra estudios de Interferencia, Sobre Propagación (Overlapping), únicamente se realizaron Predicciones by Signal propuesta de los 10 Nodos B para tener la mejor cobertura en el área de interés.

2.1 Modelos de propagación

Un modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y Algoritmos usados para representar las características de radio de un ambiente dado.

Generalmente los modelos de predicción se pueden clasificar en empíricos o estadísticos, teóricos o determinanticos o una combinación de estos dos (semi-empíricos).

Mientras que los modelos empíricos se basan en mediciones, los modelos teóricos se basan en los principios fundamentales de los fenómenos de propagación de ondas de radio. Los modelos de propagación predicen la pérdida por trayectoria que una señal de RF pueda tener entre una estación base y un receptor móvil o fijo. La ventaja de modelar radiocanales teniendo en cuenta las características de la trayectoria entre Transmisor (Tx) y Receptor (Rx), es conocer la viabilidad de los proyectos que se deseen planear en determinados sectores, de esta manera se podrá hacer una estimación acerca de la necesidad, costos y capacidad de los equipos requeridos.

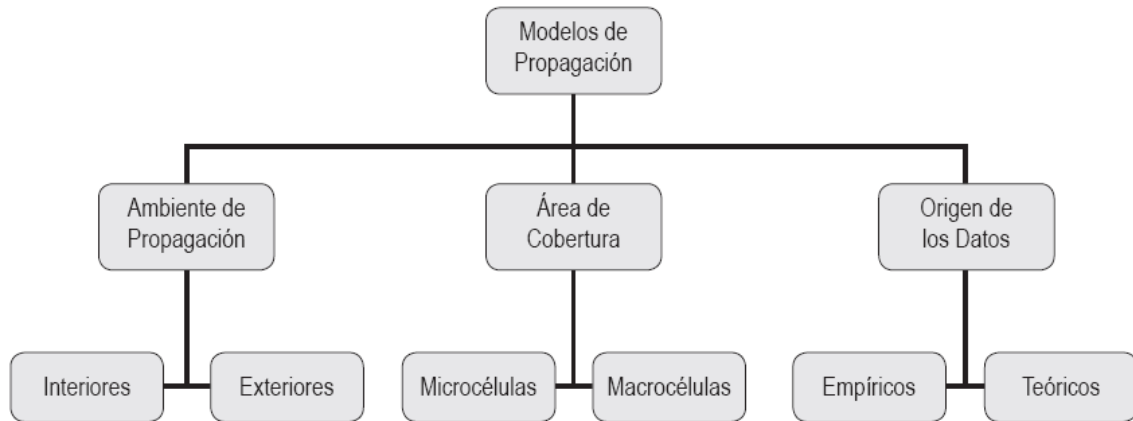


Figura 2. Ambiente, Área de Cobertura y Origen de los Modelos de Propagación

En un principio cuando aparecieron las redes inalámbricas se utilizaban pocas antenas y ubicadas a una gran altura. Esta implementación era válida debido a que la demanda por el servicio era mínima. Con el aumento del número de usuarios fue necesario disponer de más antenas y canales, con lo cual fue necesario poder hacer re-uso de las frecuencias, lo que permite volver a utilizar el mismo canal en otro lugar. Entonces para disminuir al máximo la interferencia en los límites de las celdas se debió obtener mejores predicciones de cobertura.

Actualmente en la literatura se pueden encontrar 4 tamaños de celdas: Macro Celda, Mini Celda, Micro Celda y Pico Celda. La definición del tamaño de cada una de estas varía en la misma, en los siguientes párrafos sólo se abordara las Macro y Micro celdas. En la Tabla se muestran algunas características de éstas.

Tipo de Celda	Radio de la Celda	Posición de la antena TX
Macro Celda	1 a 30 Km.	Outdoor, montada sobre el nivel de los techos, las alturas que la rodean son menores a ésta.
Micro Celda	0.5 a 5 Km.	Outdoor, montada a una altura menor que la mayoría de las edificaciones, y las que la rodean son más altas.

Tabla 1: Tipos de celdas y sus características.

Los modelos que se presentan a continuación están clasificados en teóricos y empíricos, en los primeros se debe tener mayor información acerca de la ciudad en particular y la estructura de las edificaciones. Por otro lado los modelos empíricos fueron desarrollados utilizando una serie de mediciones, de las cuales se obtuvieron las fórmulas de propagación.

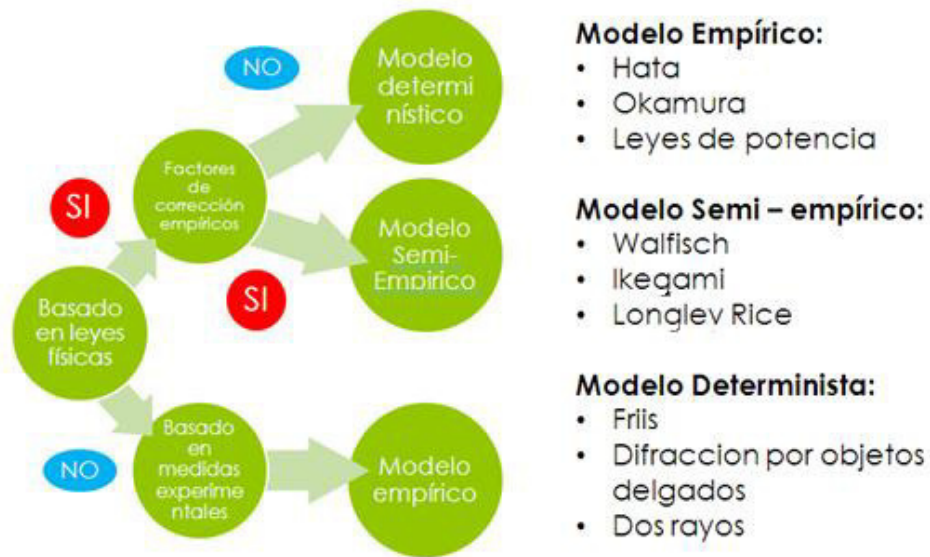


Figura 3. Tipos de Modelos de Propagación

Los Modelos de Propagación pueden ser empíricos, semi-empíricos o determinísticos.

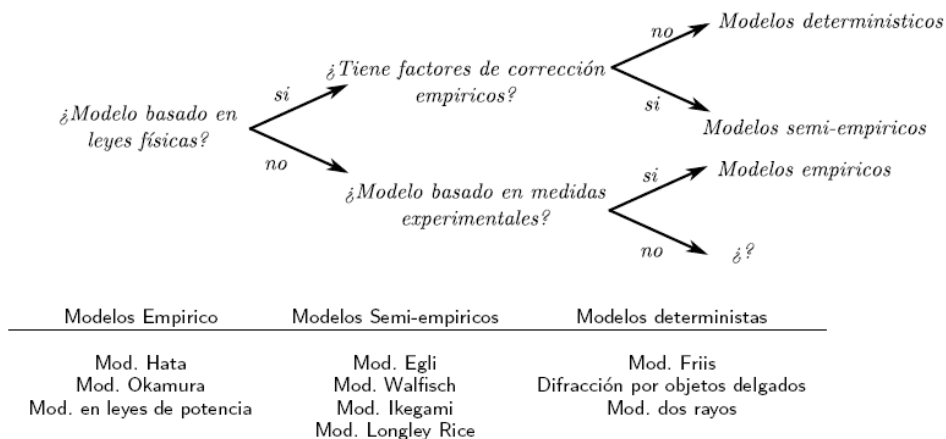


Figura 4. Taxonomía de los Modelos de Propagación

2.2 Localización de los nodos B

Las coordenadas de los Nodos B que se tiene como propuesta en este estudio para satisfacer la necesidad de los objetivos de cobertura en la ciudad de Matagalpa son los siguientes:

NAME	ICON	LATITUDE	LONGITUDE
MAT001	135	12,919377	-85,934349
MAT002	135	12,915108	-85,919731
MAT003	135	12,920229	-85,922286
MAT004	135	12,924129	-85,918588
MAT005	135	12,928755	-85,916567
MAT006	135	12,924431	-85,914924
MAT007	135	12,927691	-85,910235
MAT008	136	12,933041	-85,915385
MAT009	135	12,936619	-85,919164
MAT010	135	12,939561	-85,910964

Figura 5. Archivo en Excel con las Coordenadas de los 10 Sitios

Se requiere cargar estas coordenadas en Google Earth y en el software de planeación Atoll. Primero convertiremos un archivo .KMZ que contenga los 10 sitios donde estarán ubicadas los Nodos B. Para ello utilizaremos el sitio web www.gpsvisualizer.com

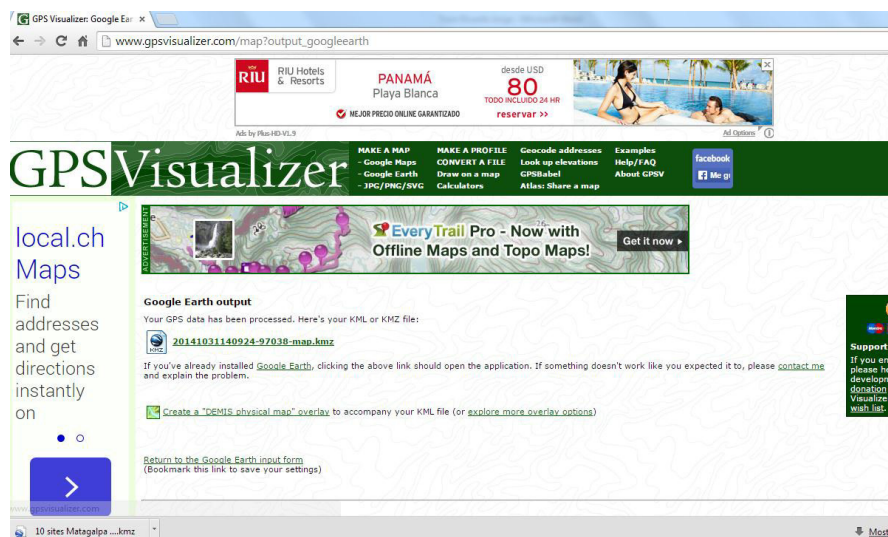


Figura 6. Archivo de las 10 Coordenadas en .KMZ

La vista en Google Earth con las 10 coordenadas será la siguiente:

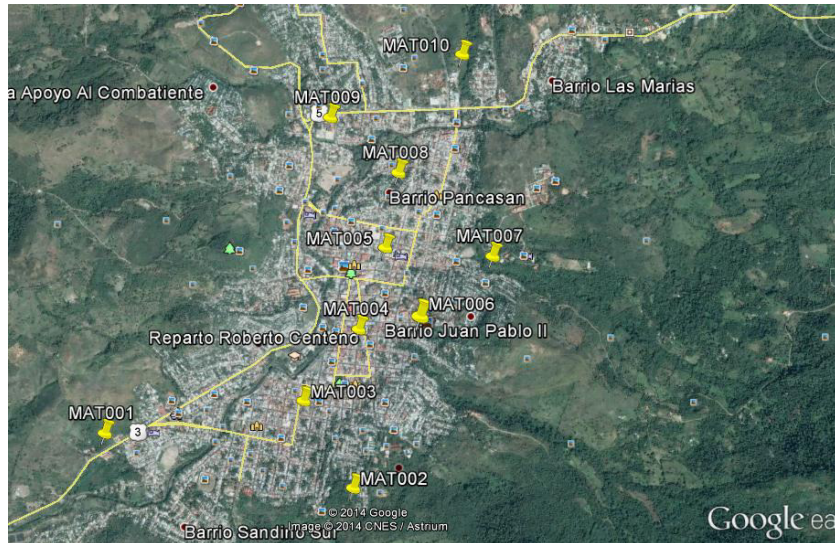
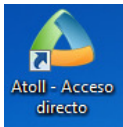


Figura 7. Los 10 sitios en Google Earth

El archivo en Excel de las 10 coordenadas se requiere pasarlo a archivo de Texto (.txt) para posteriormente importarlo al software de planeamiento Atoll.

A continuación se mostrará como cargar el proyecto en Atoll. Primero se da click en el acceso directo en el escritorio una vez que se tiene instalado el software.



Cuando inicia el software se tiene la siguiente ventana:

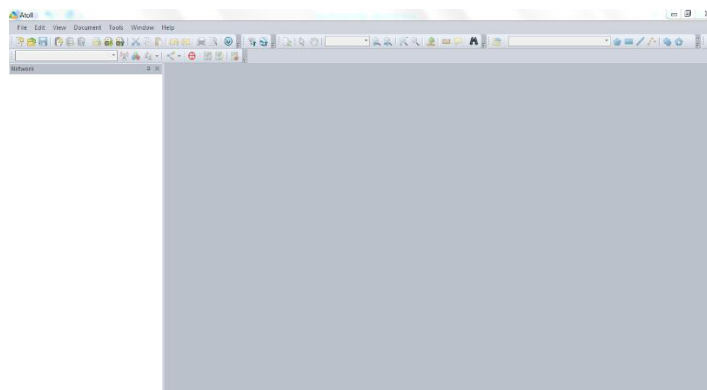


Figura 8. Ventana de Inicio en Atoll

Después se define el tipo de tecnología con la cual se pretende hacer la planeación de la red móvil. En la siguiente Figura se muestran los tipos de tecnología, en el diseño que se presenta en este trabajo se escogerá UMTS HSPA.

