



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DIGITALES Y TELECOMUNICACIONES

**Protocolo de Monografía para optar al Título de
Ingeniero en Telecomunicaciones**

**“Propuesta de Diseño de una Red Móvil Basada en la Tecnología TD-SCDMA
en la Región Autónoma del Atlántico Sur de Nicaragua”**

Autores: Br., Carnet: Jorge Milton Baca Robleto
Br., Carnet: Cristofer David Sarria Palma

Tutor: Msc. Ing. Ernesto Lira Rocha

Managua, Nicaragua
Agosto 2018

DEDICATORIA

Primeramente, queremos dar gracias a Dios por permitirnos alcanzar esta meta tan importante para nosotros, como es la culminación de nuestros estudios con mucho esfuerzo y esmero.

Agradecer a nuestros padres y familia, por brindarnos su apoyo incondicional para alcanzar un logro que representa un gran paso en nuestras vidas y nuestro futuro profesional.

A nuestro tutor, por el gran trabajo que realizó junto a nosotros en el desarrollo del proyecto, el mérito lo tenemos gracias a su apoyo.

A todos nuestros maestros, que con sus enseñanzas nos brindaron las herramientas necesarias para nuestro aprendizaje y desarrollo como profesionales.

Nuestro más sincero agradecimiento a cada una de las personas que, de una u otra forma, contribuyeron para la culminación de nuestra carrera. Dios le bendiga grandemente a cada uno de ustedes

LISTA DE ABREVIATURAS

3GPP	Third Generation Partnership Project
BSC	Base Station Controller
ETSI	European Telecommunication Standard Institute
FDD	Frecuency Division Duplexing
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System Mobile
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
MME	Mobility Management Entity
MSC	Mobile Switching Center
NB	NodeB
NBAP	Node B Application Part
QAM	Quadrature Amplitud Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature -PSK
RAAS	Region Autonoma del Atlantico Sur
RNAP	Radio Access Network Aplication Part
RNC	Radio Network Controller
SGSN	Serving GPRS Support Node
SPM	Standard Propagation Model
TDD	Time Division Duplex
TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
TELCOR	Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos
TIC	Information Tecnology and Comunications
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
WAN	Wide Area Network
WGS	World Geodetic System
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

RESUMEN

La telefonía móvil avanza rápidamente a su vez el número de suscriptores demandando mejores velocidades el número total de suscripciones a la banda ancha móvil alcanzo los 4200 millones a finales de 2017, en comparación con 3.864 millones a finales de 2016” [1] (ESP, s.f.).

Las telecomunicaciones en Nicaragua han sufrido un cambio sustancial en los últimos años principalmente en la telefonía móvil, con una fuerte tendencia a la competencia abierta y a la globalización de los servicios. Este crecimiento está vinculado a la generación de nuevas tecnologías de acceso, para dar soporte a un tráfico generado por alrededor 6.8 millones de usuarios hasta el 23 de diciembre de 2013 (TELCOR, s.f.)

En este trabajo monográfico se realizó diseño de una red móvil TD-SCDMA usando el modelo de propagación estándar (Standard Propagation Model - SPM) en la región autónoma del atlántico sur (RAAS) en Bluefields, Nueva Guinea y el ramo, realizaremos estudios de cobertura, datos del terreno y predicciones para determinar la cantidad de estaciones base que requiere el diseño de una red óptima.

ABSTRACT

The mobile telephony rapidly advances in turn the number of subscribers demanding better speeds the total number of subscriptions to mobile broadband reached 4200 million at the end of 2017, compared to 3.864 million at the end of 2016 "[1] (ESP, sf).

Telecommunications in Nicaragua have undergone a substantial change in recent years, mainly in mobile telephony, with a strong tendency towards open competition and the globalization of services. This growth is linked to the generation of new access technologies, to support traffic generated by around 6.8 million users until December 23, 2013 (TELCOR, s.f.)

In this thesis we designed a TD-SCDMA mobile network using the standard propagation model (Standard Propagation Model - SPM) in the South Atlantic Autonomous Region (RAAS) in Bluefields, New Guinea and Rama, we will conduct coverage studies, terrain data and predictions to determine the number of base stations required by the design of an optimal network.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I. CONCEPTOS GENERALES DE TD-SCDMA.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2.1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivo general.....	4
1.5 Objetivos específicos.....	4
1.6 Marco teórico.....	5
1.6.1 Umts (universal mobile telecommunications systems).....	5
1.6.2 Arquitectura umts.....	5
1.6.3 Componentes de la red umts.....	6
A. Utran(umts terrestrial radio access network): es el sistema.....	6
B. Interfaces de radio de la red utran(internas y externas).....	7
C. Componentes core network(red central).....	8
1.6.4 Sistema radiante.....	8
1.6.5 Traspasos (handover):.....	9
1.6.5.1 Tecnología td-scdma	11
1.6.6 Elementos claves de una red td-scdma.....	11
1.6.7 Principios td-scdma.....	14
1.6.8 Comparación td-scdma con otros estándares.....	18
1.6.9 Software atoll.....	19
CAPÍTULO II. PLANIFICACIÓN DE LA RED TD-SCDMA EN ATOLL.....	20
2.1 Introducción.....	20
2.2 El proceso de planificación:.....	20
2.3 Posicionamiento y selección de los sitios candidatos:.....	21
2.3.1 Migración gsm a 3g mediante td-scdma	21
2.4 Parámetros de los sitios con td-scdma:.....	23
2.4.1 Localización del rnc.....	23

2.5 Ubicación de los nodos B.....	24
2.6 Elección de la frecuencia td-scdma.....	28
2.7 Selección del modelo de propagación.....	28

CAPITULO III.DISEÑO DE UNA RED MOVIL BASADO EN TECNOLOGÍA TD-SCDMA.....30

3.1 Configuración de los parámetros globales del sistema td-scdma.....	37
3.2 Configuración y simulación de los sitios td-scdma	38
3.3 Predicciones y simulaciones td-scdma.....	40

CONCLUSIONES.....48

REFERENCIAS.....49

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Arquitectura UMTS	6
FIGURA 3. Tilt Eléctrico	10
FIGURA 2.Tilt mecánico.....	10
FIGURA 4.Arquitectura TD-SCDMA.....	11
FIGURA 5.TDD VS FDD	14
FIGURA 6.Estructura de una trama TD-SCDMA.....	15
FIGURA 7Estructura DwPTS	15
FIGURA 8.Estructura de un UpPTS	16
FIGURA 9.Topologías Red UTRAN	16
FIGURA 10.Operación combinada de TDMA/TDD y CDMA	17
FIGURA 11Arquitectura GPRS/GSM (Velarde, 2007)	21
FIGURA 12.Migración de GSM a TD-SCDMA (Velarde, 2007).....	22
FIGURA 13.Ciudad de Bluefields vista satelital.....	26
FIGURA 14.Ciudad de Nueva Guinea vista satelital	26
FIGURA 15.El Rama desde vista Satelital	27
FIGURA 16.Propuesta de Sitios en Bluefields	31
FIGURA 17.Propuesta de sitios el Rama	31
FIGURA 18.Propuesta de Sitio Nueva Guinea.....	32
FIGURA 19.Creación del Proyecto en Tecnología TD-SCDMA en Atoll	32
FIGURA 20. Ventana Principal Atoll.....	33
FIGURA 21.Ubicacion de Coordenadas Nicaragua	33
FIGURA 22.Ventana Principal con las Coordenadas Definidas	34
FIGURA 23.Mapa Ortho(Backdrop)	34
FIGURA 24.Clutter Classes.....	35
FIGURA 25. Seleccionando el Mapa Clutter Classes	35
FIGURA 26.Cargado el Mapa con Clutter Heights	35
FIGURA 27.Mapa Vector	36
FIGURA 28.Definir el Tipo de dato como vector	36
FIGURA 29.Importacion de Vectores en las coordenadas del sitio.....	36

FIGURA 30.Creación de la banda de Frecuencia 39 en Atoll	37
FIGURA 31.Sitios Conectados a un RNC Central TD-SCDMA	38
FIGURA 32.NodoB Nueva Guinea	39
FIGURA 33.NodosB El Rama	39
FIGURA 34.NodosB Bluefields.....	39
FIGURA 35.Configuración de Atoll con parámetros del diseño propuesto	40
FIGURA 36.Polígono CZ para los Sitios en El Rama.....	40
FIGURA 37.Cobertura por señal TD-SCDMA El Rama.....	40
FIGURA 38.Porcentaje de Cobertura del Computation Zone El Rama	41
FIGURA 39.Histograma de Potencia en el El Rama	42
FIGURA 40.Delimitación del Computation Zone Bluefields.....	43
FIGURA 41.Cobertura dentro del Computation Zone Bluefields	43
FIGURA 42.Porcentaje de cobertura en el computation zone Bluefields	44
FIGURA 43.Histograma de Potencia en el Municipio de Bluefields	44
FIGURA 44 Representación de la Relación de Área con Respecto a Potencia. ...	45
FIGURA 45. NodoB Nueva Guinea	45
FIGURA 46. Cobertura del Sitio en Nueva Guinea	46
FIGURA 47.Porcentaje de Cobertura de señal Nueva Guinea.....	46
FIGURA 48.Potencia con relación al área de Nueva Guinea.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Características de interfaces UTRAN. (Velazquez, 2011).....	7
Tabla 2.Comparación de estándares CDMA.....	18
Tabla 3.Características de los sitios en RAAS	25
Tabla 4.Promedio de Población de sitios por Km ²	25
Tabla 5.Distribucion de viviendas por barrios El Rama (2013).....	27
Tabla 6.Coordenadas de los NodosB red TD-SCDMA.....	27
Tabla 7.Bandas de frecuencia usadas en Nicaragua	28
Tabla 8.Modelos de propagación comunes.....	29
Tabla 9.Propiedades del entorno TD-SCDMA.....	37

CAPITULO I. CONCEPTOS GENERALES DE TD-SCDMA

1.1 INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico en lo que respecta a los sistemas de comunicaciones móviles se está enfocando en la capacidad de acceso al Internet, ya que cada vez se requiere una mayor de velocidad tanto en la descarga como la subida de datos a la nube. En esta propuesta de trabajo pretende generar un diseño de una red móvil basada en tecnología TD-SCDMA que sirva como opción para implementarse en la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS).

De esta manera se promoverá que la población de esa región pueda tener acceso a comunicarse, permitiendo que haya un desarrollo significativo tecnológico para la utilización de servicios de telecomunicaciones inalámbricas. Por ello, se tendrá un motor generador de oportunidades para el uso de esta tecnología, para la creación de opciones que permitan la utilización de los servicios en función de las características en pro del desarrollo social y económico a nivel regional, que sean funcionales en lo que los usuarios requieran.

Actualmente la forma en que vemos al mundo digital tiene características dinámicas, además de una proyección de mejoras en el desarrollo de tecnologías en sistemas de comunicaciones móviles que a su vez son referencias de estudios para la implementación en zonas rurales, que también incluye en los requerimientos las necesidades que se presentan.

Hoy en día con el incremento de la población se requiere mayor cobertura y comunicaciones de mayor calidad, por ello se apuntala a realizar un estudio de planificación de servicios para dar cobertura en la RAAS, con el objetivo de evaluar la zona geográfica de la ciudad, para la implementación de la red móvil basado en la tecnología TD-SCDMA que proveerá a la población en general el servicio de internet de una manera práctica y móvil. Para ello se propone diseñar un sistema de red para la implementación de esta tecnología utilizando el software ATOLL como herramienta para la realización de predicciones.

1.2 ANTECEDENTES

En el contexto educativo superior nacional, se realizó un proceso de búsqueda y recopilación de datos orientados a verificar cuantos trabajos de este alcance se han realizado hasta la fecha en lo que respecta al diseño de una red móvil basada en la tecnología TD-SCDMA.

Esta fase es de suma importancia para evaluar el impacto de la formulación de esta propuesta de proyecto monográfico, y así valorar cuál será su impacto, utilidad y pertinencia. En este sentido, podemos concluir que no hubo hallazgo de trabajos similares orientados a presentar un estudio en el que se pueda encontrar información sobre el diseño de una red TD-SCDMA con la utilización de la herramienta Atoll.

Sin embargo, nos encontramos una tesina de investigación [1], la cual dio como resultados un manual para la utilización de la herramienta de predicción Atoll. En dicho manual se hicieron varios ejemplos de planeación, tomaron como escenario el departamento de Carazo e hicieron predicciones en tecnología GSM, WCDMA y WiMAX, este trabajo será de mucha ayuda como base para la planeación de la red TD-SCDMA en la Región Autónoma del Atlántico Sur de Nicaragua.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Existe la necesidad en la carrera de electrónica disponer de documentación actualizada, pertinente y de buen nivel académico respecto a la elección y requerimientos para la estimación del radiocanal utilizado en el diseño de un sistema de comunicaciones basado en tecnología TD-SCDMA

Las utilización de técnicas para la estimación de los niveles de cobertura en el entorno de radiocomunicaciones, son indispensables, por cuanto contribuyen en modo significativo a garantizar de manera óptima un uso eficiente del espectro en una determinada área de cobertura, evitando pérdidas por desvanecimiento o los efectos nocivos de las múltiples trayectorias, mejorar la calidad de transmisión desde el punto de vista de potencia de los transmisores, inclusive la cantidad de puntos de radiación requeridos lo que, sin lugar a dudas, impactara sensiblemente en el desempeño del sistema en materia de tráfico, congestión, reutilización de frecuencias, traspaso, crecimiento de usuarios, etc.

1.4 Objetivo General

Realizar una propuesta de diseño de una red móvil basada en la tecnología TD-SCDMA en 3 municipios de la RAAS (Bluefields, El Rama y Nueva Guinea).

1.5 Objetivos Específicos

- Hacer un estudio detallado de la tecnología TD-SCDMA, sus características y requerimientos funcionales.
- Describir la metodología de planeación de la red móvil basada en la tecnología TD-SCDMA utilizando la herramienta Atoll.
- Determinar los objetivos de cobertura, datos del terreno, modelos de propagación, cargas de mapas digitales, para la realización de las predicciones que permita determinar el número de estaciones bases que se van a requerir.
- Realizar predicciones usando la opción “computation zone” que delimite mediante un polígono el área de interés a radiar.
- Presentar datos estadísticos mediante un histograma que muestre los niveles de potencia.

1.6 MARCO TEORICO

La tecnología móvil ha pasado por diferentes etapas desde 1973 con la primera llamada desde un dispositivo móvil con la tecnología AMPS 1G hasta nuestra actualidad con voz y datos a partir de generaciones 2G, así ha seguido creciendo a un ritmo acelerado GPRS, EDGE, UMTS y HSDPA, LTE todas mejorando la capacidad de transmisión de datos y buscando el eficiente uso del espectro electromagnético.

1.6.1 UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS)

El sistema UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) fue promovido inicialmente por ETSI (European Telecommunications Standards Institute), su especificación actual corre a cargo del foro 3GPP (Third Generation Partnership Project), participado por varios organismos de normalización regionales. UMTS se basa en el empleo de una interfaz radio W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access), con dos modos de operación, FDD (Frecuency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex), y una tasa de 3.84 Mchip/s. Dentro de la red, en una primera fase se considera la utilización de los actuales elementos disponibles en las redes GSM y GPRS, planteándose su evolución para fases posteriores. (Barrante, s.f.)

1.6.2 Arquitectura UMTS

El sistema UMTS se descompone en el dominio de equipo de usuario, UE (User Equipment) y el dominio de infraestructura (los equipos de red), mediando entre ambos la interfaz radio, o el punto de referencia Uu. (Amador, 2008)

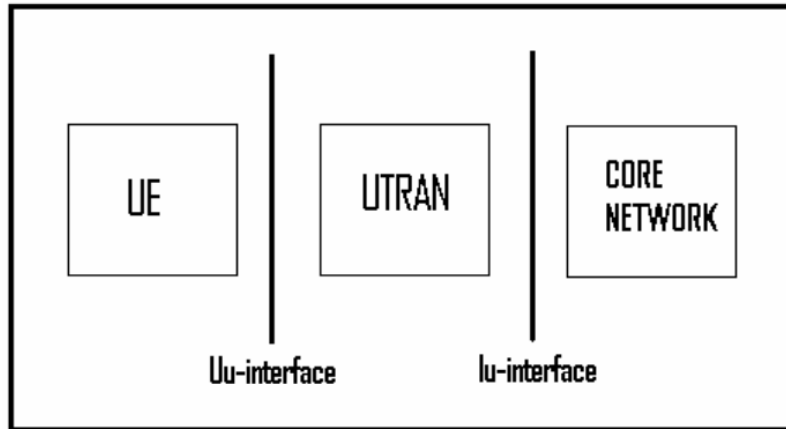


FIGURA 1. Arquitectura UMTS

1.6.3 Componentes de la red UMTS

A. UTRAN(UMTS TERRESTRIAL RADIO ACCESS NETWORK): Es el sistema compuesto por los elementos controladores de la red y estaciones de radio para brindar cobertura a los equipos móviles, con los siguientes elementos :

- **Nodo B:** Estación de radio que permite generar de manera sectorial cobertura a los móviles por medio de las funciones de codificación de canal, modulación, spreading, controles de potencia y ejecución de handover.
- **RNC (Radio Network Controller):** Equipo que controla a un grupo de Nodos-B, determina la ejecución de control de recursos y protocolos de radio.
- **UE:** Este es el equipo de usuario(móvil) para lograr la comunicación con una estación base en el momento que lo desee cuando este en área de cobertura.

B. Interfaces de radio de la red UTRAN (Internas y Externas)

Externos

- i. Interfaz Uu :** También conocida como interfaz de radio que permite las comunicación bidireccional con dos portadoras(Uplink/Downlink) por medio de bandas de frecuencias entre el usuario y el nodo b.
- ii. Interfaz Iu :**Se encuentra entre el RNC y la MSC, y es el protocolo de señalización que utiliza RNAP(Radio Access Network Aplication Part) (Motero, 2002)

Internos

- iii. Interfaz Iur:** Permite la ejecución de trasposos suaves(Softhandover), proporciona funciones de macro diversidad provenientes de tecnología CDMA.
- iv. Interfaz Iub:** Interfaz entro los Nodo B y el RNC que permite el transporte de las Tramas de radio desde el UE hasta el RNC utilizando protocolo de señalización NBAP (Motero, 2002)

Interfaces	Localización	Descripción	Equivalente GSM/GPRS
Uu	UE \leftrightarrow UTRAN	Interface de radio que permite al móvil de comunicar con la UTRAN	UM
Iu	UTRAN \leftrightarrow CN	Iu-CS permite a RNC de comunicar con la MSN/VLR	A
		Iu-PS permite a RNC de comunicar con la SGSN	Gb
Iur	RNC \leftrightarrow RNC	Comunicación entre dos RNC.	-
Iub	RNC \leftrightarrow Nodo B	Comunicación entre el NodoB y la RNC	Abis

Tabla 1. Características de interfaces UTRAN. (Velazquez, 2011)

C. Componentes Core network(Red Central)

- **MSC:** Es el encargado de la coordinación de llamadas de todos los móviles que estén dentro del MSC, coleccionar datos para el centro de facturación, cancelación de eco, asignación dinámica de recursos, registro de ubicación, handover entre sistemas, manejo de la asignación de frecuencias en el área del MSC, etc.
- **SGSN:** Su función es la principal para una red de conmutación de paquetes ya que este contiene la información de suscripción IMSI(International Mobile Subscriber Identity),Dirección PDP y numero VLR.

El SGSN es el punto principal en el cual se autentica un terminal al momento de realizar una conexión de datos. (Fajardo)

1.6.4 Sistema Radiante.

Para interactuar con los UE's es necesario tener un medio de transmisión inalámbrico (ondas electromagnéticas). Las antenas proporcionan ese medio de transmisión inalámbrico, existiendo diferentes tipos de antenas, los cuales se clasifican dependiendo de la banda de operación de la estación base (Nodo B). (Martinez, 2017)

La estructura completa de un sistema radiante para tecnologías de tercera generación, está compuesta por los siguientes elementos:

- Antena sectorial
- RETU
- RIU
- ASC
- JUMPER

Antena sectorial: Son de amplio uso pues son flexibles al momento de realizar modificaciones en sus características de radiación para la optimización cobertura.

RETU: La unidad remota de inclinación eléctrica, tiene como función, modificar las características del patrón de radiación, modificando su tilt eléctrico, esto sin necesidad de acceder al sitio celular (remotamente).

RIU: La unidad de interfaz para el RETU, se encarga de suministrar corriente eléctrica para accionar el motor interno del RETU.

ASC: Se usa en los radios para interiores y tienen la capacidad de amplificar las señales en recepción y la manipulación remota del tilt eléctrico.

JUMPER: Este es la línea coaxial en casos puede ser Guía de Onda, los cuales tienen la función de transportar las señales analógicas desde la unidad de radio (RRU) hacia la antena. (García, 2014)

1.6.5 Traspasos (Handover):

A diferencia de los sistemas 2G GSM en el que el paso de una célula a otra causa un fallo brutal de la comunicación entre el móvil y la red, conocido como “Drop Beforemake”, los sistemas 3G UMTS permiten a un móvil de mantener el enlace de radio con al menos una célula antes de romper la conexión actual “make-before-drop”. (ELKAMCH, 2017)

Existen dos tipos de Handover:

- **Soft Handover:** El móvil se encuentra en un área común de cobertura de dos estaciones base. Las comunicaciones de los móviles piden simultáneamente dos canales diferentes para llegar a las dos estaciones base. Los datos se combinan en el RNC y no en la BTS. Esto nos permite seleccionar la mejor trama entre las recibidas.
- **Softer Handover:** Cuando el móvil se encuentra en una zona común de dos sectores cubiertos por la misma estación base.

A estos dos tipos de Handover, hay que añadir:

- Hard Handover inter-RNC: Con el procedimiento de la “S-RNC Relocation” en el caso donde no hay la interfaz Iur.
- Hard Handover entre-sistemas: Es el pasó de frecuencia a otra (WCDMA/GSM 900-1800). (ELKAMCH, 2017)

Tilt o inclinación: Existen dos tipos de tilt el mecánico y el eléctrico pero ambos tienen los mismos objetivos:

- Retirar la cobertura insular y reducir la interferencia.
- Mejorar la cobertura de la región cercana, también la cubierta interior (INDOOR).
- Ajustar los límites de las celdas (para suavizar las zonas del traspaso)

La inclinación requerida se puede estimar por la óptica geométrica que considera la HPBW (Ancho de haz de media potencia) vertical, la altura de antena y la topografía en la vecindad del sitio. En general, se utiliza antenas de inclinación mecánica, ya que permite una mejor gestión de las interferencias.

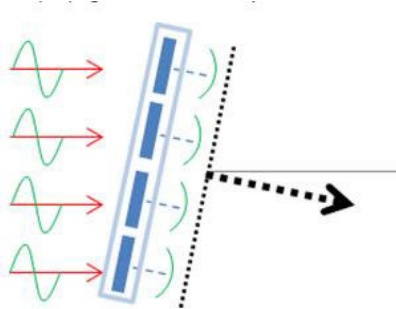


FIGURA 2. Tilt mecánico

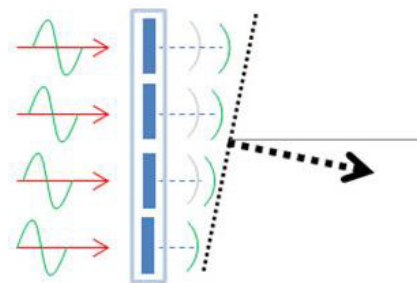


FIGURA 3. Tilt Eléctrico

Como se puede apreciar en las figuras el tilt mecánico permite variar la inclinación de la antena sin cambiar la fase de la señal, pero el tilt eléctrico modifica las características de la fase de la señal sin variar la inclinación de la antena. (Fernandez, 2010)

1.6.5.1 TECNOLOGÍA TD-SCDMA

TD-SCDMA (acceso múltiple por división de código síncrono de división de tiempo) es una tecnología de red de telefonía móvil basada en la combinación de un componente TDMA (acceso múltiple por división de tiempo) y un componente CDMA (acceso múltiple por división de código). De forma adicional, se prevén mecanismos especiales de sincronización para optimizar el modo de funcionamiento dúplex por división en el tiempo (TDD). El enlace ascendente y el enlace descendente están separados en el tiempo, es decir, se asignan intervalos de tiempo específicos y separados dentro de una trama de tiempo para la transmisión del enlace ascendente y del enlace descendente. (rohde-schwarz, s.f.)

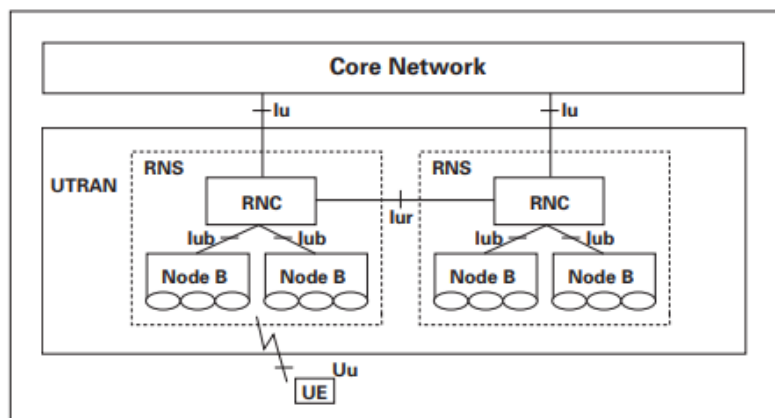


FIGURA 4.Arquitectura TD-SCDMA

1.6.6 Elementos Claves de una red TD-SCDMA

Antena Inteligente

La antena inteligente es una antena bidireccional montada en la estación base y obtiene directividad a través de un conjunto de antenas fijas, elementos con relaciones de fase electrónicas programables y pueden adquirir simultáneamente las características direccionales de los enlaces entre la estación base y la estación móvil (Cervantes, 2004)

Antena multihaz cubre toda el área de usuario con múltiples haces paralelos, cada uno de los cuales es fijo y el ancho del haz se determina con la cantidad de elementos de antena. Cuando el usuario se mueve en la celda, la estación base selecciona de entre los diferentes haces para hacer la señal recibida más fuerte.

El arreglo de antena adaptable: Generalmente usa una estructura de elemento de matriz de antena de 4 ~ 16, el espaciado de arreglo es media longitud de onda. Antena matriz los elementos son lineales, anulares y planos la antena adaptativa es el tipo principal de antena inteligente, puede completar la recepción de la señal del usuario y transmisión. El sistema de matriz de antenas adaptables utiliza tecnología de procesamiento de señal digital para identificar la dirección de llegada de la señal del usuario y forma el haz principal de la antena en esta dirección. (Bravo, 2014)

Asignación de canales: El sistema TD-SCDMA usa el control centralizado RNC de la tecnología de asignación dinámica de canales (DCA), en un área determinada, una cantidad de área residencial de los recursos de canal disponibles en conjunto, gestión unificada por parte del RNC, de acuerdo con la tasa de bloqueo de llamada celular, la frecuencia de uso del canal candidato, canal. Y luego la distancia y muchos otros factores, el canal se asigna dinámicamente al usuario de la llamada. Esto puede mejorar la capacidad del sistema, reducir la interferencia y hacer un uso más eficiente de los recursos del canal.