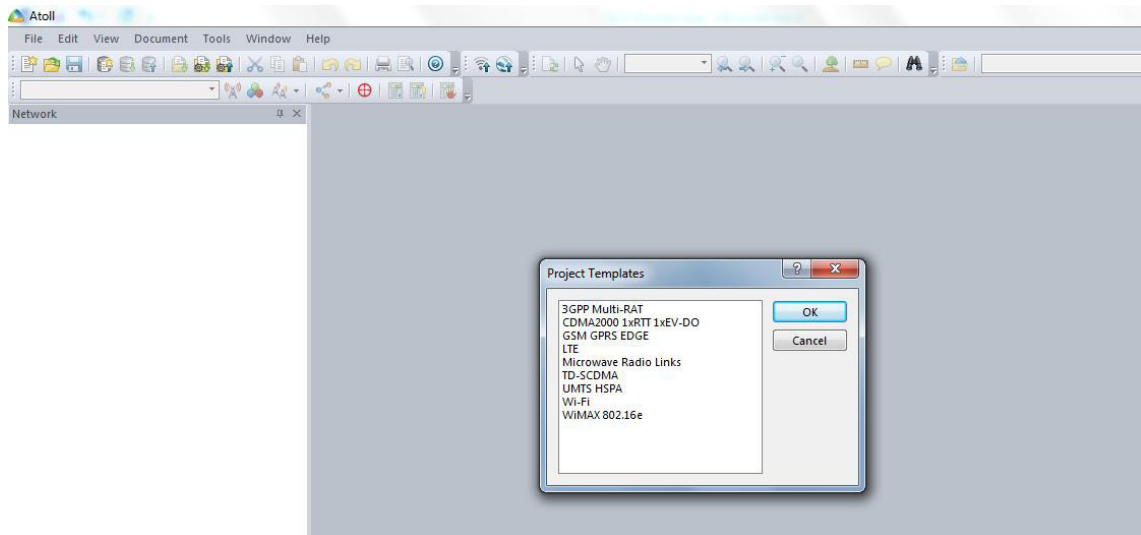


Figura 9. Tecnologías para Planeación en Atoll

Después se selecciona “Document”, se le da click izquierdo y se abre una ventana, se selecciona “Properties” para introducir el campo de coordenadas con las que se trabajará el proyecto.

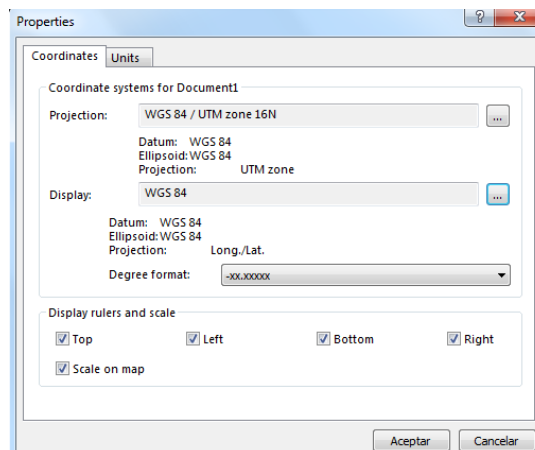


Figura 10. Ventana para configurar las Coordenadas y Unidades

Lo siguiente será importar el mapa, vectores, altura, etc. Que son de necesidad para realizar el comportamiento de cobertura que tendrán los Nodos B en la Ciudad de Matagalpa. Por tanto, se le da click izquierdo a “File”, se abre una nueva ventana y se da click izquierdo a “Import”.

Se tiene que determinar donde se tiene la carpeta con la información relacionada al mapa, vectores, altura, etc. Empezaremos con la imagen del mapa de Nicaragua.

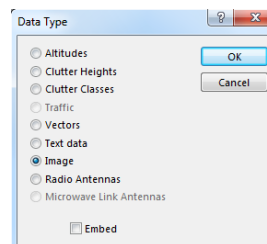


Figura 11. Ventana para determinar el tipo de dato

A continuación se muestra la imagen del mapa de Nicaragua.

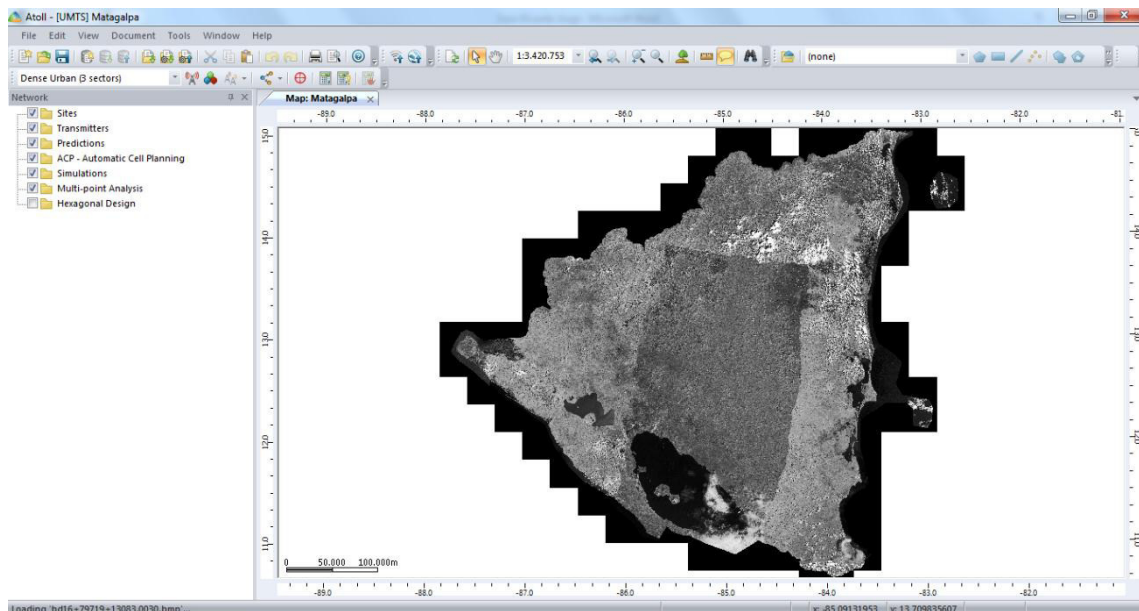


Figura 12. Imagen con el Mapa de Nicaragua

Una vez que se tiene el Backdrop se definirá el Clutter Clases, Altitudes y Vectores.

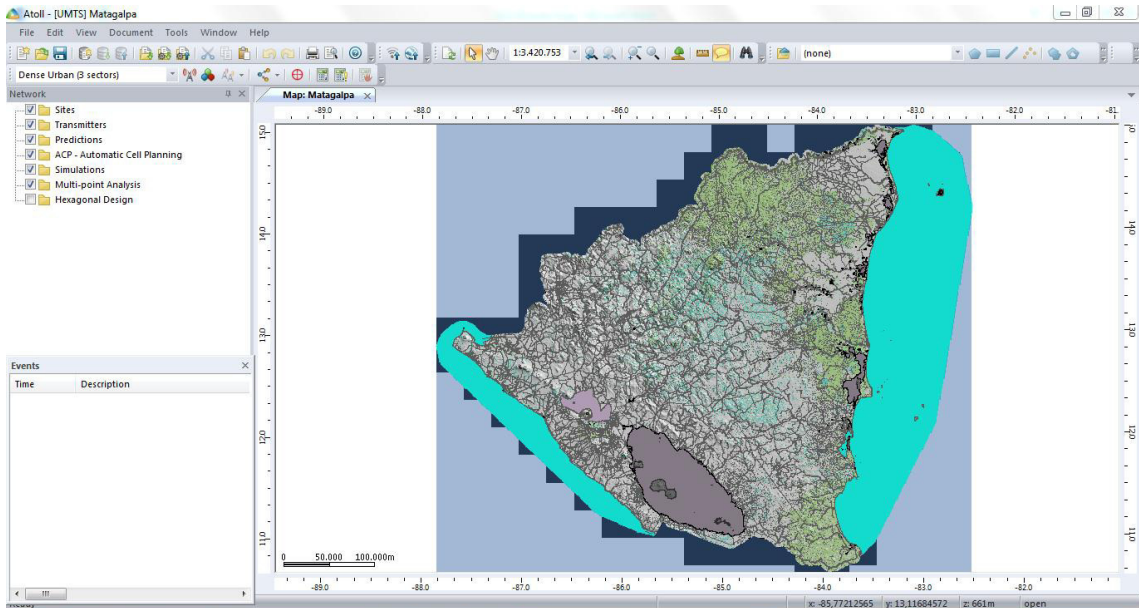


Figura 13. Mapa con los Clutter y Tabs cargados

Se procederá en cargar las coordenadas de los sitios para dar el servicio de cobertura con tecnología HSPA a la ciudad de Matagalpa.

Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Max No. of UL CEs	Max lub UL Backhaul Throughput (kbps)	Max No. of DL CEs	Max lub DL Backhaul Throughput (kbps)	Equipment
MAT001	-85,934349	12,919377	[693]	256	12.288	256	12.288	
MAT002	-85,919731	12,915108	[796]	256	12.288	256	12.288	
MAT003	-85,922286	12,920229	[680]	256	12.288	256	12.288	
MAT004	-85,918588	12,924129	[685]	256	12.288	256	12.288	
MAT005	-85,916567	12,928755	[689]	256	12.288	256	12.288	
MAT006	-85,914924	12,924431	[712]	256	12.288	256	12.288	
MAT007	-85,910235	12,927691	[721]	256	12.288	256	12.288	
MAT008	-85,915385	12,933041	[716]	256	12.288	256	12.288	
MAT009	-85,919164	12,936619	[698]	256	12.288	256	12.288	
MAT010	-85,910964	12,939561	[722]	256	12.288	256	12.288	

Figura 14. Lista de Sitios Importado en Atoll

La vista de los sitios ya importados en el mapa de Nicaragua es el siguiente:

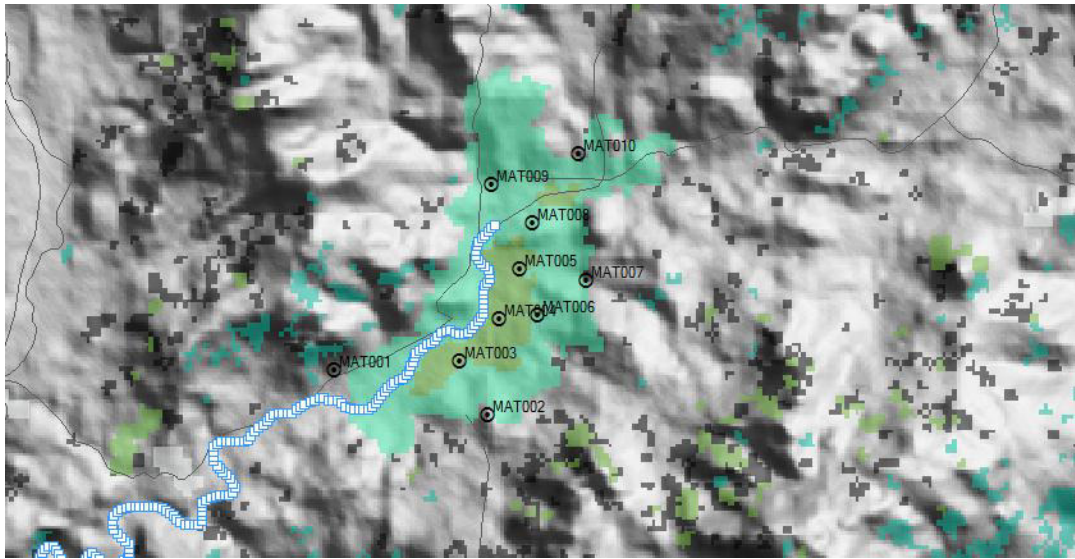


Figura 15. Sitios Cargados en el Mapa en Atoll

2.3 Elementos de un nodo B

- Equipo de RadioBase
- Transmisores
- Combinadores
- Equipo de Tx
- Feeders
- Antenas
- TMA
- Jumpers y conectores

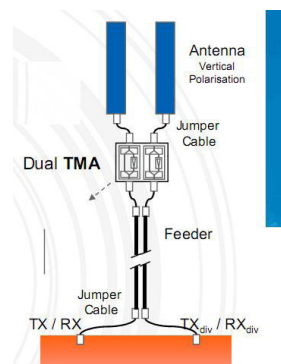


Figura 16. Elementos de un Nodo B¹⁰

¹⁰ Ingeniería de Acceso Celular. Redes de Acceso. Natalia Pignataro. 2013. Pag.26

2.4 Sistema radiante

El sistema radiante debe de considerar las características de los siguientes parámetros.