La detección multiusuario: Se refiere principalmente al uso de múltiples símbolos de usuario, tiempo, amplitud de señal e información de fase para detectar conjuntamente una señal de un solo usuario, y para recibir mejores resultados. El objetivo de la detección multiusuario es encontrar la secuencia de entrada más grande en la secuencia de salida. Para el sistema de sincronización, es necesario conocer la secuencia de entrada más grande de la función, de modo que la detección de utilización del espectro, la estación base y el control de la energía del terminal de usuario. (Almagro, 2010)

CDMA sincrónica: Significa que las señales enviadas por los terminales en el enlace ascendente están completamente sincronizadas en el demodulador de la estación base y no generan interferencia de acceso múltiple entre sí, mejorando la capacidad y la utilización del espectro del sistema TD-SCDMA

Radio de software: El principio básico del software de radio es convertir de A / D (Análogo a digital) y D / A con el fin de reemplazar el hardware para implementar el software de procesamiento de señal. La ventaja de usar software de radio es que el equipo donde esta alojado el RS podemos tener diferentes programas que pueden ser utilizados para lograr diferentes funciones. (Talavera, 2009)

1.6.7 Principios TD-SCDMA

Bandas desapareadas vs. Bandas apareadas

TDD permite al tráfico ser uplink (del terminal móvil a la estación base) y downlink (de la estación base al terminal móvil) usando diferentes intervalos de tiempo en la misma trama en una sola banda de frecuencia esto optimiza la capacidad del interfaz de aire, utilizando así el espectro de una manera más eficiente.

Al contrario, el FDD -el esquema empleado por W-CDMA y cdma2000 – usa un par de bandas de frecuencia para uplink y downlink. Con cargas asimétricas, partes del espectro son ocupadas, pero no usadas para la transferencia de datos. Estos recursos ociosos no pueden ser utilizados para ningún otro servicio, conduciendo a un empleo ineficaz del espectro. (Velarde, 2007)

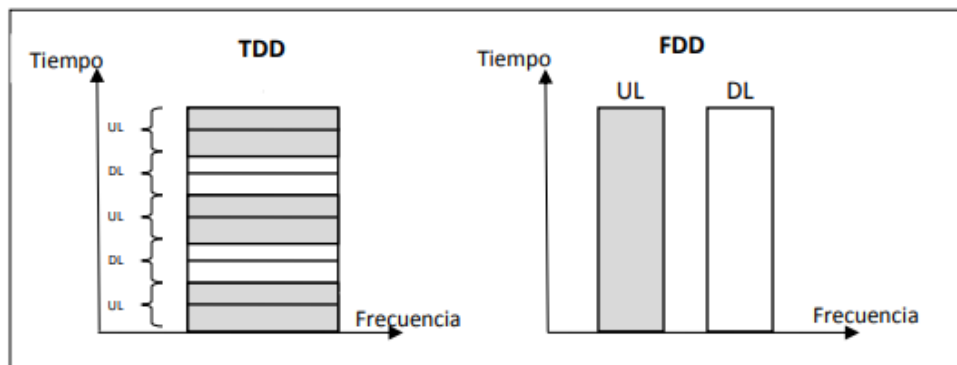


FIGURA 5. TDD VS FDD

Estructura de la señal TD-SCDMA(Tramas y Time Slots)

La señal TDSCDMA está organizada en tramas de 5 ms de longitud. Cada trama esta compuesta por siete ranuras de tiempo de tráfico(Time slots) comprendidas desde Ts0 a Ts6, cada 0.675 ms) y dos intervalos de tiempo especiales adicionales (DwPTS y UpPTS) para la sincronización

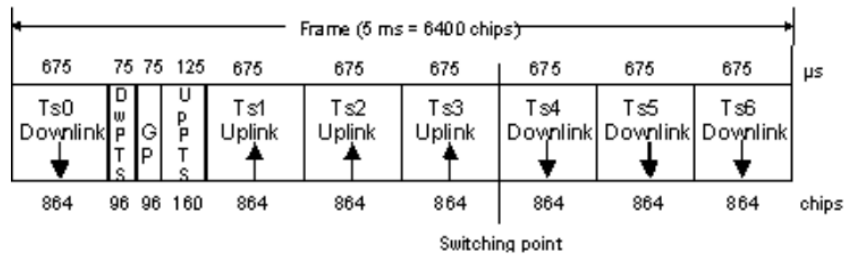


FIGURA 6. Estructura de una trama TD-SCDMA

Por estándar TD-SCDMA el primer time slot es usado para bajada (Ts0) y el segundo time slot se asigna a la subida (Ts1) el resto son usados de manera dividida para subida y bajada donde el punto de conmutación es variable (Switching point)

DwPTS y UpPTS

En el time slot piloto del enlace descendente (DwPTS), el NodoB envía uno de 32 posibles 64- códigos SYNC de chip. El código SYNC permite que el equipo del usuario se sincronice con la estación base constantemente y al mismo tiempo, el código SYNC define el rango de valores para la codificación código.

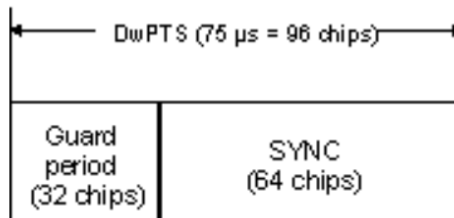


FIGURA 7 Estructura DwPTS

La secuencia SYNC de valor real se convierte en una secuencia SYNC de valores complejos por una operación de vector giratorio. Esta secuencia SYNC se divide en cuatro símbolos con 16 chips cada uno.

Los símbolos están modulados en fase (las posibles fases son 45° , 135° , 225° y 315°) para señalar el número de cuadro del intercalador.

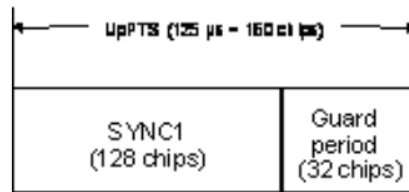


FIGURA 8. Estructura de un UpPTS

En el time slots de enlace ascendente (UpPTS) es enviado por el equipo de usuario para iniciar una llamada con la estación base. El código SYNC1 transmitido se selecciona al azar de ocho posibles códigos. Si la estación base no responde el UpPTS se repite en la siguiente trama. (Goh, 2011)

Configuraciones Topológicas

En la Figura 9 se muestran algunas de las configuraciones de interés que puedan plantearse a la hora de interconectar los Nodos B a sus correspondientes RNC. Al igual que en GSM, la elección de la topología más adecuada en cada caso depende de varios factores: dispersión geográfica de los Nodos B, ahorro de líneas de transmisión, redundancia ante caídas, etc. (Velarde, 2007)

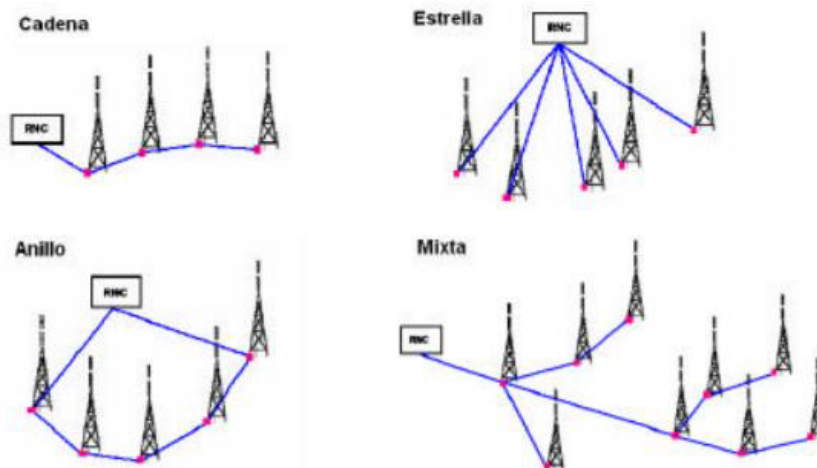


FIGURA 9. Topologías Red UTRAN

Operación combinada de TDMA/TDD y CDMA

Además del principio TDMA/TDD, TD-SCDMA usa CDMA para aumentar la capacidad del interfaz de radio.

Según CDMA, los bits de información de usuario son extendidos sobre una más amplia amplitud de banda multiplicando los datos de usuario por bits pseudoarbitrarios (llamados chips) derivados de códigos extendidos CDMA. Dentro de cada ranura un número de hasta 16 códigos CDMA puede ser transmitido (máximo factor de carga CDMA). Utilizando una tasa de transmisión de chip de 1.28 Mcps se obtiene una amplitud de banda de portadora de 1.6 MHz. Según su licencia de operación, el operador de red puede desplegar múltiples portadoras TD-SCDMA de 1.6 MHz. Cada unidad de recurso de radio es identificada por un intervalo de tiempo particular y un código particular en una frecuencia portadora particular.

Para soportar tasas de bit (hasta 2Mbps), se emplea el uso variable del factor de expansión y conexiones multicódigo. (Suarez, 2004)

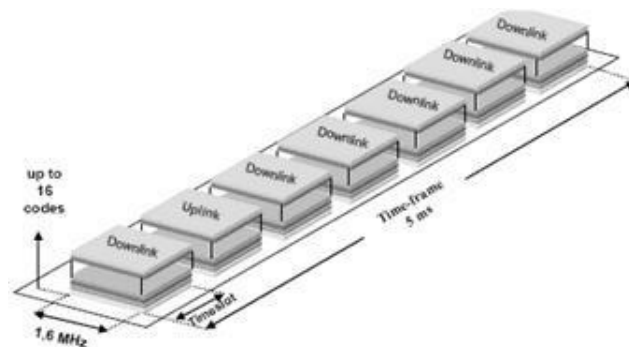


FIGURA 10. Operación combinada de TDMA/TDD y CDMA

1.6.8 COMPARACIÓN TD-SCDMA CON OTROS ESTÁNDARES

Existen 3 principales estándares 3G en el mundo, CDMA2000 (USA), WCDMA (Europa) y TD SCDMA (China).

Cuando un operador que tiene implementada una red GSM decide migrar a 3G mediante WCDMA, se encuentra principalmente con el problema de la planificación y asignación de frecuencias.

- En WCDMA se necesitan 5 MHz en Down Link y Up Link por separado para poder gestionar una llamada, lo que hace un total de 10 MHz que tiene que tener reservado el operador para poder implementar 3G en su red (a una tasa máxima de 2 Mbps).
- En CDMA ocurre algo similar, pero el ancho de banda total requerido es de 2.5 para down link y up link (se logra obtener en teoría 2.4 Mbps).

En el caso de TD SCDMA, un operador necesita en total 1,6 MHz en up link y down link para poder gestionar una llamada (con una tasa de datos máxima de 1.971Mbps), ya que el principio TDD permite transmitir y recibir en la misma banda de frecuencia (Descrito anteriormente). En consecuencia, se tiene una planificación sencilla de frecuencias en la red. (Technologies, 2005).

ESTANDARES CDMA			
CARACTERISITCAS	CDMA2000(USA)	WCDMA(EUROPA)	TD-SCDMA(CHINA)
Banda de Frecuencia	MUCHAS FRECUENCIAS DISPONIBLES	1920-1980MHZ,2110-2170MHZ	2010-2055MHZ,1900-1920MHZ
Ancho de banda de portadora	Emparejado 1.25 Mhz	Emparejado 5Mhz	Desemparejado 1.6Mhz
Acceso mutiple	DS-CDMA	DS-CDMA	TDMA(DS-CDMA)
Tipo de Modulación	DL:QPSK UL:BPSK	DL:QPSK UL:BPSK	QPSK, 8-PSK
Tecnica de duplexacion	FDD	FDD	TDD
Velocidad maxima de datos(Teórico)	2.4Mbs	2 Mbs	2Mbs
Aprovechamiento del espectro	1	0.4	1.25
Chip rate por portadora	1.28 Mchips/sec	3.84 Mchips/sec	1.2288 Mchips/sec
Longitud de la Trama	5ms,10ms,20ms	10ms	5ms

Tabla 2.Comparación de estándares CDMA

1.6.9 Software ATOLL.

Es un software que permite el diseño y optimización de red inalámbrica proporcionando predicciones reales utilizando el método de Monte Carlo, Atoll incluye único integrado RAN - múltiples capacidades de diseño de red RAT tanto para 3GPP (GSM / UMTS / LTE) y las corrientes de tecnología 3GPP2 (CDMA / LTE y LTE-A). Proporciona a los operadores y proveedores una herramienta para el análisis de múltiples tecnologías ayudando a automatizar sin problemas los procesos de planificación y optimización, Atoll permite integrar los datos de medición a la red en vivo como indicadores clave de rendimiento, con 7000 licencias en 115 países. (Forsk, s.f.)

Atoll combina de forma única las características arquitectónicas y funcionales que proporcionan a los operadores un marco potente, escalable y flexible para la racionalización de sus procesos de diseño y optimización de la red”

Atoll permite analizar las siguientes interferencias, estas pueden ser: interferencia entre celdas (ICI –Inter cell Interference) se crea cuando el UE se aleja de la cobertura del eNB e ingresa a la cobertura de otro eNB utilizando el mismo bloque de recursos físicos al mismo tiempo, Interferencia inter símbolo (ISI- Inter-Symbol Interference) símbolo se crea por los múltiples trayectos que presenta la señal, interferencia por cobertura debido a desajustes en el Tilt eléctrico o Tilt mecánico, interferencia overlapping por mala planificación de frecuencia y utilización de los mismo canales a distancias muy cortas, interferencias adyacentes por la utilización de mucha Potencia en las celdas vecinas logrando que el terminal se seccione varios canales con frecuencias cercanas”. Y así poder realizar los ajustes adecuado para tener una buena optimización de la red a modelar. Montecarlo es un método numérico que permite resolver problemas físicos y matemáticos mediante la simulación de variables aleatorias. La simulación de Monte Carlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística y los ordenadores para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos (Forsk, s.f.)

Capítulo II. Planificación de la red TD-SCDMA en Atoll

2.1 Introducción

Los sistemas de comunicaciones de tercera generación se convierten en retos para las nuevas herramientas de planificación. La evolución hacia esta generación se ha basado en el empleo de diferentes técnicas de acceso, nuevos esquemas de asignación de recursos, estructuración jerárquica, antenas inteligentes, coexistencia de diferentes servicios, etc., de modo que la explotación de la red ofrezca nuevas prometedoras posibilidades.

2.2 El proceso de planificación:

La fase inicial de planificación: Es la colocación de los sitios en términos de área geográfica, el ajuste de los parámetros de los sitios, sectores y células dentro de las limitaciones ya expuestas (características del medio ambiente, las antenas y ubicación de nodos B).

La fase Post-Planificación: Es el estudio de la calidad del servicio y la capacidad de la red planeada para optimizarlo y ajustarse a los requisitos (patrones de tráfico, patrones de movilidad y distribución de abonados en la red).

La fase de diseño: Proporciona una primera y rápida evaluación de los elementos y las capacidades asociadas de estos elementos de red. Su propósito es estimar la densidad y la configuración del sitio para la zona. Hay que empezar por la estimación de los parámetros del enlace de radio como la velocidad de datos y la relación E_b/N_0 requerida para cada servicio, determinar los parámetros del equipo, como la sensibilidad del receptor y la potencia del móvil, las mejores posiciones en las que deben efectuarse dichas estaciones base para asegurar la máxima cobertura y la capacidad. (ELKAMCH, 2017)

2.3 Posicionamiento y selección de los sitios candidatos:

Los sitios de investigación es la primera fase del diseño. Precede las fases de posicionamiento de las antenas. Estos sitios corresponden a los lugares ideales del diseño para la construcción de la red.

Normalmente para revelar las condiciones teóricas, tiene que usar una malla hexagonal para el área. Es ventajoso seleccionar los sitios 2G existentes para proporcionar itinerancia a 3G, además es más fácil y más rentable para el operador de reutilizar los sitios existentes y así realizar una migración 2G-3G descrita posteriormente.

Un sitio candidato representa un Nodo B. Cada Nodo B se asocia con tres antenas sectoriales. Existen varios tipos de antenas en las redes de radio móviles. Generalmente se utiliza antenas de triple banda (900/1800/3G) sectoriales para las dos generaciones, es decir, GSM y UMTS puedan coexistir en la misma zona (García, 2014).

Para nuestro diseño tomaremos en cuenta las BTS existentes del proveedor de servicio Claro Nicaragua en las 3 ciudades y si es necesario para proyectar mayores zonas de cobertura agregaremos mas sitios con el fin de ver el comportamiento de la red.

2.3.1 MIGRACIÓN GSM A 3G MEDIANTE TD-SCDMA

La Figura #11 muestra la arquitectura y elementos de una RED GSM/GPRS.

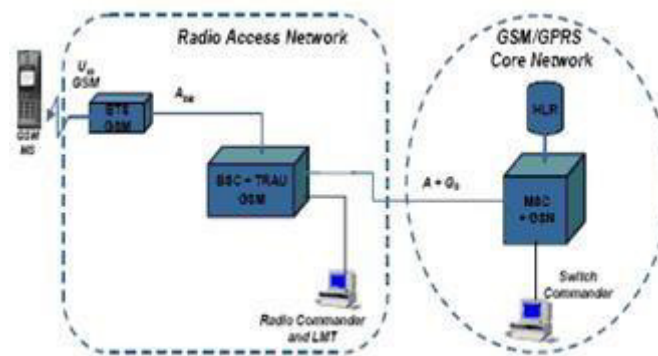
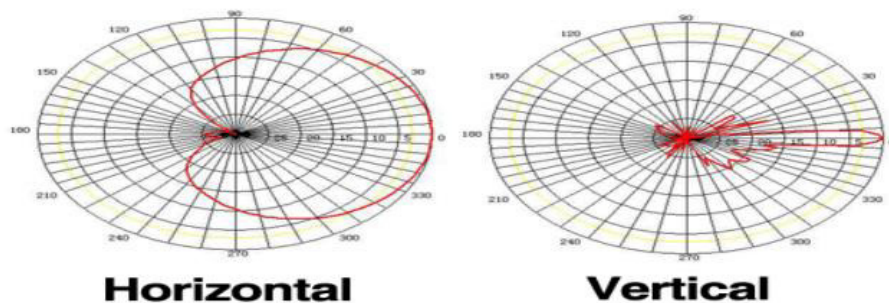


FIGURA 11 Arquitectura GSM/GPRS (Velarde, 2007)

2.4 Parámetros de los Sitios con TD-SCDMA:

El Posicionamiento y Parametrización de antenas es el principal problema del diseño de redes de telefonía móvil. El objetivo principal es determinar la ubicación de las antenas y sus configuraciones con el fin de lograr una cobertura completa del territorio a estudiar, manteniendo una buena calidad de servicio. De hecho, la mala colocación o la parametrización de las antenas pueden causar situaciones complejas.

En las redes UMTS, el buen posicionamiento y una buena parametrización optimiza el C/I de la zona de cobertura. Ahora la relación C/I tiene un efecto directo sobre la tasa de errores de bit, y por tanto, afecta a la velocidad y la calidad de las comunicaciones. Cada antena se caracteriza además de su sensibilidad y su pérdida en la transmisión por su ganancia de transmisión, su potencia, su orientación horizontal, el acimut y el tilt o inclinación, y los diagramas de radiación horizontal y vertical. El patrón de radiación representa la pérdida en dB de potencia de la señal emitida en las cercanías de la antena en todas las direcciones posibles (horizontal o vertical) como se puede apreciar en la siguiente figura. (ELKAMCH, 2017)



2.4.1

FIGURA 13. Patrón de radiación de antenas

LOCALIZACIÓN DEL RNC

Nuestro proyecto tiene como objetivo el diseño y la simulación de una red de transmisión de acceso TD-SCDMA destinada a cubrir una parte determinada de la RAAS (El Rama, Nueva Guinea y Bluefields). En nuestro diseño contemplamos una estación RNC y una serie de nodos B distribuidos de manera que tengamos cobertura en cada una de las

ubicaciones antes descritas donde se encuentre una mayor densidad poblacional. Por ello es fundamental para poder resolver la transmisión de nuestra red poder conectar mediante radioenlaces la RNC con los nodos B distribuidos en los tres sitios de estudio.

Para la localización del RNC de este proyecto es necesario encontrar una ubicación que tenga una visibilidad total de nuestros sitios en los que vamos a dar servicio de manera que existan los mínimos casos de pérdida de la señal por parte de la orografía o exposición a factores ambientales negativos para un radio enlace tomando en cuenta las condiciones climatológicas de la región, definir un sitio óptimo para nuestro RNC es de suma importancia para auxiliar a estudios futuros de ampliación de la red tanto 3g como generaciones posteriores en la zona.

Para encontrar la mejor ubicación con línea de vista hacia los tres sitios nos auxiliaremos de la cartografía que tenemos a nuestra disposición y herramientas del software Atoll para encontrar los puntos idóneos para el RNC.

2.5 Ubicación de los Nodos B

Para la ubicación de los nodos tenemos que tener en cuenta los factores de cobertura, población, clima, orografía, edificios etc. Según la documentación recolectada por centros de estudios nacionales destacamos la siguiente información de las tres localidades en la RAAS

BLUEFIELDS	
AREA	POBLACIÓN (2006)
4774.45 km ²	45,547 HAB
CLIMA	ACCESO A INTERNET (2013)
HUMEDO TROPICAL	2.56%
NUEVA GUINEA	
AREA	POBLACIÓN (2013)
2774 km ²	136,347
CLIMA	ACCESO A INTERNET (2013)
TROPICAL MONSONICO	6.85%
EL RAMA	
AREA	POBLACIÓN (2006)
5618 km ²	54,337
CLIMA	ACCESO A INTERNET (2013)
HUMEDO TROPICAL	3.14%

Tabla 3. Características de los sitios en RAAS

Con esta información podemos realizar un calculo aproximado de la densidad poblacional por kilometro cuadrado de cada uno de los sitios con el objetivo de saber la cantidad de usuarios que podría tener un NodoB en su área de cobertura.

Población por KM²		
Bluefields	Nueva Guinea	El Rama
9.5	49	9.67

Tabla 4. Promedio de Población de sitios por Km²

Pero tomando en cuenta la extensión geográfica de cada sitio realizaremos un análisis de cual es la mejor decisión para definir la cantidad NodosB para cada uno de los sitios

Bluefields: La ciudad de Bluefields por ser una ciudad costera tiene sus retos debido a la alta humedad ambiental que genera pérdidas por difracción, además que por la extensión territorial la población esta distribuida en tres sectores:

- En el norte de Bluefields donde esta ubicada la universidad principal de la ciudad URACCAN con una alta concentración poblacional durante el día y compuesta por diferentes barrios.
- En el centro de la ciudad se encuentra los principales barrios, zonas comerciales y lugares recreativos por lo que seria el punto de la ciudad con mayor densidad de trafico de voz y datos.
- Sur de la ciudad a 1.4 km de distancia del centro de la ciudad se encuentran los barrios santa rosa, san pedro y Fátima además de contar con el aeropuerto de la ciudad por lo que es un sector a tomar muy en cuenta en nuestro diseño

Nueva Guinea: Es una ciudad que está dividida en zonas (Similar a los Barrios) altamente boscosa con la mayor parte del año lloviendo y con una concentración poblacional en un radio no mayor a los 2 Kms donde están ubicadas las zonas comerciales, recreativas y educativas por lo que esta será nuestra área a tomar en cuenta.

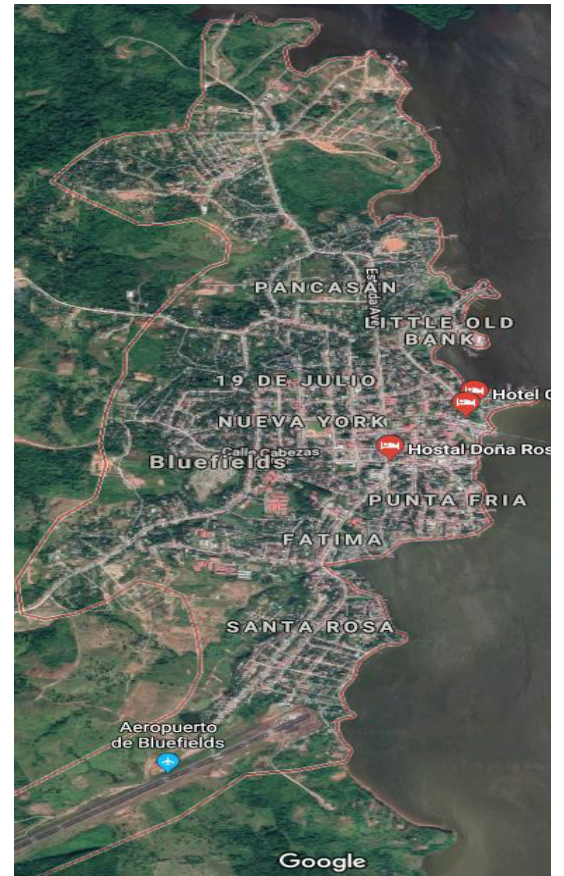


FIGURA 14. Ciudad de Bluefields vista satelital

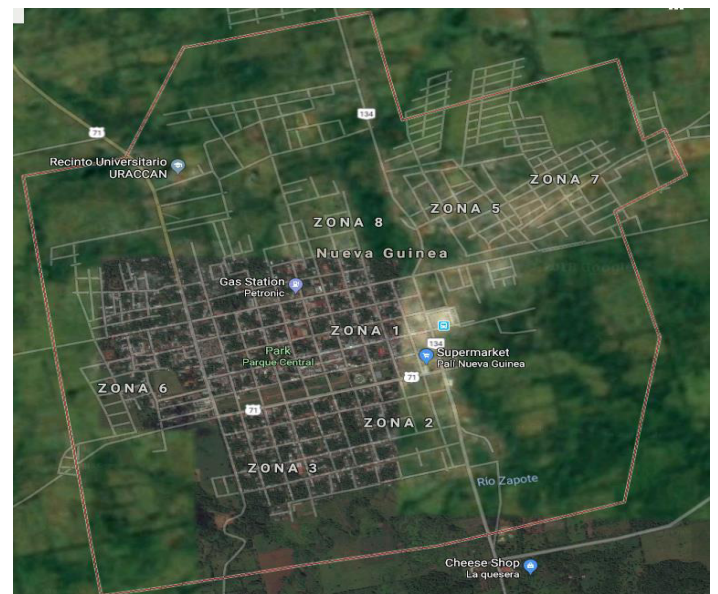


FIGURA 15. Ciudad de Nueva Guinea vista satelital

El rama: Es una ciudad expuesta a altas temperaturas y precipitaciones constantes por lo que en el año hay bastantes depresiones tropicales, huracanes e inundaciones. En la actualidad existe una gran cantidad de viviendas y la población ha experimentado un crecimiento elevado, la distribución aproximada de los barrios a tomar en nuestro diseño es el siguiente.

Barrios	Número de Viviendas
Central	509
Primavera	257
San Pedro	288
Justo Pastor Castillo	130
Germán Pomares (Nos. 1 y 2)	607
Villa Austria	96
Villa ENAP	11
Villa Marotzque	64
Total	1,962

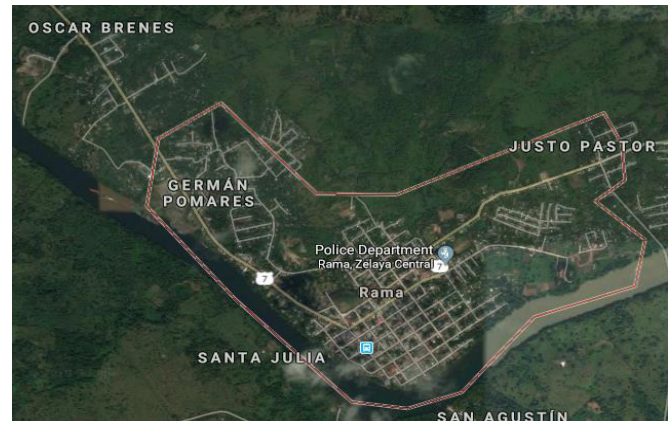


Tabla 5. Distribucion de viviendas por barrios El Rama (2013)

FIGURA 16. El Rama desde vista Satelital

La principal concentración poblacional se encuentra en el centro del rama por el sector de primavera, pero por la distribución geográfica las distancias entre las zonas principales a brindar cobertura en el rama se encuentran a más de 2 Kms.