- Ganancia de la antena.
- Azimuth de las antenas.
- Apertura horizontal de la antena.
- Apertura vertical.
- Tilt eléctrico.
- Tilt mecánico
- Polarización vertical o polarización cruzada.
- Relación frente espalda

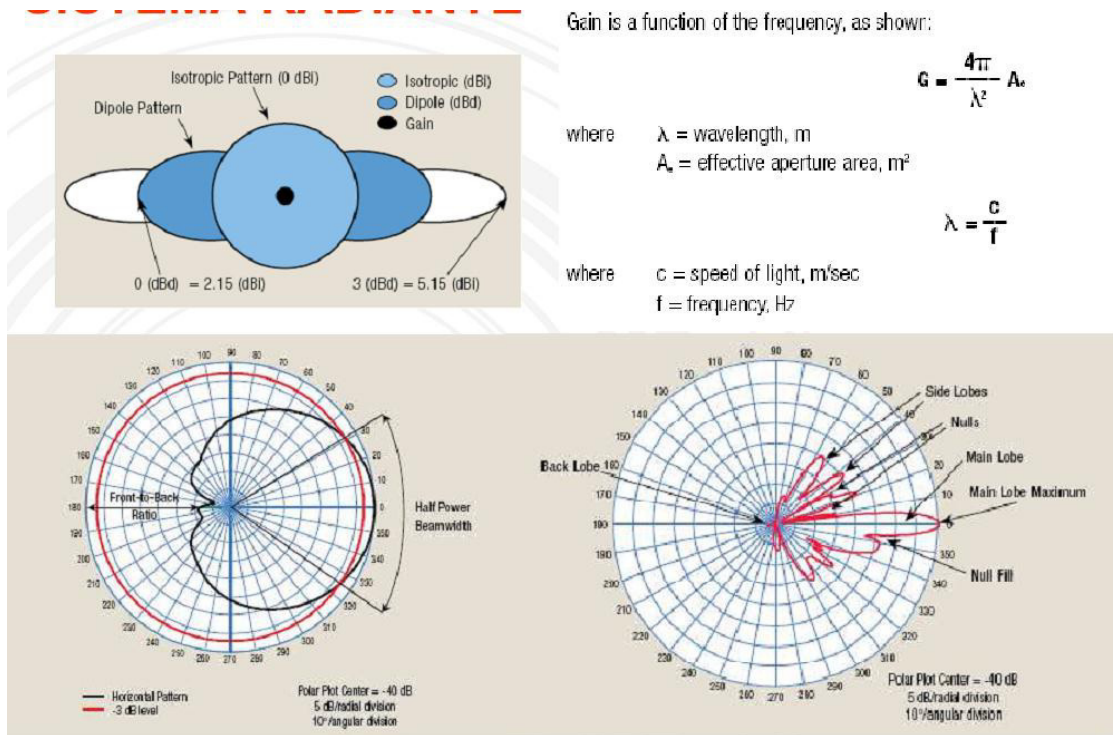


Figura 17. Esquema de los características de los sistemas radiantes¹¹

También se debe configurar la frecuencia del Sistema Radiante. A continuación

¹¹ Idem. Pág. 28

las características eléctricas en función en función de la frecuencia.

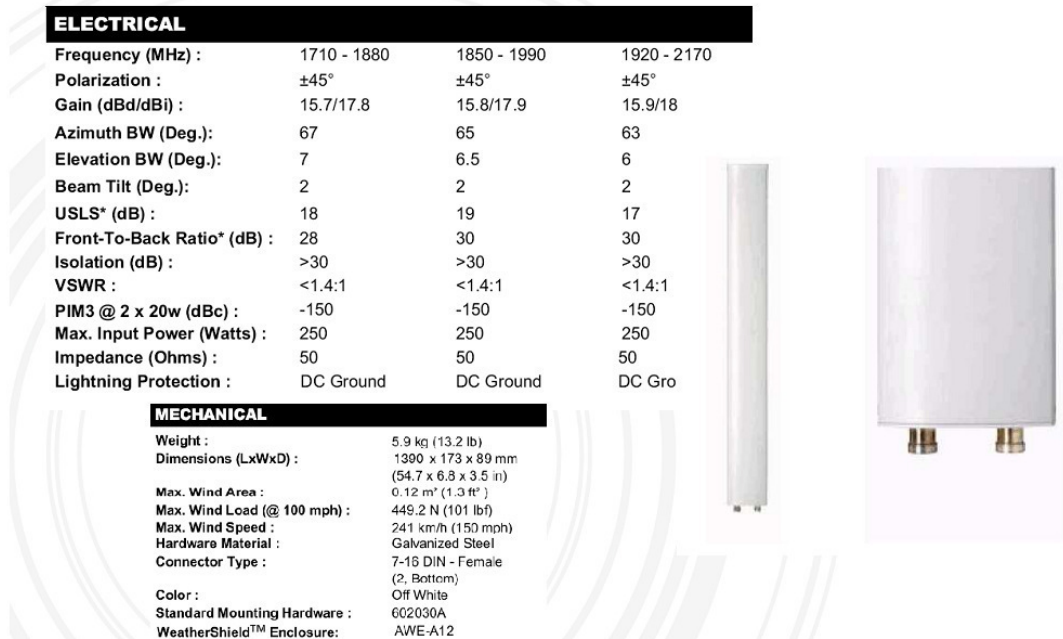


Figura 18. Características Eléctricas y Mecánicas del Sistema Radiante¹²

El Patrón de Radiación para se puede mostrar en un plano polar.

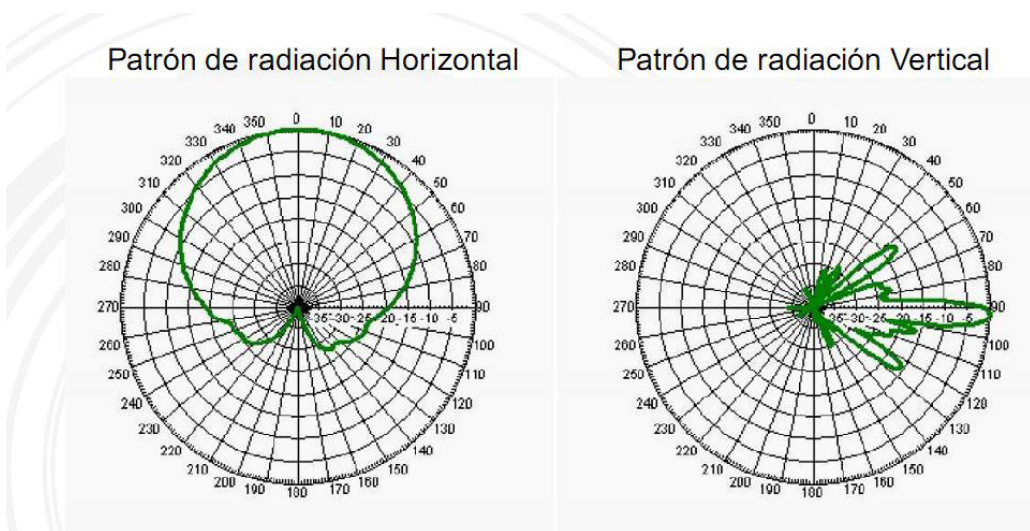


Figura 19. Patrón de Radiación con un Tilt Eléctrico de 2º y F= 1920Mhz¹³

¹² Idem. Pág. 29

¹³ Idem. Pág. 30

En dependencia de las características del área de dar cobertura se debe asignar valores al Tilt Eléctrico por si se requiere modificar el patrón de radiación de la antena y el Tilt Mecánico para el grado de inclinación que debe tener la antena.

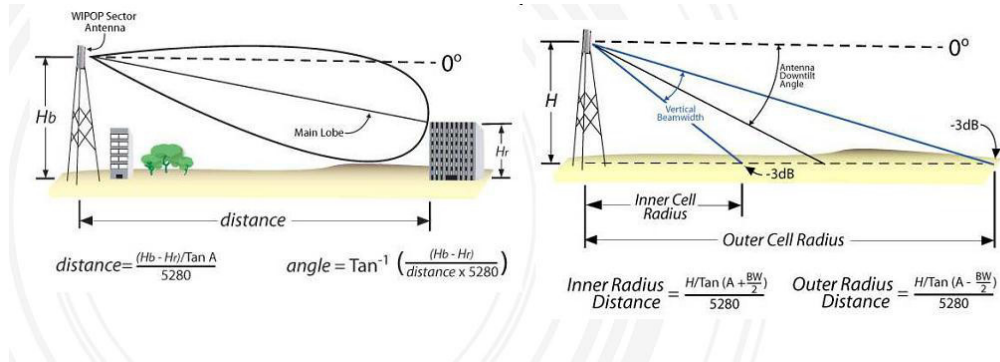


Figura 20. Componentes en un Sistema Radiante¹⁴

El Tilt Eléctrico y Tilt Mecánico son de mucha importancia para ajustar el patrón de radiación y dar el cumplimiento de cobertura a los objetivos definidos. A continuación se mostrará una figura donde se muestra la comparación entre ambos.

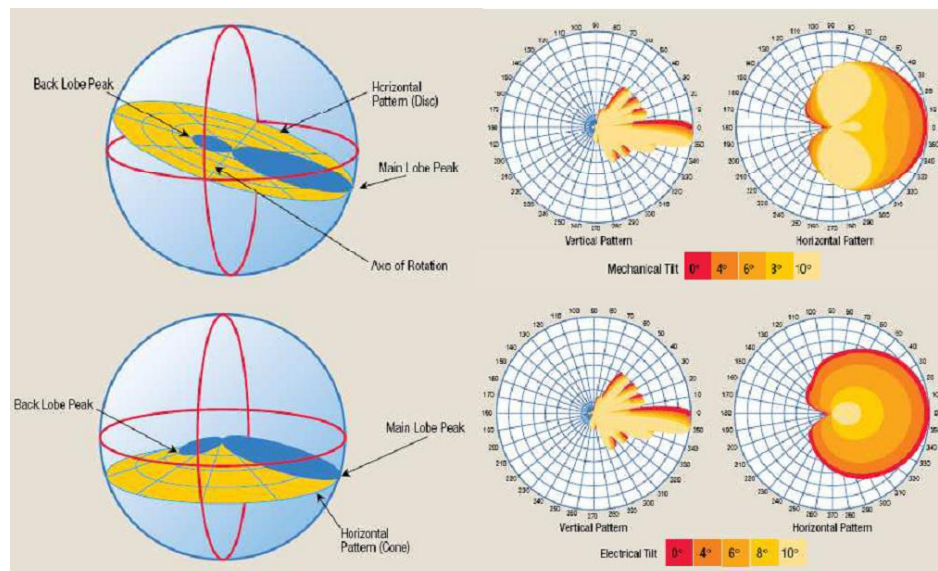


Figura 21. Tilt Eléctrico vs Tilt Mecánico¹⁵

¹⁴ Idem. Pág. 32

¹⁵ Idem. Pág. 33

2.5 Espectro radioeléctrico

El espectro es de suma importancia para el desarrollo de las telecomunicaciones móviles para poder brindar nuevas tecnologías y servicios. Sin embargo, hay que conocer las políticas de la República de Nicaragua que norman las diferentes bandas de frecuencias, esto representa un aspecto muy significativo, pero que en nuestro trabajo no lo consideraremos, ya que únicamente nos referiremos a los aspectos técnicos y no de regulación.