Con la recolección de estos datos planteamos las siguientes coordenadas para la ubicación de nuestro NodosB en cada una de las ciudades en base al tráfico estimado, la extensión territorial y las estaciones existentes de telefonía celular.

Nombre del Sitio	Latitud	Longitud
Bluefields 1	12.005877	-83.766474
Bluefields 2	12.016441	-83.767138
Bluefields 3	12.021849	-83.765136
Bluefields 4	12.029874	-83.767646
Rama 1	12.165966	-84.217634
Rama 2	12.172112	-84.22936
Rama 3	12.170396	-84.210572
Nueva Guinea	11.688593	-84.458004

Tabla 6. Coordenadas de los NodosB red TD-SCDMA

2.6 Elección de la frecuencia TD-SCDMA

En Nicaragua se usan dos bandas de frecuencia 850MHz y 1900MHz destinadas para telefonía móvil, las cuales son presentadas en la siguiente con sus respectivos segmentos de frecuencia. (TELCOR, s.f.)

Banda de Frecuencia: 824 – 894 MHz		Banda de Frecuencia: 1850 – 1990 MHz		
Transmisión desde ET (Equipo Terminal)	Transmisión desde EB (Estación Base)	Transmisión desde ET (Equipo Terminal)	Transmisión desde EB (Equipo Base)	Modo de operación
Bloque A		A: 1850 – 1865	A': 1930 – 1945	FDD
A1: 824.040 – 825.000	A1': 869.040 – 870.000	B: 1870 – 1885	B': 1950 – 1965	FDD
A2: 825.030 – 834.990	A2': 870.030 – 879.990	C: 1895 – 1910	C': 1975 – 1990	FDD
A3: 845.010 – 846.480	A3': 890.010 – 891.480	D: 1865 – 1870	D': 1945 – 1950	FDD
Bloque B		E: 1885 – 1890	E': 1965 – 1970	FDD
B1: 835.020 – 835.980	B1': 880.020 – 880.980	F: 1890 – 1895	F': 1970 – 1975	FDD
B2: 836.010 – 844.980	B2': 881.010 – 889.980	G: 1910 – 1920	G': 1910 – 1920	TDD
B3: 846.510 – 848.970	B3': 891.510 – 893.970	H: 1920 – 1930	H': 1920 – 1930	TDD

Tabla 7. Bandas de frecuencia usadas en Nicaragua

Como podemos apreciar en la tabla anterior TDD opera en el rango de los 1900Mhz donde el mínimo de operación de TD-SCDMA es de 1.6Mhz con una transmisión de 1.971 Mbps por portadora.

Por ello seleccionaremos la banda 39 UMTS que tiene un ancho de banda de 40Mhz según 3GPP(China)

2.7 Selección del modelo de propagación

El objetivo de los modelos de propagación es el de estimar las pérdidas de señal que se ven afectadas por múltiples obstáculos en el medio de propagación para que la energía electromagnética sea transportada entre una antena transmisora y otra receptora de forma más adecuada para su propagación.

Existen diferentes modelos tanto empíricos como teóricos. Los empíricos se basan en la magnitud de la intensidad de campo o en la potencia, que puedan expresarse ya sea gráficamente o matemáticamente Y los modelos teóricos se basan en considerar los todos los obstáculos como objetos de un tamaño mucho mayor a la longitud de onda, mediante este tipo de modelo se pueden considerar las reflexiones, efracciones, difracciones e incluso la propagación por dispersión troposférica en función de la distancia entre antenas, los obstáculos existentes entre ellos o la frecuencia portadora (P.1238,

Nombres de Modelos	Tipo de entorno	Frecuencias de Trabajo	Altura del transmisor	Distancia Máxima del Tx al Rx	Tecnologías Disponibles
<u>Okumura Hata</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Urbano 	150-1950Mhz	30mts - 100mts	1km – 100km	<ul style="list-style-type: none"> • LTE
SPM	<ul style="list-style-type: none"> • Urbano • Suburbano • Rural 	150-3500Mhz	30mts – 100mts	1km - 20Km	<ul style="list-style-type: none"> • GSM 900 • UMTS • CDMA • WIMAX • WIFI • LTE
<u>Hata-cost 231</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Rural • Urbano 	1500-2000Mhz		1km - 20Km	<ul style="list-style-type: none"> • GSM • UMTS • LTE
<u>Walfish-Ikegami</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Urbanos 	800 – 2000Mhz	4 – 50mts	1km – 3Km	<ul style="list-style-type: none"> • LTE

Tabla 8. Modelos de propagación comunes

1997)

Como podemos apreciar en la tabla anterior el modelo que se adapta a la red TD-SCDMA es el Standard Propagation Model ya que puede usarse en entornos urbanos y rurales con un área de cobertura idónea, con un amplio rango de frecuencia para usar.

Capítulo III. DISEÑO DE UNA RED MOVIL BASADO EN TECNOLOGÍA TD-SCDMA

En Nicaragua, los altos precios del uso de banda ancha y la falta de acceso a Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) están obstaculizando el desarrollo económico. El Foro Económico Mundial (FEM), a través de su Networked Readiness Index 2014, identifica la asequibilidad de las TIC en Nicaragua en el puesto 140 de 148 economías, como la principal barrera para extraer los beneficios de las TIC para promover el crecimiento económico y el bienestar. El precio de conectividad a la internet es del 13.96% del ingreso nacional bruto per cápita en Nicaragua, lejos de la media de 8.82% en América Latina y el Caribe.

Se requieren inversiones en redes de banda ancha, especialmente en la región del Caribe. A pesar de importantes los avances en los últimos años, incluyendo un crecimiento de dos dígitos desde 2006 en el porcentaje de suscriptores con una penetración del 111,98 por ciento en 2013, el acceso a la banda ancha fija en Nicaragua sigue siendo baja, sobre todo en las zonas rurales. La penetración de banda ancha fija es solamente 2.16%, significativamente menor que el promedio de la región latinoamericana de alrededor de 10.71%. En Managua, la penetración de Internet es del 22.46%, mientras en la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS) y en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN), es de 2.56% y 1.49%, respectivamente.

Para la realización del diseño se consideró únicamente 3 municipios: Bluefields, El Rama y Nueva Guinea en la RAAS.

Es bueno aclarar que en un proyecto de diseño y despliegue de una red de móvil elaborado por compañías telefónicas existen una serie de condicionantes con los que no contamos en nuestro caso, porque no disponemos de la información y herramientas necesarias.

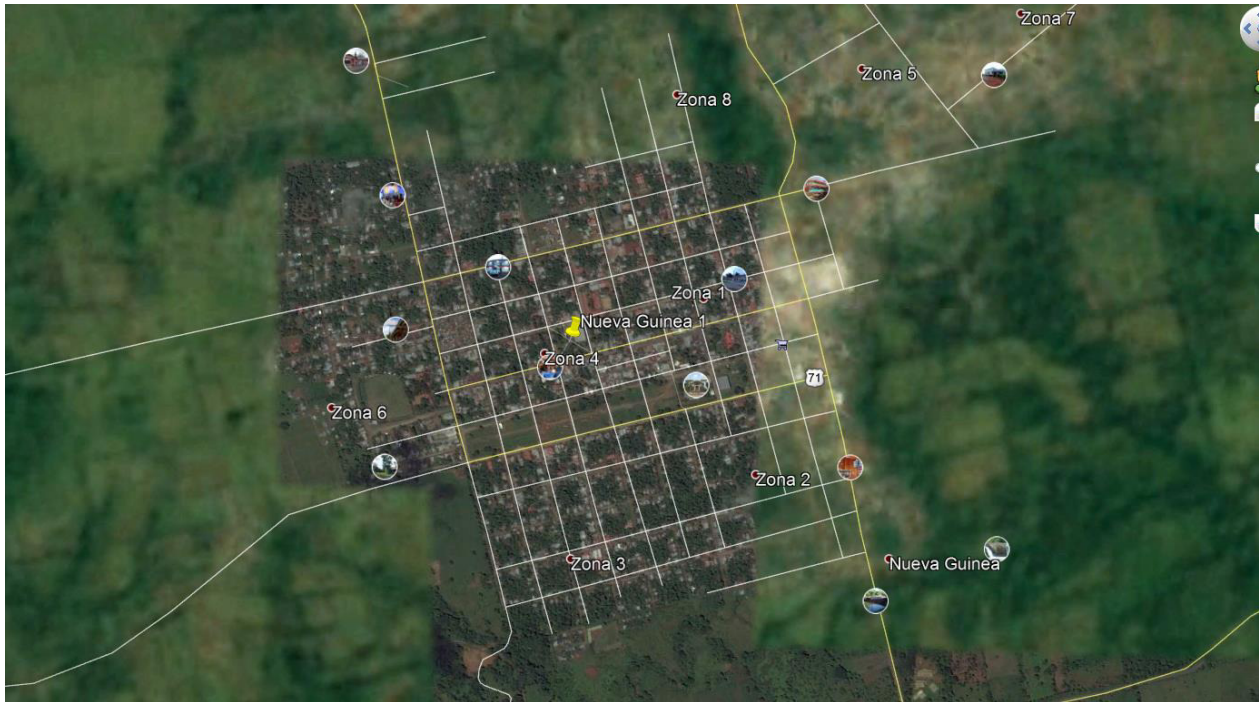


FIGURA 19. Propuesta de Sitio Nueva Guinea

Se procederá a cargar los sitios en la herramienta de predicción Atoll, con el objetivo de realizar las simulaciones para cada uno de los sitios propuestos.

Se empezará creando el proyecto en de la propuesta de diseño basado en tecnología TD-SCDMA en la herramienta Atoll.

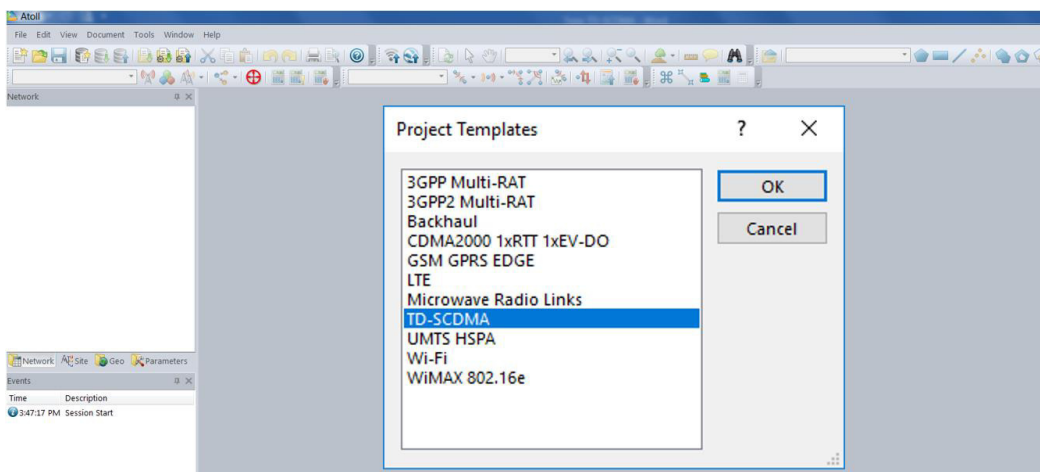


FIGURA 20. Creación del Proyecto en Tecnología TD-SCDMA en Atoll

Una vez seleccionado, queda la ventana principal de la siguiente manera.

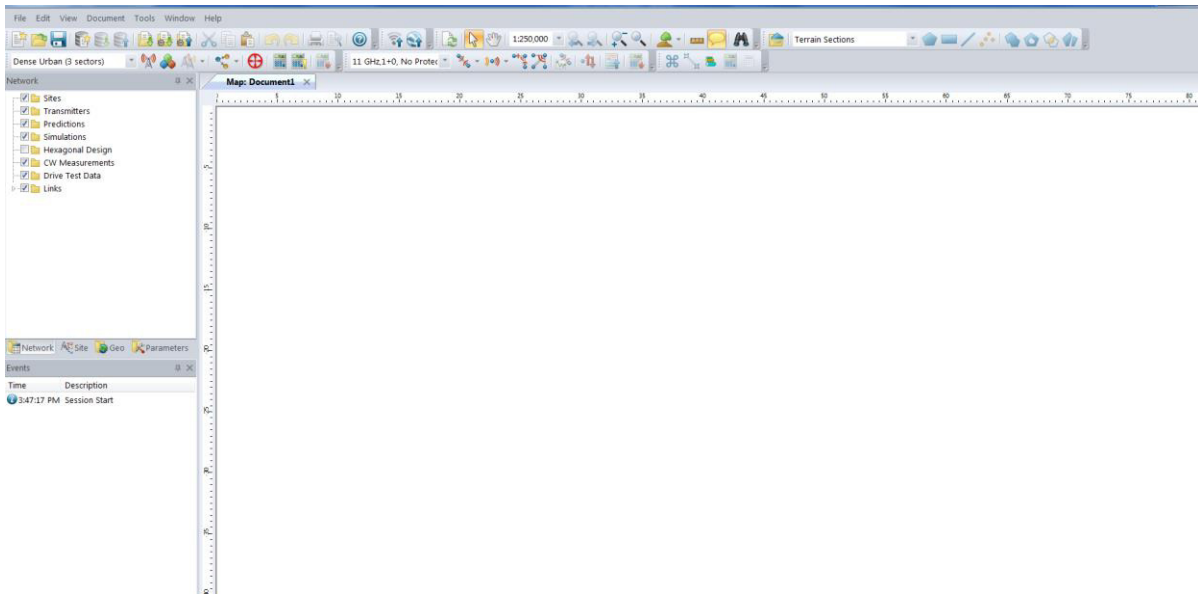


FIGURA 21. Ventana Principal Atoll

El siguiente paso es configurar el tipo de coordenadas que se requiere. Para la propuesta de diseño se utilizará WGS/84 UTM zone 16 N ya que esta es la zona en la que se encuentra ubicada en el mapa de cuadrículas UTM Nicaragua. El tipo de formato para las coordenadas será el decimal.