2.6 Tráfico en la red

Los modelos matemáticos para determinar la demanda de llamadas en función del número de terminales (teléfono celular) se puede expresar de la siguiente manera:

$$A_d = M.a = M \cdot \frac{H(\text{seg}).L}{3600}$$

Donde:

a: Erlangs (tráfico) por usuario

H: es el tiempo medio de llamada (seg)

L: número de llamadas por usuario promedio en la hora pico

Figura 22. Modelo para determinar la demanda de llamadas¹⁶

El número de móviles en una Celda se estima mediante la siguiente ecuación:

$$M = \frac{A}{a} \Rightarrow S_c = \frac{M}{\rho_m (\text{móviles} / \text{km}^2)}$$

Figura 23. Ecuación para estimar número de móviles¹⁷

Y posteriormente el tráfico admisible se calcula por:

$$\rho_a = \frac{A}{S_c} (\text{Erlang} / \text{Km}^2) = \rho_m . a \Rightarrow S_c = \frac{A}{\rho_a} = \frac{M . a}{\rho_a} = \frac{M}{\rho_m}$$

¹⁶ Idem. Pag. 56

¹⁷ Idem

2.7 Arquitectura 3G

Las redes UMTS a diferencia de GSM están orientadas al servicio de Datos. La arquitectura es la siguiente:

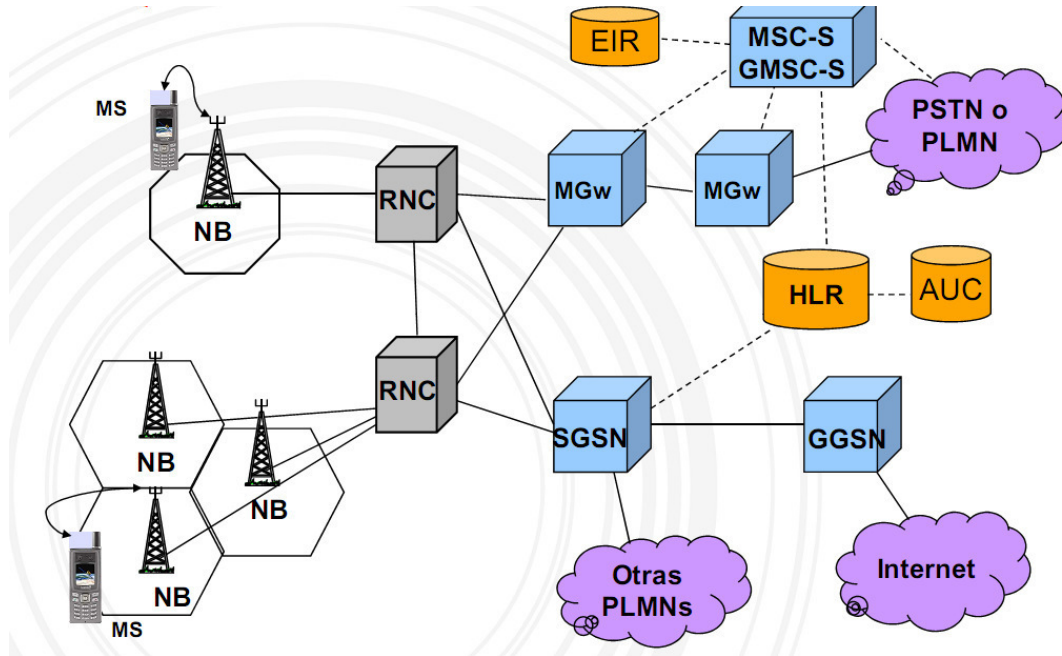


Figura 24. Arquitectura 3G

2.8 Asignación de parámetros para la red 3G EN MATAGALPA

Para cada sitio se tiene que configurar los parámetros para los equipos transmisores, celdas, potencia, modelo de propagación, frecuencia, tilt eléctrico y mecánico, etc. Para ello se deberá agregar los transmisores para cada sector e introducir los valores que tendrán para satisfacer los objetivos de cobertura en la Ciudad de Matagalpa.

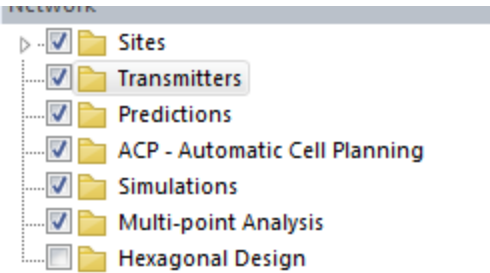


Figura 25. Ventana para Configurar los Transmisores

Se puede importar desde un archivo de texto, sin embargo en este proyecto se procederá ir agregando los transmisores sitio a sitio, para ello se ubica sobre el sitio a agregar y se da click derecho. Y se tendrá una nueva ventana donde se definirá los parámetros de diseño.

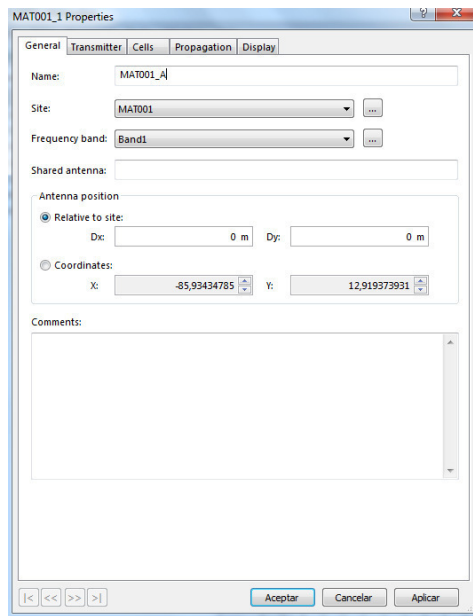


Figura 26. Ventana General

En esta ventana se define el nombre del sector para cada transmisor, que tipo de banda, también se puede determinar las coordenadas las coordenadas. Posteriormente tenemos las características del Transmitter.

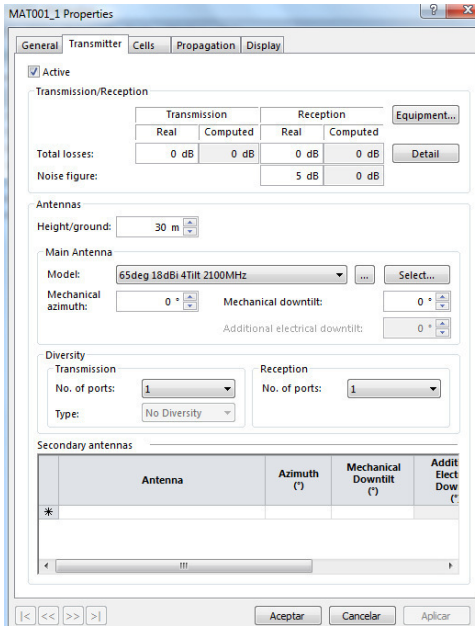


Figura 27. Ventana de Propiedades

En esta ventana se pueden definir los valores de pérdidas tanto para la transmisión como para la recepción, altura, azimuth, tilt eléctrico y mecánico, tipo de Antena, número de puertos para la diversidad de Transmisión. En la parte superior derecha hay un botón “Equipment” el cuál te permite seleccionar: el TMA, tamaño y longitud del feeder, equipo de Transmisión y las pérdidas.

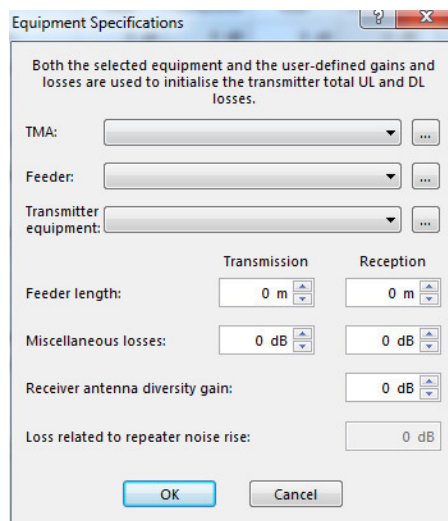


Figura 28. Especificaciones de los Equipos

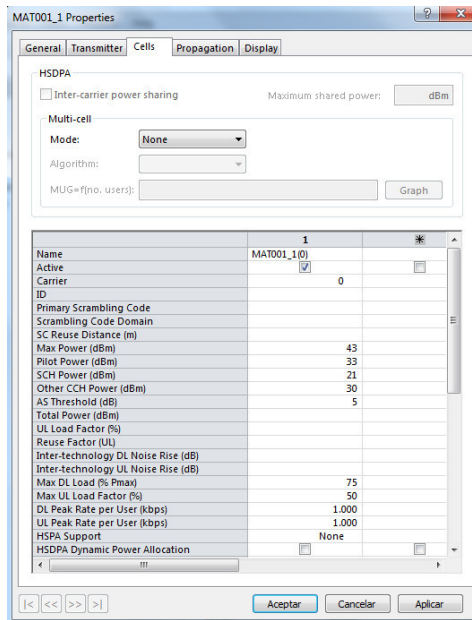


Figura 29. Ventana Cell

En la ventana Cell se puede definir la potencia, también si la antena será dual band, si es dual banda entonces hay que determinar, y todas las características para 1, 2 y 3 portadoras.

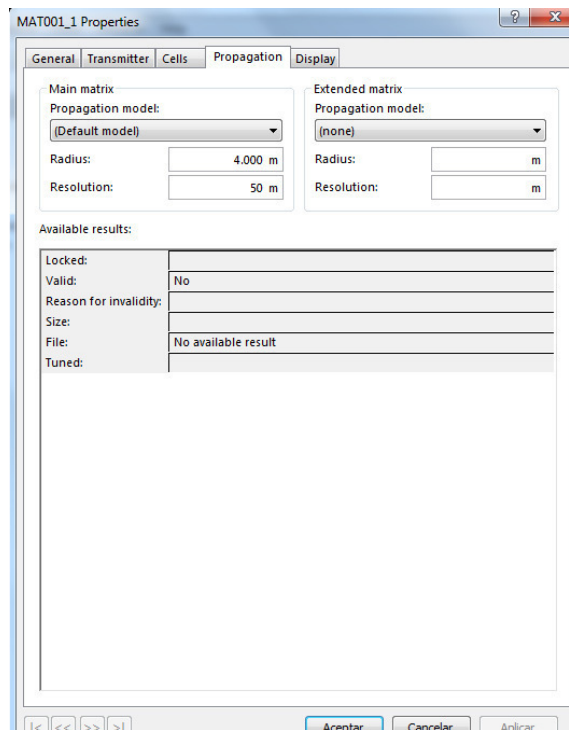


Figura 30. Propagación

En esta ventana se puede elegir los tipos de modelos de propagación en función del tipo de entorno a dar cobertura y la frecuencia a utilizar.

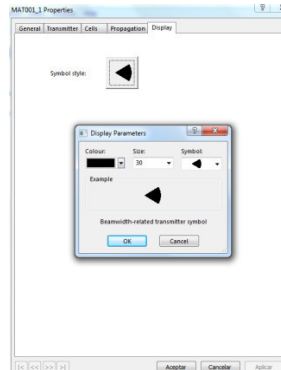


Figura 31. Display

En la Figura 31 se puede dar el color, tamaño y forma con que se verán los sectores de los Nodos B que se definan.

A continuación le daremos los valores a cada uno de los “New Transmitters” para poder dar cobertura a la Ciudad de Matagalpa.

ID	Name	Band	Height (m)	Azimuth (°)	Mechanical Down tilt (°)	Additional Electrical Down tilt (°)	Transmit Diversity Type	Number of Transmission Antenna Ports	Number of Reception Antenna Ports	Receiver antenna diversity gain (dB)	Transmission losses (dB)	Reception losses (dB)	Noise figure (dB)	Transm
MAT001	MAT001_1	Band1	30	340	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT001	MAT001_2	Band1	30	90	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT001	MAT001_3	Band1	30	225	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT002	MAT002_1	Band1	30	270	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT002	MAT002_2	Band1	30	350	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT002	MAT002_3	Band1	30	80	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT003	MAT003_1	Band1	30	240	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT003	MAT003_2	Band1	30	120	0	0	No Diversit	1	1	0	0	0	5	
MAT003	MAT003_3	Band1	30	0	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT004	MAT004_1	Band1	30	240	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT004	MAT004_2	Band1	30	120	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT004	MAT004_3	Band1	30	0	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT005	MAT005_1	Band1	30	120	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT005	MAT005_2	Band1	30	0	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT005	MAT005_3	Band1	30	270	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT006	MAT006_1	Band1	30	100	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT006	MAT006_2	Band1	30	350	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT006	MAT006_3	Band1	30	150	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT007	MAT007_1	Band1	30	90	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT007	MAT007_2	Band1	30	0	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT008	MAT008_1	Band1	30	180	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT008	MAT008_2	Band1	30	330	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT008	MAT008_3	Band1	30	120	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT009	MAT009_1	Band1	30	270	0	0	No Diversit	1	1	0	0	0	5	
MAT009	MAT009_2	Band1	30	180	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT009	MAT009_3	Band1	30	90	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT010	MAT010_1	Band1	30	350	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT010	MAT010_2	Band1	30	140	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT010	MAT010_3	Band1	30	250	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B
MAT010	MAT010_3	Band1	30	30	0	0	No Diversit	1	1	0	1	-2,16	4	Node B

Figura 32. Parámetros Cargados en la Lista de Transmisores

Los 10 sitios en el mapa de Atoll es:

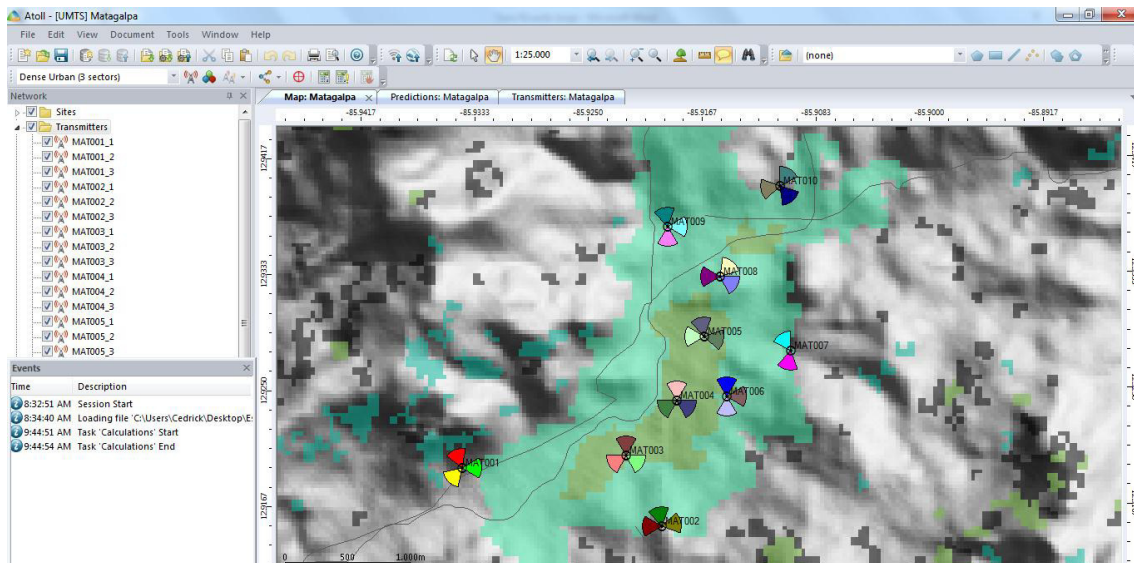


Figura 33. Vista de los 10 Sitios en el Mapa en Atoll

Se procederá a realizar la predicción “By Signal” para ver el comportamiento de cobertura de los 10 Nodos B que se establecieron.

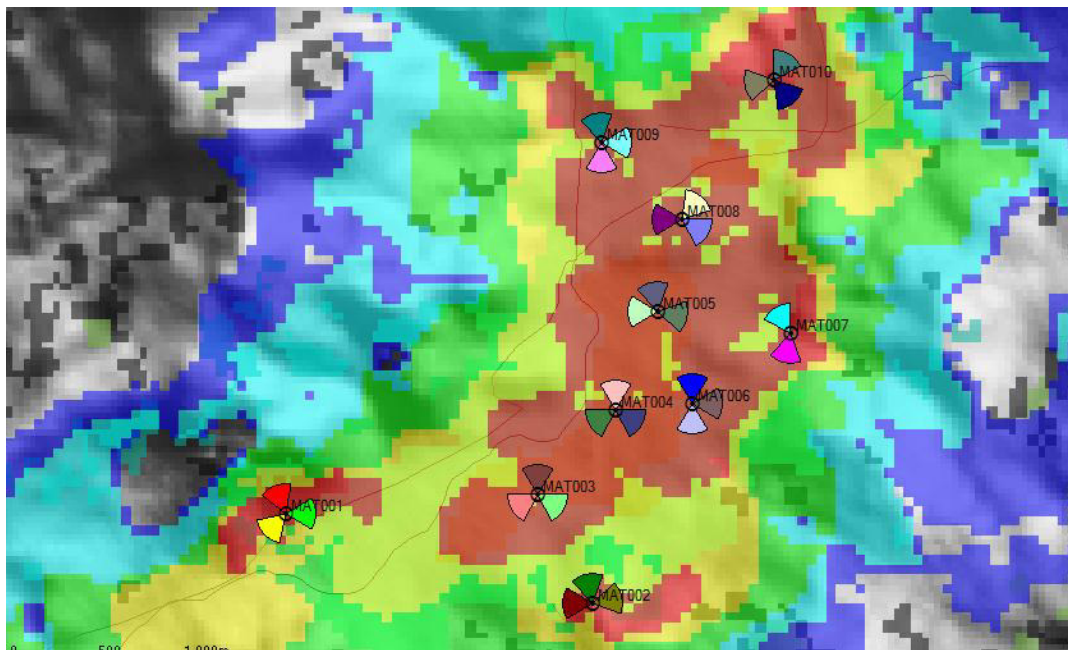


Figura 34. Predicción By Signal

Se muestra que las zonas donde hay una densidad poblacional está siendo radiada por un buen nivel de señal, definido por el color rojo en la figura 35 (RSCP es menor de -80dbm).

El área de cobertura se puede ver mediante el siguiente reporte:

Name	Surface (km ²)	% of Covered Area
Coverage by Signal Level	29,07	100
Best Signal Level (dBm) >= -80	3,168	10,898
Best Signal Level (dBm) >= -90	6,43	22,119
Best Signal Level (dBm) >= -100	10,89	37,461
Best Signal Level (dBm) >= -110	17,212	59,209
Best Signal Level (dBm) >= -120	29,07	100

Figura 35. Reporte de Área de Cobertura

También se mostrará las estadísticas mediante un histograma basado en cobertura de áreas. Los niveles de potencia se comparan con el área.

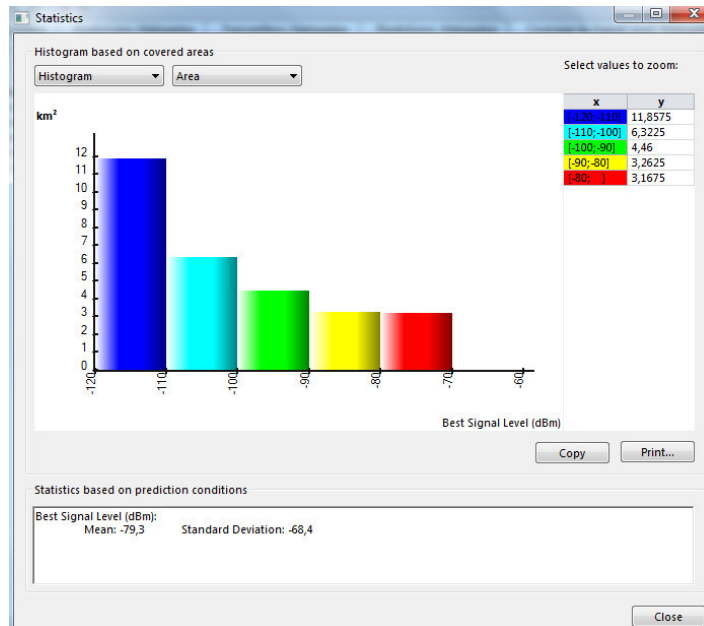


Figura 36. Histograma Basado en Áreas de Cobertura

VI. CONCLUSIONES

La importancia de los modelos de propagación es muy significativa, ya que se requiere definir el modelo de propagación que se adecue al entorno y tener el comportamiento más idóneo y por ende una mejor planeación. En este proyecto se trabajó con la tecnología HSPA (UMTS) para dar cobertura a la ciudad de Matagalpa.

El trabajo se desarrolló mediante la herramienta de planeación ATOLL, con la cual se determinó mediante la predicción "By Signal" el comportamiento de cobertura para los 10 Nodos B que se consideraron.

Se realizaron muchos cambios en lo que respecta a los parámetros para obtener los mejores resultados. Se consideró precisamente la evolución de los sistemas móviles, es necesario e importante que se consideren otros tipos de estudio, tales como las predicciones By Transmitter, Overlapping y Relación Señal Ruido, las cuales pueden ser considerados en otros estudios de planeación.

Se cumplieron con los objetivos del presente trabajo, ya que se hizo una propuesta de planeación de Red HSPA en la Ciudad de Matagalpa. Sin embargo, se recomienda que otros egresados puedan seguirle dando seguimiento para mejorar el nivel de Calidad de Servicio que esta red puede brindar a los habitantes de Matagalpa.

Se presentó una propuesta donde consideraron los parámetros pertinentes para lograr dar cobertura a la Ciudad de Matagalpa. El presente estudio puede servir como guía paso a paso para la planeación de redes en otras ciudades.

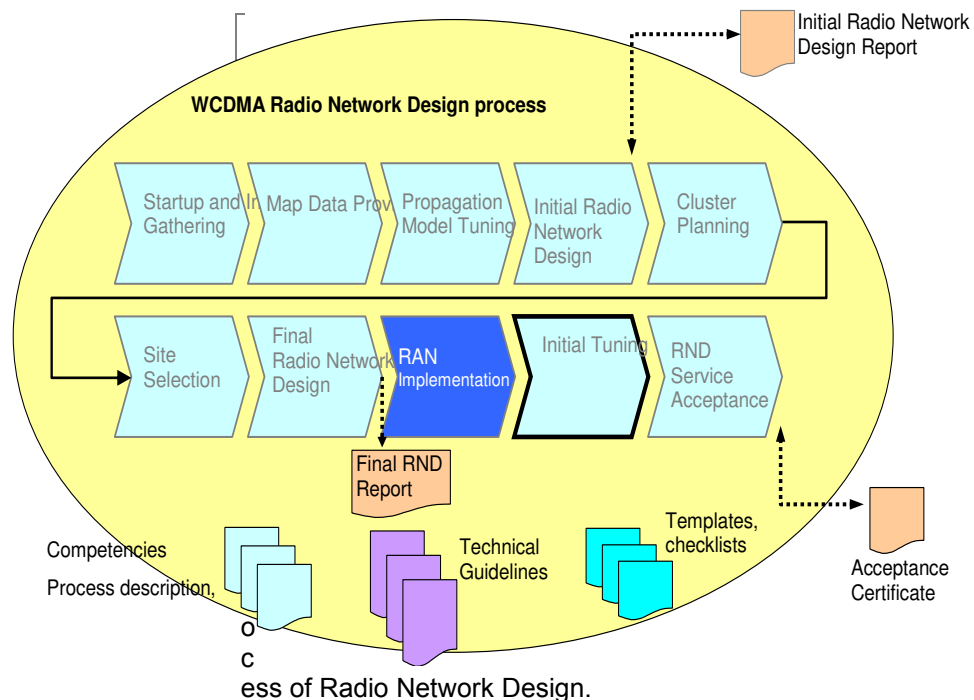
VII. BIBLIOGRAFÍA

- José Gabriel Cano Portocarrero. Moisés Góngora Aragón. Propuesta de Manual para Planeación de Redes Móviles en Nicaragua utilizando el software Atoll. UNI-RUSB. 2012.
- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11744/fichero/Capitulo4%252Fcapitulo4.pdf>
- WCDMA Initial Tuning Technical Guideline. Ericsson. 2008
- Planificación de Redes LTE. Leonardo Scricca Yanes. Universidad Politécnica de Madrid. 2013
- Ingeniería de Acceso Celular. Redes de Acceso. Natalia Pignataro. 2013.
- User Manual. Atoll. RF Planning & Optimisation Software. Version 2.8.0
- Planificación y Diseño de Redes Celulares Móviles. Postgrado ofrecido por la plataforma de los nodos de excelencia académica ITU-OEA. Universidad Católica de Uruguay. 2008.
- Jukka Lempiäinen, Matti Manninen: Radio Interface Systems Planning for GSM, GPRS, UMTS 2002. 1th Ed. Editorial Kluwer Academics Publisher. USA. 2002. ISBN: 0-306-47319-4.
- Mehrotra, Asha: GSM System Engineering. 1th Ed. Editorial Artech House, Inc. USA. 1997. ISBN: 0-89006-860-7.

VIII. ANEXOS

General

This document describes the Initial Tuning procedure of the WCDMA Radio Network Design. It is an integral part of the Radio Network Design Service (Figure 1). It describes the procedures to be followed when dealing with WCDMA Initial Tuning Technical Guideline, as defined in the Ericsson Service concept. This document is designed to create a common understanding of how to perform WCDMA Initial Tuning Technical Guideline, regarding procedures and information flow.



Scope

The scope of this document is:

To explain the main steps of the WCDMA radio network initial tuning service.

To give advise on tools and support means for performing the process.

Definition of Initial Tuning Service

The purpose of the Initial Tuning is to make sure the radio network works well after the network has been built or in case of an expansion. It is a best effort service. The service verifies that the radio network design and the corresponding network data have been implemented correctly, that the implemented design is consistent with the proposed design. The initial tuning is performed during circumstances where the network is unloaded or limited loaded with friendly user traffic (only operator/Ericsson test users). This service is considered

accomplished when the list of critical items stated in the contract has been cleared. See reference 1. It results in a verified network, i.e. a tuned network ready to go under commercial service.

Initial Tuning Service Process

Initial Tuning consists of the following main activities that will be discussed in this document:

- Preparation
- RN Parameter Audit
- Data Collection
- Analysis
- Reporting

The prerequisites, activities and results of the initial tuning service are summarized in table 1 below. The prerequisites specified below are the requirements that have major impact on the service performance. The final results of the initial tuning are documented in initial tuning reports (analysis report and verification report). These reports are used as input to the acceptance sub-process. After presentation of initial tuning reports the customer should issue a preliminary RND acceptance certificate. (Ready For Acceptance see reference 1).