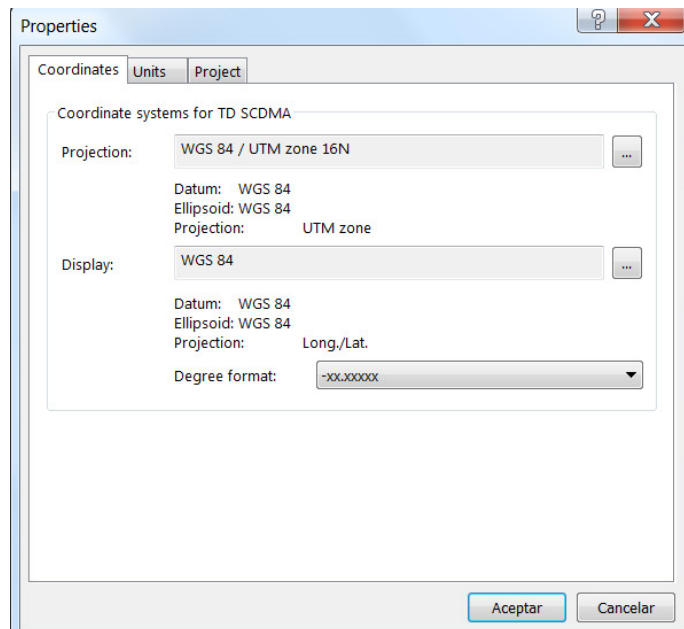


FIGURA 22. Ubicacion de Coordenadas Nicaragua

Configuración de las Coordenadas

A continuación, se verá la imagen con las coordenadas ya definidas.

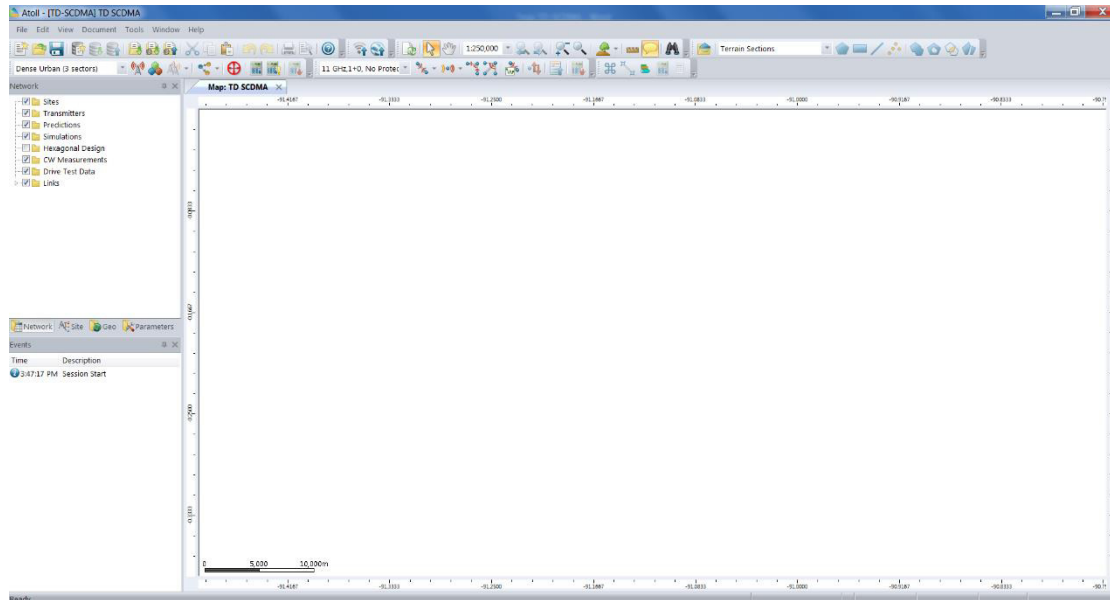


FIGURA 23. Ventana Principal con las Coordenadas Definidas

Para la realización de las simulaciones de los sitios que se están proponiendo en el siguiente diseño, se necesitan de los mapas para poder visualizar y analizar el comportamiento de cobertura para los 3 municipios (Bluefields, El Rama y Nueva Guinea).

Por tanto, se empezará cargando el mapa de Ortho.

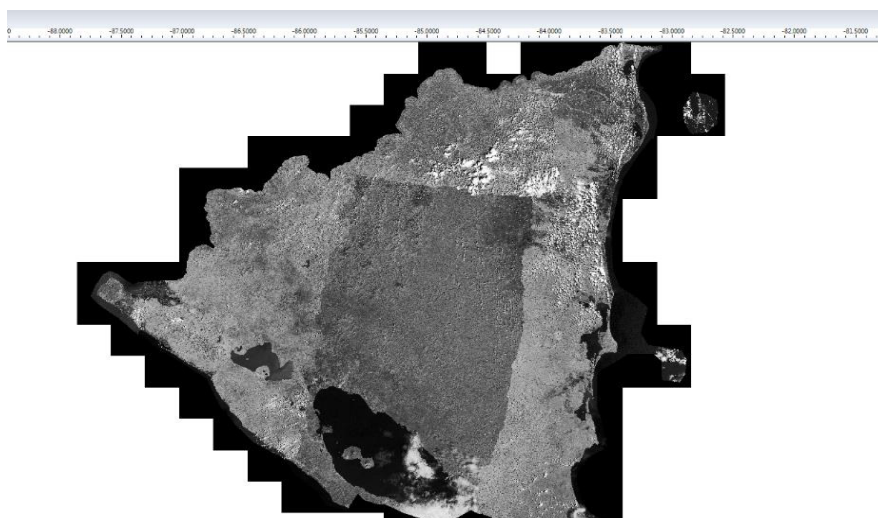


FIGURA 24. Mapa Ortho(Backdrop)

Se procederá a cargar el mapa Clutter Classes. File/import/data type/clutter classes

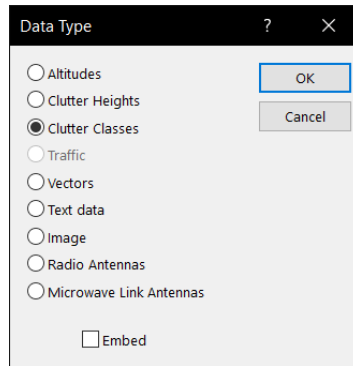


FIGURA 25. Clutter Classes

El clutter es una librería que contiene mapa que muestra los diferentes tipos de zona que se componen el área a estudiar, como, por ejemplo, si es zona rural, bosque, zona urbana, etc.

Quedando la ventana principal, con la siguiente figura.

Ahora, se cargará el mapa Clutter Height

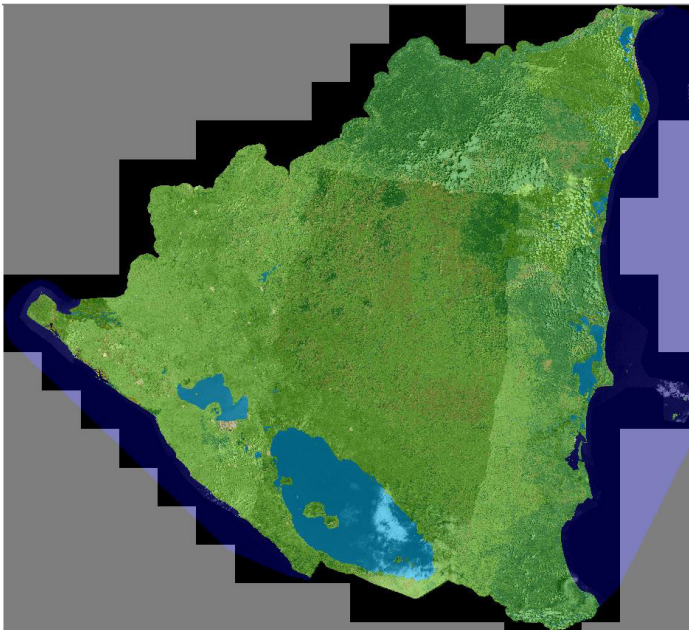


FIGURA 26. Seleccionando el Mapa Clutter Classes

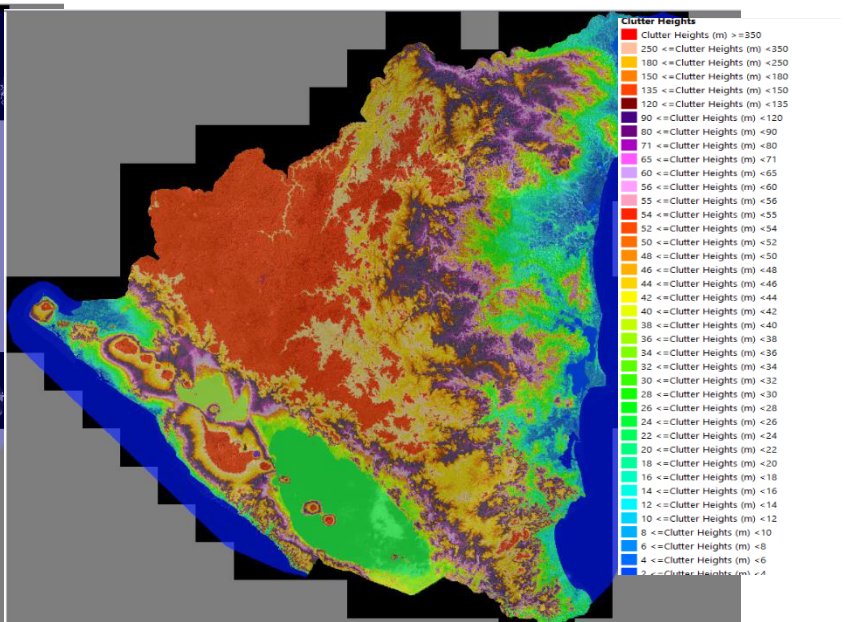


FIGURA 27. Cargado el Mapa con Clutter Heights

Clutter Height: se trata de un mapa que se superpone al mapa de altimetría y que define la altura de los edificios de una zona del Clutter Class
A continuación, se presenta el mapa con vector ya cargado en la ventana principal.

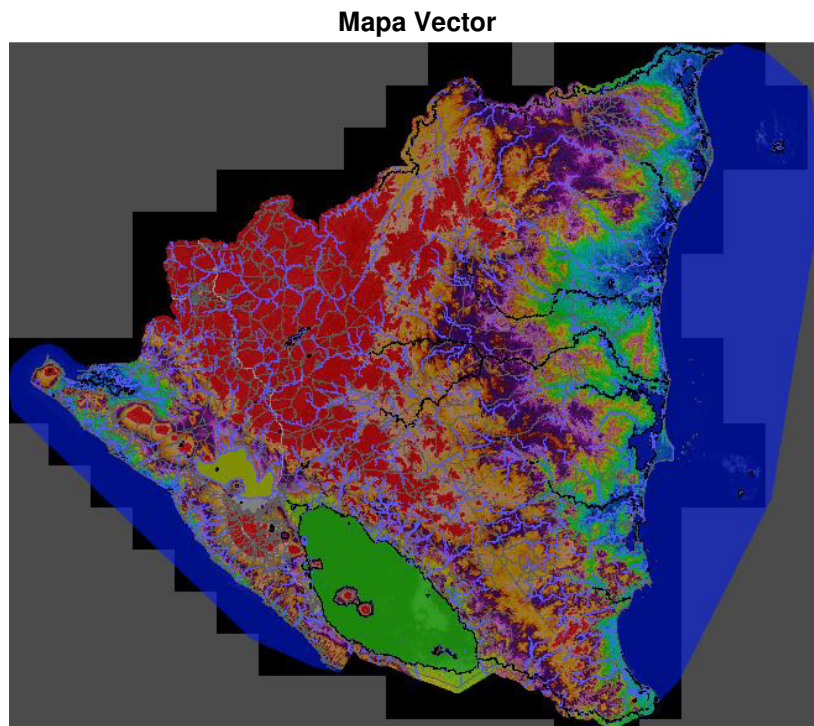


FIGURA 28. Mapa Vector

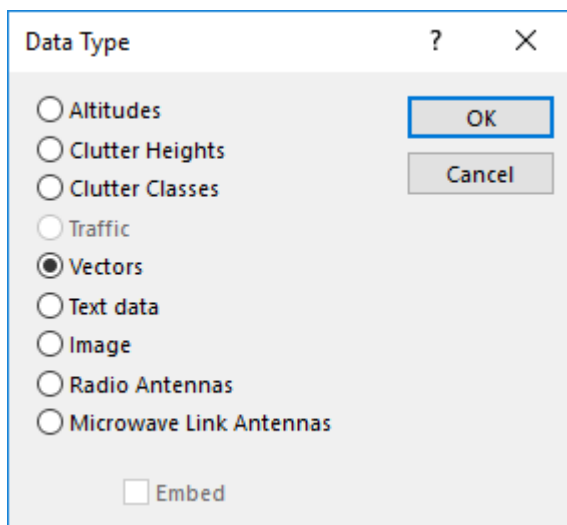


FIGURA 29. Definir el Tipo de dato como vector

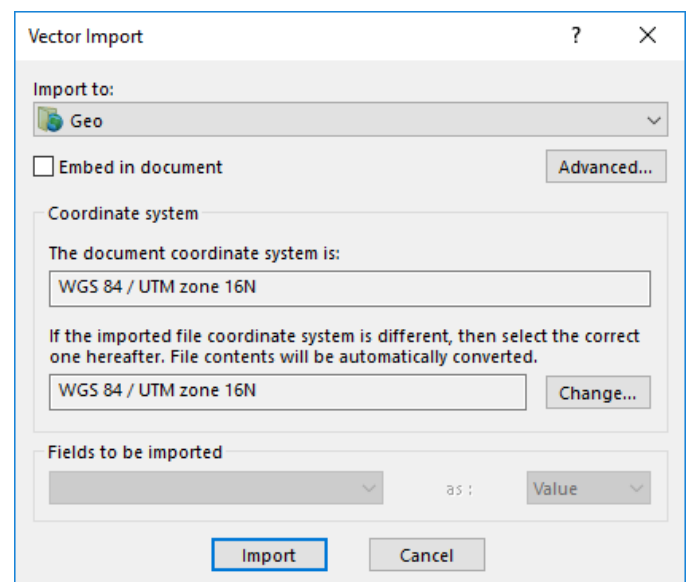


FIGURA 30. Importación de Vectores en las coordenadas del sitio

Vector: se trata de un fichero de datos vectoriales en el que se definen las carreteras, vías, aeropuertos, ríos, etc.