<i>PREREQUISITES</i>	<i>INITIAL TUNING</i>	
	<i>ACTIVITIES</i>	<i>RESULTS</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Cluster plan completed • All planned sites integrated, tested and in working condition per cluster • Radio Network Design and Network Data implemented • Network not in commercial service • Clusters for verifying are frozen 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparation • Radio Network Auditing • Drive test route plan • Measurements • Post-processing • Analyzing/Change proposal 	<ul style="list-style-type: none"> • Verification that the critical items have been cleared. See reference 1 • Initial Tuning Analysis report/Verification report • Presentation of results • Preliminary RND Acceptance Certificate

Table 1 – The Initial Tuning activity with the corresponding prerequisites and results.

Initial tuning sub-processes and its workflow are summarized in figure 2 below. Changes that are performed during the initial tuning is limited to the following:

Parameters that are open for operators

Antenna system including tilting, direction, height, etc.

Problem related to abnormal behaviors that is caused by malfunctioning system or mobile terminals is not solved within the radio network initial tuning.

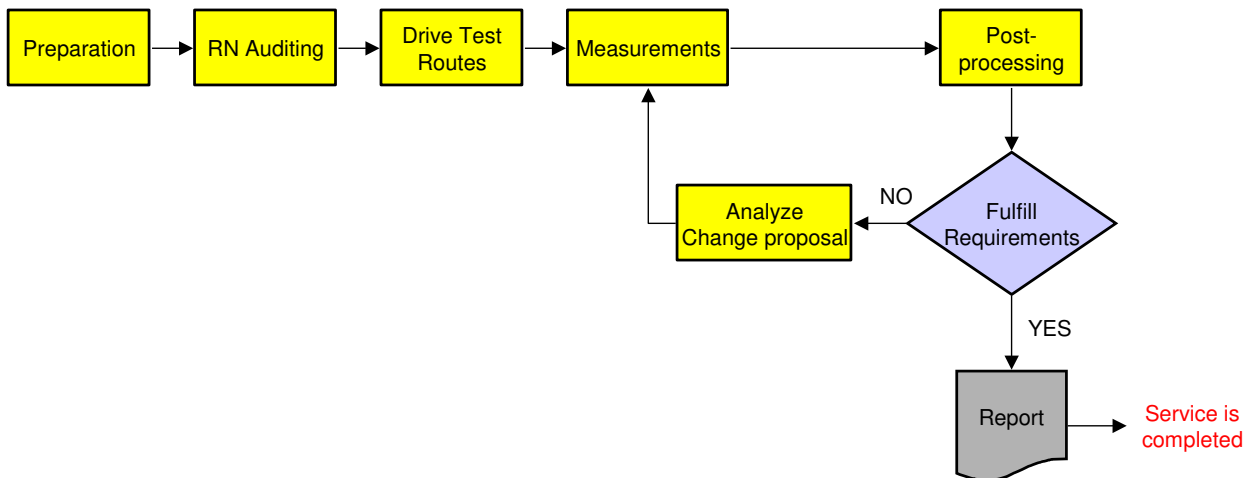


Figure 2, Initial Tuning sub-process activities

Preparation

During the preparation phase a couple of activities can be carried out such as:

Definition of Clusters

Definition of Drive Test Routes

Time estimation

Drive test schedule

Setting up a project team

Collect radio network design information (input from customer)

Preparing equipment

Decide Ericsson's and operator's responsibility during the service

Definition of Clusters

As a start, the total area to be covered according to service requirements will be divided into small areas called clusters such that each cluster can be tuned separately in different time frame. Each cluster shall consist of a limited number of ready for on –air sites (max 10-15 sites) that are located close to each other.

When all clusters are defined and agreed upon, it is necessary to collect the following information:

Cell information includes antenna direction, antenna height, scrambling codes and pilot power

- Coverage map for each cluster with cell position, antenna direction and corresponding information for neighbor cells in surrounding clusters

Definition of Drive Test Routes

It is essential that the drive test routes be well planned, excessive duplication of drive routes or missing major roads as well as driving too much outside the cluster will potentially confuse the performance statistics. It is recommended to define the drive route for each cluster together with the customer/operator, since they are acquainted with the local area. Sometimes the operator can be responsible for assigning the cluster boundaries and planning the drive test routes.

The extent of a drive route shall, if possible, cover a cluster. All sites within a cluster shall be integrated before the service performance is started but due to practical reasons this might not be always possible. Sites can be delayed for a number of different reasons for example construction or transmission problems. If the missing site or sites are judged crucial to the performance of the drive route, the verification of that drive route shall be delayed until the site or sites have been implemented. If not, the drive route shall be verified, but a note regarding the missing site or sites shall be added to the report for that drive route.

- The drive routes shall be planned according to the following criteria:
- If the drive test routes for acceptance have already been defined in the contract, they should be included in the routes prepared for Initial tuning service.
- The routes shall cover major areas where “outdoor” coverage is predicted.
- The routes shall be planned so that soft/softer handover can be observed in representative and important areas.
- The routes should be planned to cross over the borders between two RNC's. Since, in P2, the Iur interface is implemented, handover between RNC's is now possible.
- The routes shall pass through important areas within the service area and the routes shall be planned so that important roads are included.
- Individual routes shall be planned so that they are limited to areas with similar coverage requirements, e.g. urban, suburban and rural areas.
- The routes shall have as little overlap as possible.

Time estimation

This stage of preparation is meant to provide a rough idea of the time needed to perform the service and be able to make a time plan for the service.

Since the acceptance of the network is to be undertaken on a cluster basis, the time estimation is performed on a cluster basis in order to allow consideration of the same criteria.

- Affecting factors that need to be taken into consideration in the time plan:
- Road traffic jam during the drive-tests (if performed during the day)
- Difficult terrain (e.g. water)
- Availability of test equipment. The equipment should be purchased in advance to cut lead-time
- Calibration of equipment
- Availability of resources
- Difficulties to obtain information
- How the RND acceptance is specified in the customer contract
- Limitations regarding working hours (night work)
- Size of coverage area, distance between clusters to be verified and time to travel to test area
- Time to implement changes
- Time of year – potential impact of adverse/seasonal weather

Example:

In this time estimation it is assumed:

Each cluster will have an average of 13 three-sector sites (between 10 and 15 sites)

Since we cannot forecast the quantity and impact of the proposed changes, the time required for re-doing the activities is not included in the time estimation calculation.

1.Preparation

Before starting the Initial tuning activities, the following issues will be taken into account: the time estimation itself, securing resources, requesting information, preparing measurement equipment. It is considered that there is no need to purchase or calibrate the equipment.

For this estimation, following is assumed:

- 8 man-hours (mh) per cluster

1 Radio Network Auditing

In this stage, radio network parameters and design check should be carried out.

- 5 mh/cluster for auditing

2 Drive test Routes

For estimation of the required time to plan the drive-test routes, it is assumed:

3 Measurements

Assumptions:

- 1.5 hour per each drive test route, considering geographically close sites
- Driver and RF engineer necessary at the same time for drive-test

4 Post-Processing

Assumptions:

- 2 mh post-processing 1 route

5 Analyzing and change proposal

This estimation in this part of the work is very variable, since it depends on the number of required changes. *We consider a change completed when it has been ordered, not implemented.* So,

- 3 mh / 4 sites

6 Report

Assumptions:

- The plots have already been printed in the post-processing section
- The report will include all the sites
- 2 mh/cluster

Activities	Required time per cluster	Time
Preparation	8 mh	8 mh
Radio Network Auditing	5 mh	5 mh
Drive Test Routes	2.5 mh	2.5 mh
Measurements	1.5 h/route X 5 routes/cluster X 2persons	15 mh
Post-processing	2mh/route X 5 routes/ cluster	10 mh
Analyzing and change proposal ¹⁸	3 mh/4sites X 13sites/cluster	10 mh
Report	2 mh	2 mh
TOTAL		52.5 mh

Table 2 - Summary of time estimation.

¹⁸ In this time estimation, time for implementation of changes and redoing the measurements is not considered.

Drive test schedule

If Ericsson is responsible for delivery of both measurement and analysis parts of the service, a drive test schedule for the respective cluster will be provided to customer. This will include information such as cluster's name, start date, duration of measurement, number of drive teams and etc.

If Ericsson does not deliver the measurement part of the service, then Ericsson will not have the responsibility of preparing the schedule. In this case Ericsson should be given all necessary details so that analysis work can be planned. In addition, a project management group will need to address interface and co-ordination issues between the respective companies responsible for the measurement and analysis parts.

Securing Resources

To perform the service requires a minimum of two RF engineers and one driver depending on how many Services will be tested at the same time. At least one of the RF engineers should have experience from a previous initial tuning project, or a previous acceptance of radio network design project. In addition, the RF engineers and the driver should have the following experience:

First RF engineer:

- Certified as either radio network performance improvement engineer (at least level 1) or radio network design engineer (at least level 1) according to the Competence descriptions for network design & network performance improvement consultants, see references 2 and 3.
- Experience from commercial radio network improvement projects, including practical experience from handling measurement programs and commands in RANOS.
- Practical experience from radio network performance related software tools such as TEMS Investigation.

Second RF engineer:

- Good knowledge of WCDMA radio network planning.
- The RF engineer should know WCDMA functionality and products.
- Practical experiences from drive testing, preferably with TEMS equipment.
- Practical experience from analyzing and post-processing drive test measurements, preferably using TEMS Investigation.
- Practical experience from prediction and presentation tools, such as TCPU, MapInfo, MCOM-3G, DeskCat and/or post processing KPI tool.

Both RF engineers:

If the radio network includes any special features, at least one of the RF engineers must have knowledge about the impact of these features on the radio network planning and performance.

Driver:

Be familiar with the local area.

Requesting Information

Before performing the initial tuning service, it is necessary to plan the service. For the Ericsson RF engineers this means compiling information from the final radio network design or requesting information from the people who have performed the RND.

General Information

- Customer contact person(s)
- Ericsson local company contact person(s)
- Schedule information (time plan for site implementation, integration and initial tuning)
- A confirmation (from the implementation/integration manager, or other responsible person) that the new sites are ready for initial tuning, i.e.:

All new sites are integrated, tested and in working condition per cluster.

The radio network design data (CDR/IDD) is implemented.

Stability of the network prior to and during tests is necessary. The clusters to be tuned are frozen from any parameter changes, hardware work or software upgrades.

- A copy of the chapters in the contract that specify the required radio network performance and quality for radio network acceptance of the new sites if applicable, are available.
- A test telephone number for the TEMS UE (or equivalent) to be used during drive-tests (the specified UE must be registered in core network). Another telephone number and a corresponding MS to use for communication between the drive test team and the RANOS team.
- Permission to access the sites to be verified and to RANOS/network management system.
- Permission to run measurement programs (possibly coordinated with the RANOS engineer from the customer)
- Agreements that the customer will arrange for appropriate security for Ericsson personnel, if necessary

Collect radio network design information (input from customer)

Ericsson can collect all or parts of the needed radio network information:

- Software revision level of the system network
- Information about transport network design/topology
- Cluster plan
- Detailed documentation and/or database of the radio network design and radio network configuration. The information can be provided as stated below, or in an equivalent form

Ericsson can produce some parts of the above, depending on the contractual agreement:

Map database and site database with site configurations.

Correct site configurations are a pre-requisite for proper cluster analysis. The database (for MCOM3G) should be updated with latest site configuration of the drive day, including the following:

- Number of sectors, including split sectors
 - Antenna type
 - Antenna height
 - Antenna azimuth
 - Antenna mechanical and electrical down tilt
 - Primary Scrambling Code
- 1) Maps/plots or a map database, with illustrated signal coverage (composite best server and equal power boundary plots) for sites in the area to be tested. Ec/Io in the area(s) to be tested for different services included in the contract.
 - 2) CDR/IDD for all sites to be tested. The CDR and IDD include information about network and RF parameters.
 - 3) Input from radio network design (TCPU):
 - Digitized terrain database and, if available, map containing land usage codes and vectors
 - Design criteria (e.g. degree of coverage, geographic distribution of traffic to be served, service types, grade of service)
 - Service parameters (Eb/Io targets, activity factors, traffic models, maximum user data rate/throughput)
 - Handover, soft handover and softer handover thresholds
 - Fading margins (other implementation margins, if any)
 - UE information (max transmit power, noise figure)
 - Cell coverage plots
 - GoS per service
 - Predicted cell loading
 - Prediction model used

Preparing equipment

Below shows a list of useful tools for WCDMA initial tuning activities:

TCPU – is a radio network-planning tool. If the network is planned with TCPU, this tool can also be useful during the analysis to make prediction of change proposals. For instance planning for new sites, new antenna directions.

WCDMA Nexplorer – To save time and speed up the tuning process a consistency check is performed to find inconsistencies in the network and fix them prior to drive testing. RANOS dump, network configuration data, which is collected through the RANOS, can be post-processed in WCDMA Nexplorer to generate design check report.