3.1 Configuración de los parámetros globales del sistema TD-SCDMA

Una vez importados los mapas de altimetría, backdrop, los Clutters y las carreteras de la zona de estudio, que como ya se ha mencionado, es el primer paso para desarrollar una red en Atoll, se debe continuar por la definición de los parámetros globales del sistema TD-SCDMA en la banda 34, que se muestran en las imágenes de la Figura # y son los que Atoll proporciona por defecto mas la banda 39 que usaremos para nuestro diseño.

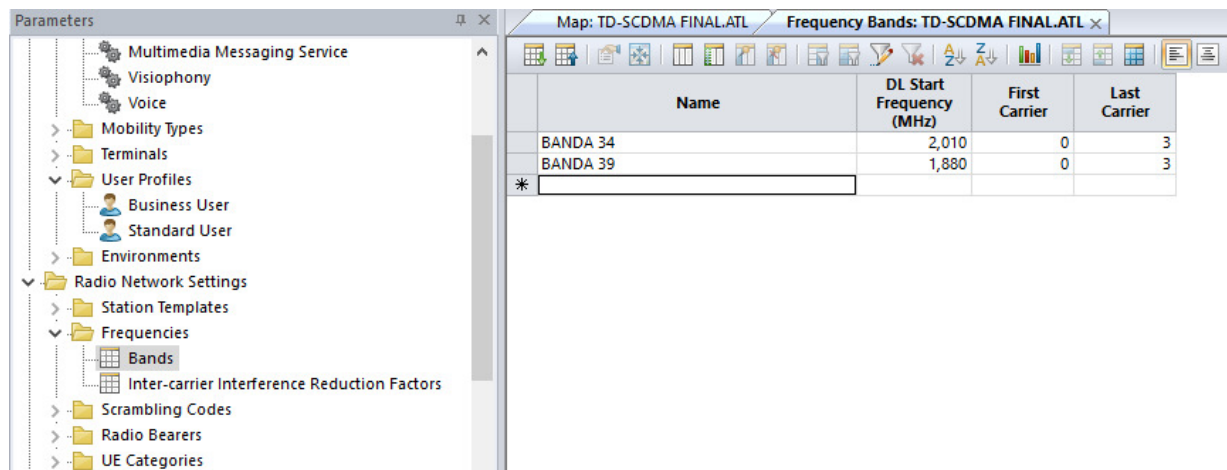


FIGURA 31. Creación de la banda de Frecuencia 39 en Atoll

En este proyecto, por ejemplo, se han creado 3 entornos en base a la información obtenida de población por censo 2013 de los tres sitios a estudiar, realizaremos una breve descripción de los parámetros de tráfico para el diseño.

Entorno	Perfil de Usuario	Tipo de Movilidad	Densidad Poblacional Subscriptor X Km2
Bluefields 2013	Estándar y Negocios	Usuario Residencial, Vehículo 50kmh	9.5
Nueva Guinea 2013	Estándar y Negocios	Usuario Residencial	49
El Rama 2013	Negocios	Usuario Residencial	9.67

Tabla 9. Propiedades del entorno TD-SCDMA

3.2 Configuración y simulación de los sitios TD-SCDMA

Con los parámetros ya configurados de la red procederemos a ubicar cada uno de los sitios planteados previamente y el RNC conectado vía radio enlace con tres sitios cada uno ubicado en diferente lugar con valores por defecto, no entraremos en mucho detalle del radio enlace porque sale de los alcances de la presente tesis.

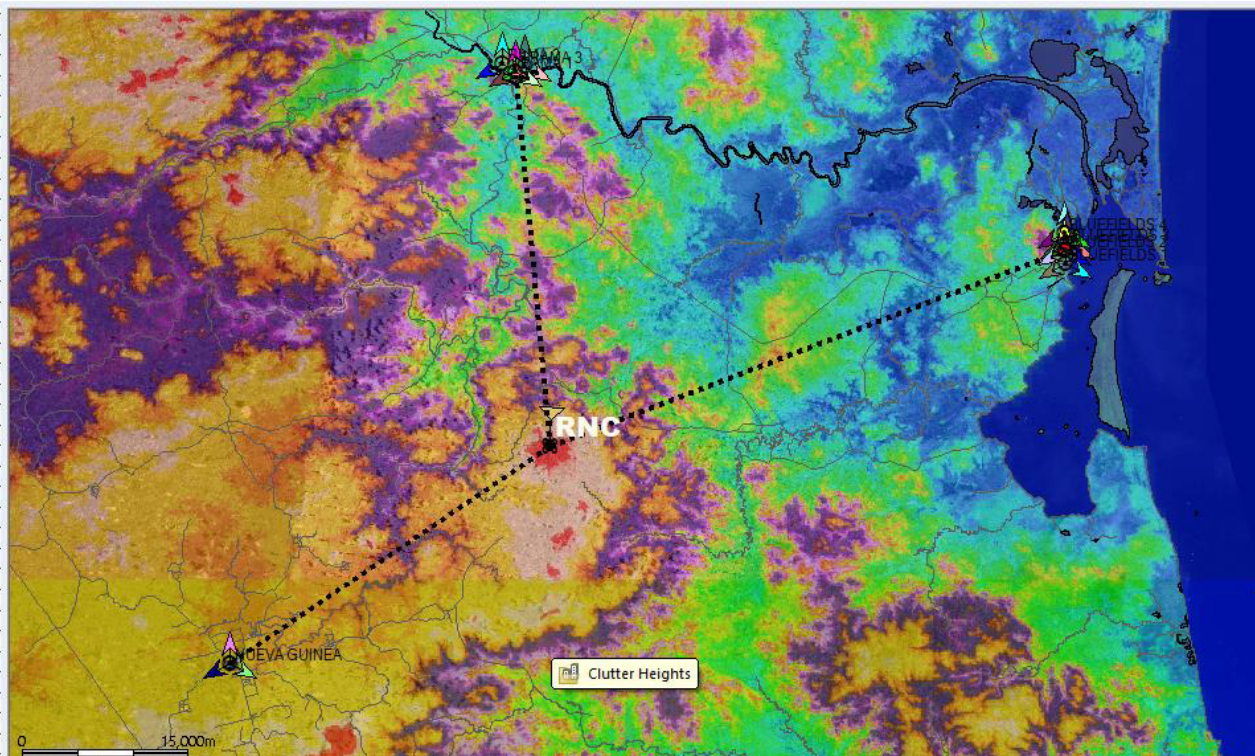


FIGURA 32. Sitios Conectados a un RNC Central TD-SCDMA

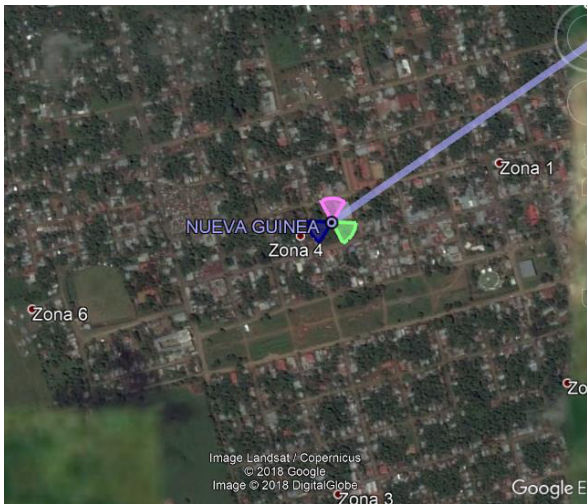


FIGURA 33. NodosB Nueva Guinea

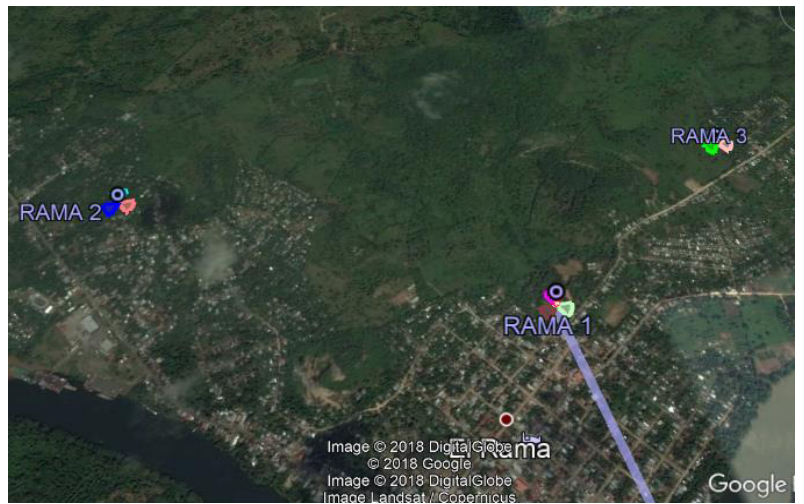


FIGURA 34. NodosB El Rama

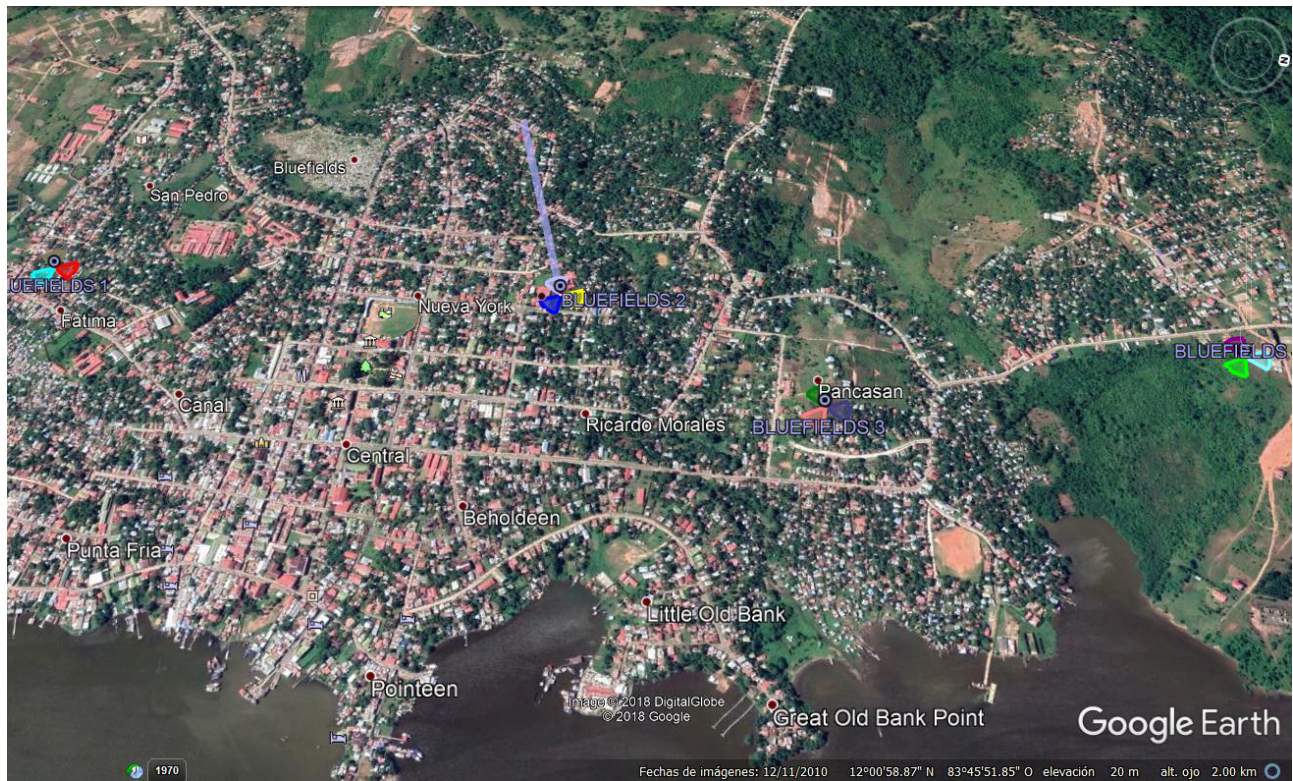


FIGURA 35. NodosB Bluefields

Ya tenemos ubicados nuestros sitios de la red TD-SCDMA y con la configuración debida para comenzar a realizar las diferentes predicciones, a continuación, mostraremos los parámetros utilizados en cada NodoB.