UETR – records of Layer 1 measurements and different protocol messages is valuable when looking for uplink information and trouble shooting during analysis. The protocol groups that can be evaluated are NBAP, RNSAP, RANAP and RRC (Layer 3).

W-UETR – is used during data collection to cover uplink information. It is used to parse the UETR files and synchronize TEMS log files with UETR files. This gives a possibility to check specific events like Handover, dropped call etc. to be analyzed in detail. W-UETR can also generate a missing neighbor list based on TEMS scanner data that can be added to existing neighbors to improve network performance

TEMS Investigation –collects the raw data during the drive test and saves it as log files, which in turn can be analyzed. TEMS Investigation is a trouble-shooting tool used to monitor and analyze the downlink performance of a radio network. Important features in TEMS Investigation are:

- A multi-layer structure is used for the presentation data (as well as, indeed, for the elements of the map images itself). The visibility of each layer can be controlled separately.
- Full decoding of layer 3 messages
- Ability to connect a WCDMA scanner to a PC application
- Presentation of scanner data such as pilot scanning, spectrum analysis on scanned data and measurements on the synch channel
- Line chart and user-defined status windows (scanner data)
- WCDMA events and information elements (scanner data)
- Map support presenting GPS positioned scan data

For more information see reference ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

TEMS DeskCat¹⁹ - is a post-processing tool. Some of the features are;

- Fast and easy way to create WCDMA tuning report in MS Word format
- Produces plots in .MIF format
- Provides flexibility to customize the report template
- Supports both TEMS Investigation Scanner and UE measurement
- Presents cluster key performance indicators and detailed cell level performance
- Potential Neighbor Candidate table to find missing neighbors
- Displays call events such as dropped calls and blocked calls

For more information see reference ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.

MapInfo - A desktop mapping tool that enables you to perform geographic analysis, generate plots (coverage, interference, etc.) - see reference ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.. MapInfo should be prepared with all

¹⁹ The coming TEMS Investigation 6.0 will have a new multi-log analysis tool that shall replace DeskCat. TI 6.0 is scheduled for Q1 2005.

relevant digital maps and site databases installed (updated continually) during the project start up process.

MCOM3G – a geographic analysis tool based on MapInfo.

Equipment needed for drive testing – see section 0

Responsibility Matrix between Ericsson and operator

Refer to the contractual agreement for specific related information to this service.

RADIO NETWORK AUDITING (CONSISTENCY CHECK)

Since all results of the initial tuning are highly depending on a well-implemented network, a radio network audit should be done before starting the initial tuning to ensure a good result of the service.

The purpose of consistency check is to find inconsistencies in the network and fix them prior to drive testing. By fixing inconsistencies we save time and speed up the tuning process. In order to perform the design/consistency check, network configuration data should be collected through RANOS.

WCDMA NeXplorer provides RANOS MO scripts to be used to retrieve the RANOS Dump. Two RANOS MO scripts are included in the installation packages (stored in RANOS MO folder e.g. C:\Program Files\Ericsson\WCDMA NeXplorer\Ranos MO.

After running the script and getting the RANOS dump, it should be post processed in the WCDMA Nexplorer tool to generate a design check report. The RF parameters should be verified with the values according to the CDR and the IDD. Based on this information a CR should be created.

This CR should be delivered to customer for implementation of proposed changes. Also to briefly review the SC plan and Neighbor cell plan, as planning problems can be found already during the consistency check. For more information about activity flow, see reference **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Drive testing

Prior to start of drive testing check that for concerned clusters:

- All cells in cluster and neighbors to cluster are operational and allowed for access
- No other activities are planned in cluster during drive testing

During drive tests, two types of measurements can be performed:

- For scan mode, the PSCH, the SSCH and the CPICH of the sites in the cluster can be scanned.
- For dedicated mode, two type of calls should be performed for both speech, video and data services:
 - 1) Long calls to evaluate the coverage, quality and retainability performance of the cluster. Long calls will be measured as continuous calls. As soon as a dropped call occurs a new call will be placed.

- 2) Short periodic calls to evaluate the accessibility performance. A speech call can be set up every 90-130 seconds, and there will be a pause of 10 seconds.

The long and short calls can be performed concurrently by means of two or more TEMS UEs per service type. The short call UE has to be configured to make a large number of calls during drive test. If for any reason a call is disconnected, a new call shall be generated immediately. If during the tests the test vehicle is stationary for longer than a few seconds, the log file should be paused or the associated values filtered out during post-processing. It is recommended to perform separate tests for voice and data.

Equipment needed for drive testing

During the drive test, the vehicle will be equipped with the measurement hardware that consists of GPS, RF scanners, UE's and the data collection PC. The following equipments will be used for one team during a drive test route for voice, video or packet data:

- TEMS Scanner (including GPS)
- TEMS Investigation (latest version)
- 2 TEMS UEs (one for long call, one for short call)
- PC with latest TEMS Investigation installed

Other useful equipment:

- Cable to transfer information between two PCs
- Diskettes/external hard drive/USB 'thumb' drive and extra batteries
- UE Battery chargers
- Hands-Free Kits
- Spare fuses for the car

Drive test log files

At the beginning of each drive test, a log file should be started. The name of the log file should be compiled as:

Mmmm_cccc_xx_yymmdd_kk.log

(e.g. Dall_C001_voice__041005_03_01.log) where:

Mmmm	Market (e.g. Dall for Dallas)
cccc	Cluster name or Cell name: C001 for cluster 1
xx	Service type (voice, video, packet)
yy	Year (e.g. 03 for 2003, 04 for 2004...)
mm	Month (e.g. 10)
dd	Day (e.g. 05)
kk	log file number (e.g. 01, 02, 03...)

Drive test process

- 1) Load the TEMS cell file into the laptop in order to see cell name during drive test (this can be done during the analysis phase as well).

- 2) Get a test number to call
- 3) Get the correct frequency number to measure
- 4) Bring the PC, the TEMS UEs, the TEMS Scanner and cables to the car.
- 5) Mount the PC, the TEMS UE and the TEMS Scanner and connect all cables. Start the PC and the TEMS Investigation software (Don't forget to mount the TEMS key to the PC before starting the program). Make the connections in the software and make sure that the information coming through the mobile can be viewed in the tool.
- 6) Use auto-logging function (same number of message for each log.) and make sure that automatic generation works for the short calls.
- 7) De-activate the screen saver and battery saver because they will interrupt the TEMS operator.
- 8) Make sure that battery on UE is good it has caused many performance problems (UE sensitivity, access and power regulation, etc.). Go to the start of the drive route for the cluster
- 9) Start the scanning
- 10) Start a log file. It can be practical to swap log files regularly, since big files can be difficult to transfer from the laptop to another computer.
- 11) Make a voice/video/ps long call to the test number. The aim is to have a continuous call throughout the entire drive test. In case of a dropped call, a new one shall be set up as soon as possible. Start the short call as well.
- 12) Start driving the route
- 13) When ready, stop the log file, close all programs and demount the equipment
- 14)

During the drive test, the engineer in the car should add notes to mark down all abnormal events such as dropped call, sudden poor quality, radio environment change, out of battery etc.

UETR

During the drive test the UETR, UE Traffic Recording functionality in the RNC can be used to collect the uplink data for each of the UEs in the test vehicles. As earlier mentioned for troubleshooting purpose to enable a more comprehensive analysis of the performance. Activate a UETR recording prior to start of drive test.

Before the drive test, some things has to be considered:

- Identify the involved RNCs
- UETR can support recording from multiple RNCs. However, it is not automatic and the operator must select each RNC they want to monitor from RANOS prior to activating the recording.
- Once a UE moves to a DRNC, if that DRNC has been selected for recording AND if the IMSI information has been successfully transferred from the SRNC, the recording of the UE will continue in that DRNC. RANOS will attempt to fetch the completed recording files from all selected RNCs but only the SRNC and current DRNC will have any files to send.
- The probable RNCs can be estimated according to the defined drive route. However, it is recommended to involve only one RNC in each test route in

order to simplify the trouble shooting. It can be complicated to analyze several UETR-files from different RNC at a time.

- Check the RNCs loads
- UETR may lead to higher RNC load. Therefore, before a UETR is activated, it is necessary to evaluate the remaining loads in each involved RNCs.
- Provide an IMSI number
- IMSI nr for test UEs is needed to track in UETR
- Synchronize the clocks
- The UETR measurements will be synchronized with the TEMS measurements to be able to follow the call sequence both from the UE perspective and UTRAN perspective. The timings of all monitoring tools and the watches of the engineers should be synchronized in order to align the timings of all recordings.
- Define the UETR recording with preferred messages
- Provide preferred protocols or/and measurement when activating a UETR. The available protocols and measurements in the UETR monitoring are shown in reference 7.

When packet data performance is to be tested, an FTP server shall be connected directly to the core network and it should work properly. This is done in order to minimize transport packet loss, which will adversely affect radio related packet data performance.

For practical information on how to start the measurements in RANOS see reference 7. For analysis of UETR files, please see reference 8.

POST-PROCESSING

The collected data will be processed in order to simplify analysis, but also to extract field measurement performance statistics for reporting. For the extraction of the KPI's the post-processing tool DeskCat is used.

The TEMS log files are imported into TEMS DeskCat and processed. The output can be presented in various ways including graphs, plots and tables and is an important source for the necessary tuning activities. MIF files will be extracted in order to analyze the data in MapInfo/MCOM3g.

When the tuning is finalized the DeskCat report is a big part of the whole cluster tuning report.

Note: Saving Time TIP for PS for MapInfo/MCOM3G!

This is just for packet service when displaying drive test data in MapInfo/MCOM3G. Many people import text files when doing the cluster tuning e.g. packet data. For a regular sized cluster it takes minutes just to make a change of the view in MapInfo/MCOM3G.

So, DON'T use text file as source file, instead convert the text files to Excel. Observe that there is a limitation, when importing Excel files in MapInfo/MCOM3G, 32768 rows is the limit, and the rest will be discarded. Be aware of that when you convert your text files to Excel data is discarded if there are more than 32000 lines!!! (Excel itself has a limit of 65k. MapInfo can import text files more than 32k). This will save a lot of time while displaying plots.

ANALYSIS

The analysis in the initial tuning project is mainly based on the collected data from TEMS (Scanner and UE logs) and UETR. Among others the following criteria will be analyzed:

FROM SCANNER DATA:

- SC plan
- Coverage
- Pilot pollution
- Neighbor cells list

FROM UE DATA:

- Accessibility
- Retainability
- Other abnormal phenomenon

If this service will be followed by acceptance of the network and the acceptance criteria are specified for the customer then the relevant parts of the contract should be used as evaluation values for above-mentioned criteria.

If the customer acceptance criteria in the contract are missing or are vague, try to find out which performance criteria the customer considers most important.

In the case that, in the contract, acceptance criteria are defined for a loaded network, then the initial tuning should be performed as specified in the contract.

When the objectives have not been met, a further analysis of the critical items will be performed and changes will be proposed. A re-check of parameters should be performed after finishing activities to make sure that the left values are correct.

For the tuning process and analysis of the data the documents UMTS P2.1 Best Practices and UMTS P2.1 Key Parameters can be used as guidelines.

The Best Practices document is used to identify quantify and analyze problems. Different solutions to specific problems are proposed and parameters needed for the solutions are described.

The Key Parameters document describes the most used parameters in detail and the effects of changes.

Problem areas

Problem areas can be defined as an area within the cluster that has one or more of the following issues:

- Poor Ec/No and/or poor RSCP
- Pilot pollution and/or excessive Soft Handover region
- Wrongly defined Scrambling code

Dropped calls and blocked calls due to RF design reason

In the report, the problem areas are marked, and a few words are also used to describe why it is a problem area. RSCP and Ec/No plots show the RF performance in the problem area. These problem areas require further attention in the analysis and change request will be purposed.

Scrambling Code plan

Scanner measurements can be used to verify the Scrambling Code plan. Ideally, each cell should have an area where in all samples it is the best SC, and it should not be the best SC in any other area. Additionally the scrambling code plan is preferably analyzed in Mapinfo/MCOM3G. For this a thematic map could be created with one color per SC or only one SC could be displayed at the time. The second option takes a bit longer time, but it is more accurate and easier to find the problems. Thus displaying best serving SC in Mapinfo/MCOM3G is very useful to clarify cell coverage and that all cells in the cluster have been assigned the correct SC according to plan. This could give an indication of possible swapped Tx feeders, cell not transmitting, or overshooting cell. Other installation faults will not be able to be discovered during cluster analysis.

The process can be summarized in the flowchart as shown below:

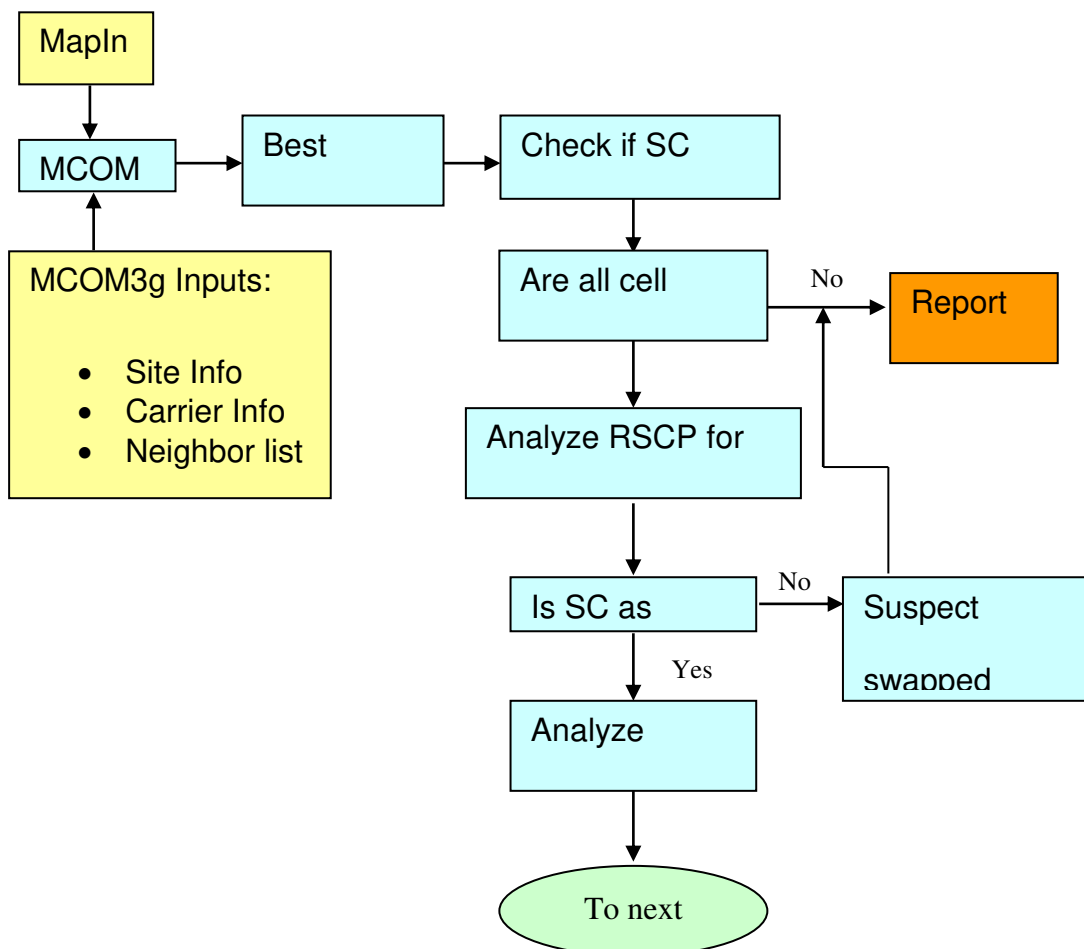


Figure 3 – Best serving scrambling code analysis process.

Coverage

UE Transmit Power

Depending on defined services the coverage for each service will vary. The following cases should be studied:

- Circuit Switched Services
- Packet Data Services

Circuit Switched Services

To verify that the achieved coverage matches the design target, the UE transmitted power while on dedicated channel is logged. Based upon the network design criteria a power margin relative to the maximum transmit power is calculated. The criterion defining whether the design fulfils the coverage target is calculated as:

$$UE_TXPWR_{meas} < (UE_TXPWR_{max} - margin)$$

This criterion has to be fulfilled in at least y% of the observations where y% corresponds to the design target coverage confidence for the measured service, along on agreed route.

The margin is used to cater for design margins such as body loss and penetration losses. It can be used to simulate coverage for different environments such as “in car” or “indoor” by means of taking into account penetration losses, for car or buildings.

Packet Services

For packet services, the channel rate on the downlink may vary from the channel rate in the uplink. Different methods may be used for uplink and downlink:

1 Uplink

For uplink, the same method as for circuit services will be used.

2 Downlink

For downlink, the criterion defining whether the design fulfils the coverage target is that the test terminal has a downlink channel rate higher than or equal to the channel rate used as a design criterion in at least y% of the observations.

Note: For packet services, if the downlink coverage has not been used as a design criterion, coverage will only be verified for the uplink.

Types of measurement

Long calls in dedicated mode will be performed for each service.

TEMS Investigation will allow monitoring the UE_TXPWRmeas. For downlink, if it should be verified, throughput measurements, also available in TEMS

Investigation, will allow displaying the bit rate, among others. In TEMS Investigation, the transport format allows obtaining the channel rate.

Pilot Coverage

Pilot coverage is the area where the CPICH coming from best serving cell is detectable, i.e. received by an UE with sufficient quality and signal strength to be able to camp on the cell; pilot coverage holes are points where this condition is not met. Pilot coverage test should be performed in order to prevent pilot coverage holes.

Based on experience from WCDMA networks, the pilot coverage criteria for any UE is given below:

Coverage level	RSCP [dBm]	Ec/No [dB]
Sufficient	RSCP > -100	Ec/No > -14
Poor	-115 < RSCP < -100	-16 < Ec/No < -14
No coverage	RSCP < -115	Ec/No < -16

Table 3, Generic Pilot Coverage Criteria.

However, in many cases the pilot coverage criteria is more stringent on the behalf of customer requirement. Table below shows an example of pilot coverage criteria for a customer.

Cluster	RSCP >= -70	-70 > RSCP >= -80	-80 > RSCP >= -90	RSCP < -90	Any RSCP	Coverage Class	Percentage
Ec/No >= -7	Very High	High	Medium	Low		Level 1	Very High
-7 > Ec / No >= -9	High	High	Medium	Low		Level 2	High
-9 > Ec / No >= -11	Medium	Medium	Medium	Low		Level 3	Medium
Ec/No < -11	Low	Low	Low	Low		Level 4	Low
Any Ec/No						Total	

Table 4, Example of a pilot coverage criteria based on customer requirement.

The reasons of having more stringent criteria of Ec/No and RSCP in initial tuning are:

- To allow sufficient building penetration loss to provide good indoor coverage.
- To allow sufficient power for the noise rise due to increase traffic.

The higher the percentage of pilot coverage in the “Very High” corner, the better is the CPICH performance.

Possibly reasons to the weak coverage

Possible reasons to the weak coverage are:

- Faults reported during drive testing. Check if all sites were operational
- The mobile is not on the “best server” cell. Check qOffset and qHyst
- Missing neighbor cell relations. See section 6.5. Check as well the number of cell relation defined. The recommended maximum number of neighbor cells is 20
- Incorrect cell parameter setting of output power for control and traffic channels. Parameters to check: maxTxPowerDI, PRIMARYCPICHPOWER, PCPICH, PCCPCH, P-SCH, S-SCH, AICH, PICH and PCH
- Incorrect cell parameter for the maximum transmitted power a UE may use. Check maxTxPowerUI
- Incorrect initial SirTarget setting on uplink and/or downlink DPDCH/DPCCH. Parameters to check: dllnitSirTarget, ullnitSirTarget
- Low output power from RBS
- Low gain antenna
- Radiation pattern
- Incorrect antenna down tilt
- Antenna position on rooftop
- Sector orientation
- Antenna height
- Site location in cluster
- Antenna near field obstructions
- High losses in the feeder
- Too close to the site (the RBS antenna has a narrow vertical beam)
- High level of interference (external, internal, co-existence, intermodulation, etc.)
- Insufficient site locations
- Fault in test equipment

Solutions to coverage and interference problem

In general, the solutions to coverage and interference problems are similar to those for 2G networks. The main difference is that in 2G the main source of interference is cells using co- or adjacent frequencies, whereas in WCDMA, all cells are transmitting with the same frequency (1 carrier case). Thus all signals from channels not included in the active set cause interference. Most interference thus often comes from the neighboring cells that are currently outside the active set.

Geographical areas in the cluster where the coverage or interference targets are not met or where the coverage or interference deviates from the design criteria should be analyzed.

In case an area needs improved coverage the solutions are the same as for a 2G network.

Usually, when the coverage is good but the Ec/No is not acceptable, it is due to too many pilots arriving in the same spot (pilot pollution, see section 6.4). If there are only one or two polluting pilots, their coverage area could easily be reduced by down tilting them. However, many times there are several pilots arriving in the area, and down tilting several cells is perhaps not feasible. Improving the best server cell could possibly be the best choice in this case.

Overshooting is when a site is the best server in an area beyond the intended coverage area. To identify areas where overshooting appears, as mentioned in section 6.2 the most effective method is to display it in MapInfo/MCOM3G.

Prior to evaluating the site changes to it could be good to study the following (together with customer or similar RF person with site knowledge):

- Site photos (panorama)
- Building height, blocking, obstructions or risk for shadowing (not allowing excessive down tilt), antenna installation drawings and photos.
- Tilt type, the type of antenna tilt used in this sector, i.e., mechanical and/or electrical, or none.
- Antenna radiation patterns (horizontal and vertical), The antenna radiation patterns are needed, including the maximum antenna gain.

If the overshooting problem stays or there are difficulties to avoid it completely, it can be overcome by adding the overshooting cell to the Neighbor cell list.

Below, there are some possible solutions described to combat overshooting and other coverage problems:

Antenna tilt

Antennas can be tilted in two different ways:

- Mechanically: When an antenna is mechanically tilted, the gain in the main direction is reduced, whereas the gain in other directions might be less affected.
- Electrically: When an antenna is electrically tilted, the gain is reduced in all directions.

Making sure that every antenna has the most optimal combination of mechanical and electrical down tilt is one of the most essential objectives of the entire initial tuning.

Antenna change

It is often desired that an antenna would cover a narrower or wider area. In such a case, a cost-efficient solution is to change the antenna. In most Ericsson systems, the vast majority of antennas are 65-degree. Changing to a narrower 30-degree antenna does limit the coverage area to the main direction. It should however be noted that narrow antennas tend to have relatively large side lobes. For a wider coverage area, for example a 90-degree antenna could be tried.

Antenna azimuth change

As the antenna azimuth is changed, the lobe is re-directed towards a new area, Coverage is lost in the main direction but improved in the new direction.

When changing the azimuth it is important to check that lack of coverage in some area is not due to some other obstacle, as an azimuth change will have very little effect in such a case.

Antenna location on the roof or mast

The final location on the rooftop of an antenna sometimes has a very significant impact on the performance. Antennas mounted high above the rooftop might have a back lobe that causes interference. Similarly, the antenna might overshoot in its main direction and might be moved down. Moving down such an antenna so that some roof structure provides a back lobe obstacle can improve the performance.

Another possibility would be that an antenna is obstructed on the roof or by a nearby building so that the coverage area is not good enough. Such antennas should be moved to a better location.

Changes including moving antennas are often expensive and might include new negotiations with the building owner and possibly new building permits. It is thus important to be sure an improvement can be achieved prior to implementation.

Pilot power reduction

As the power of CPICH (Common Pilot Channel) is reduced, the pilot signal of the cell becomes weaker both in its intended coverage area as well as in the areas where it causes interference and pilot pollution. While the reduction of pilot pollution is good, the reduction of pilot power in the intended coverage area might have negative consequences. The most obvious problem that arises is that the handover border is moved closer to the cell with reduced CPICH power. Thus, the demands on neighboring cells to cope with the radio environment increase. After a CPICH power change, it is necessary to verify performance both in the area where improvement was intended as well as in the ordinary coverage area of the cell.

Switch off sectors

Occasionally, it might be necessary to switch off an individual sector of a cell if it provides only limited coverage, but adds significant interference or causes pilot pollution.

Pilot Pollution

Pilot pollution definition is the detection of many high power pilots as compared to Best Serving Pilot that do not contribute to the received signal. The UE has the ability to constructively use signals in soft/softer handover, all the other signals received that exceeds the Max Active Set (currently set as 3) act as interferers. This interference degrades the performance of the system.

Pilot pollution test is intended to prevent scenarios where many cells (as compared to maximum active set size) are not included in soft/softer handover procedure, but reach the mobile with high E_c/N_0 .

Pilot pollution can be detected by re-playing the measurement log files in TEMS Investigation in order to detect those points where we have more than MAX_ACTIVE_SET cells with a high E_c/I_0 .

By importing data into MCOM3G, the output plots can be used to display the number of pilot polluter within certain margin of the best server, for example margin of 3 to 5 dB. The plot shows area in the cluster suffering from pilot pollution.

These plots have the advantage that they can be presented in the final report provided to the customer.

On solutions for pilot pollution, see previous section.

Neighbor cells list

When a neighboring cell is sufficiently strong it should be added to the active set. If a strong cell is not added it will generate excessive interference, and can, if it becomes too strong lead to a dropped call. In a 2G network it is sometimes possible to accept that a strong cell in some limited area is not a neighbor as long as the quality of the serving cell is good enough. In WCDMA that is not possible. Consequently, in case of "island coverage", the number of neighbors becomes rather high in WCDMA.