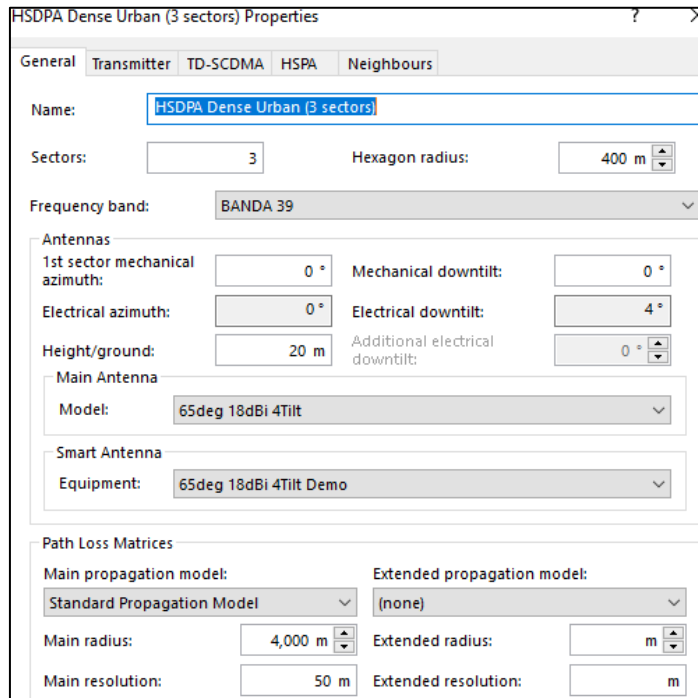


FIGURA 36. Configuración de Atoll con parámetros del diseño propuesto

3.3 Predicciones y Simulaciones TD-SCDMA

Computation Zone

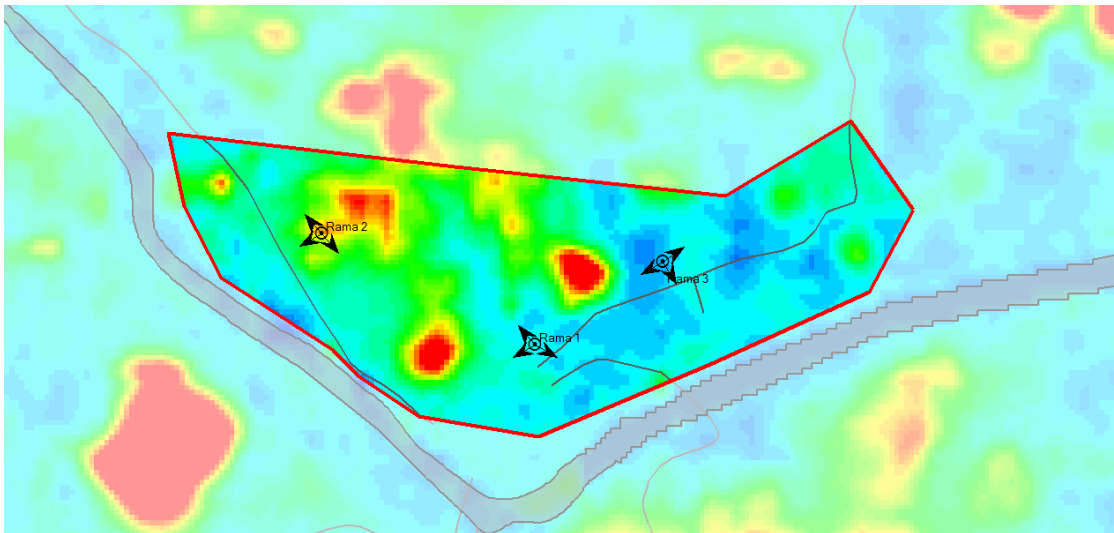


FIGURA 37. Polígono CZ para los Sitios en El Rama

Se tiene el siguiente comportamiento de la cobertura para los sitios en El Rama.

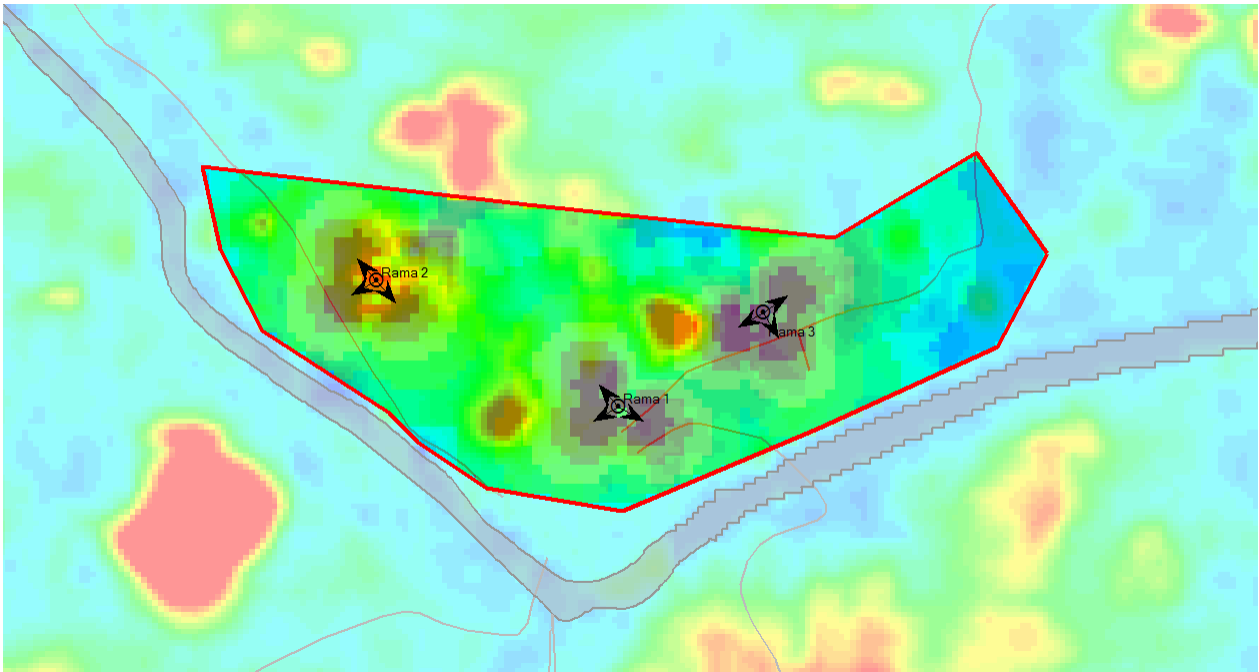


FIGURA 38. Cobertura por señal TD-SCDMA El Rama

Los porcentajes en Computation Zone son los siguientes:

Name	% Computation Zone
Coverage by Signal Level (DL)	99.4
Best Signal Level (dBm) >=-70	8.5
Best Signal Level (dBm) >=-75	18.4
Best Signal Level (dBm) >=-80	34.6
Best Signal Level (dBm) >=-85	56.8
Best Signal Level (dBm) >=-90	77.1
Best Signal Level (dBm) >=-95	91.6
Best Signal Level (dBm) >=-100	99.4
Best Signal Level (dBm) >=-105	99.4

FIGURA 39. Porcentaje de Cobertura del Computation Zone El Rama

Las estadísticas se resumen en el siguiente histograma para el Municipio de El Rama.

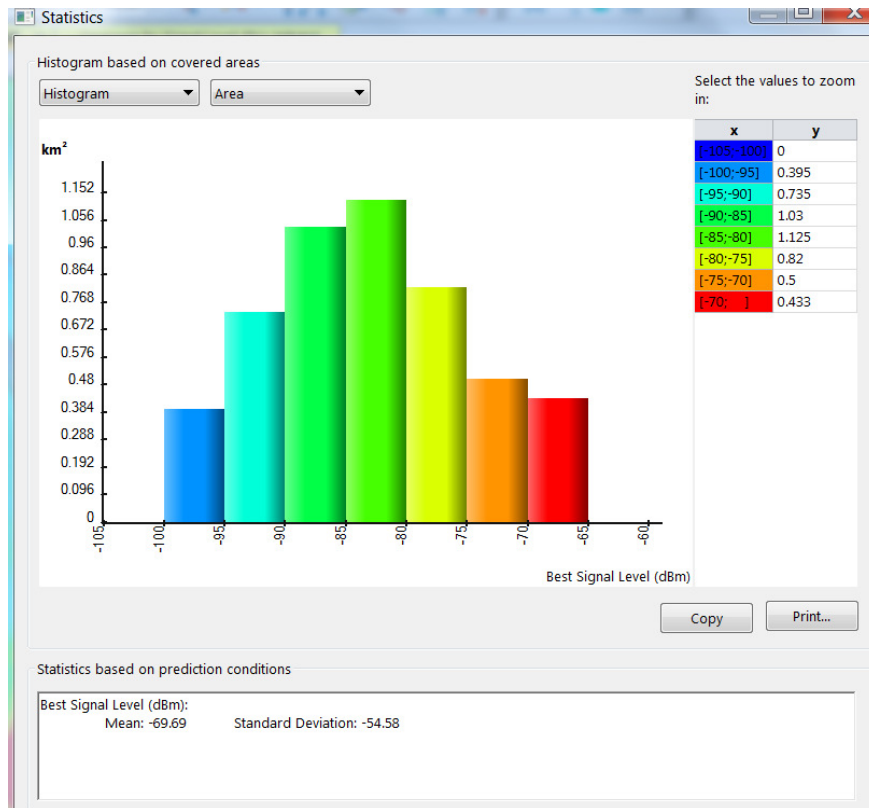


FIGURA 40. Histograma de Potencia en el El Rama

En El Rama se ha logrado un diseño que brinde cobertura a los sectores con mayor densidad urbana y con mayor movimiento económico, permitiendo la comunicación en un área de aproximadamente 3kms y un aproximado del 50% de esta área tendrá una conexión de datos por HSDPA estable.

Ahora, se procederá con los sitios ubicados en Bluefields, los sitios en dicho Municipio Son 4 y se realiza la delimitación del polígono para determinar el computation zone, Posteriormente, se realizará la predicción By Signal.

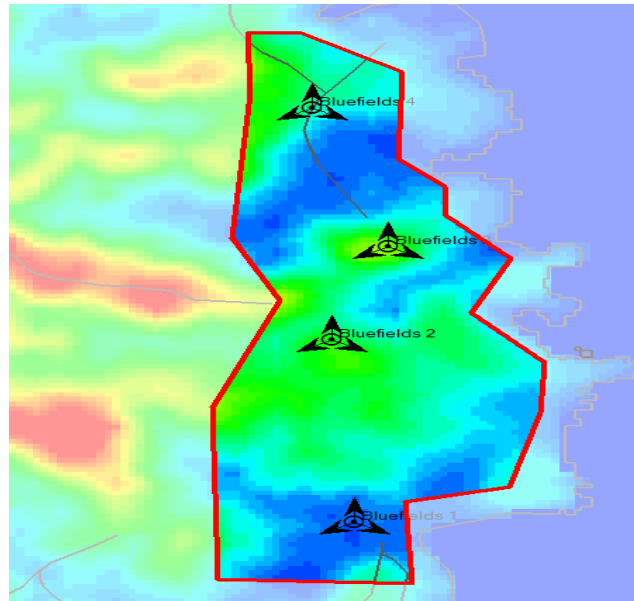


FIGURA 41. Delimitación del Computation Zone Bluefields

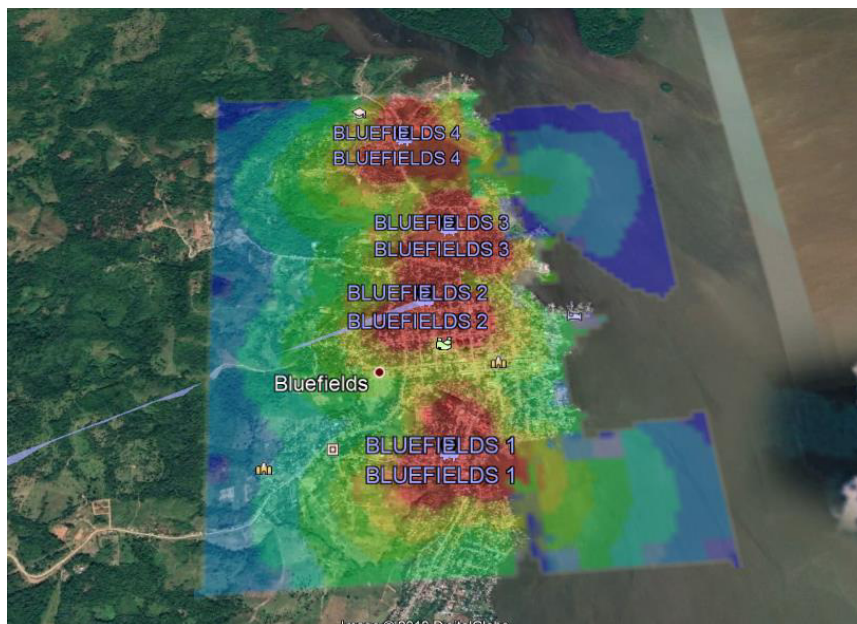


FIGURA 42. Cobertura dentro del Computation Zone Bluefields

El porcentaje de cobertura dentro del Computation Zone es el siguiente.

Name	% Computation Zone
Coverage by Signal Level (DL)	97.3
Best Signal Level (dBm) >=-70	20.6
Best Signal Level (dBm) >=-75	39.4
Best Signal Level (dBm) >=-80	61.7
Best Signal Level (dBm) >=-85	81.5
Best Signal Level (dBm) >=-90	94.7
Best Signal Level (dBm) >=-95	97.3
Best Signal Level (dBm) >=-100	97.3
Best Signal Level (dBm) >=-105	97.3

FIGURA 43. Porcentaje de cobertura en el computation zone Bluefields

Los comportamientos de los niveles de señal se expresan en el siguiente histograma.

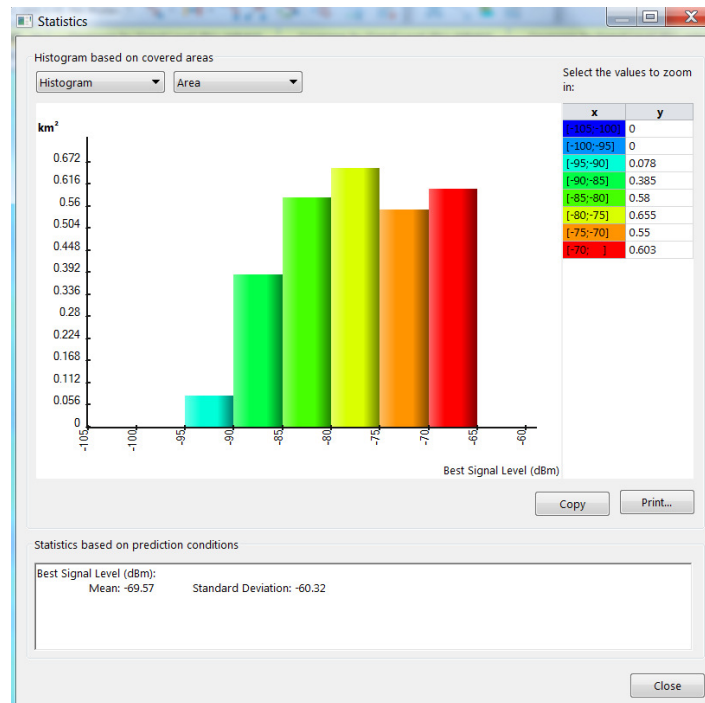


FIGURA 44. Histograma de Potencia en el Municipio de Bluefields

También, se puede representar de la siguiente manera.

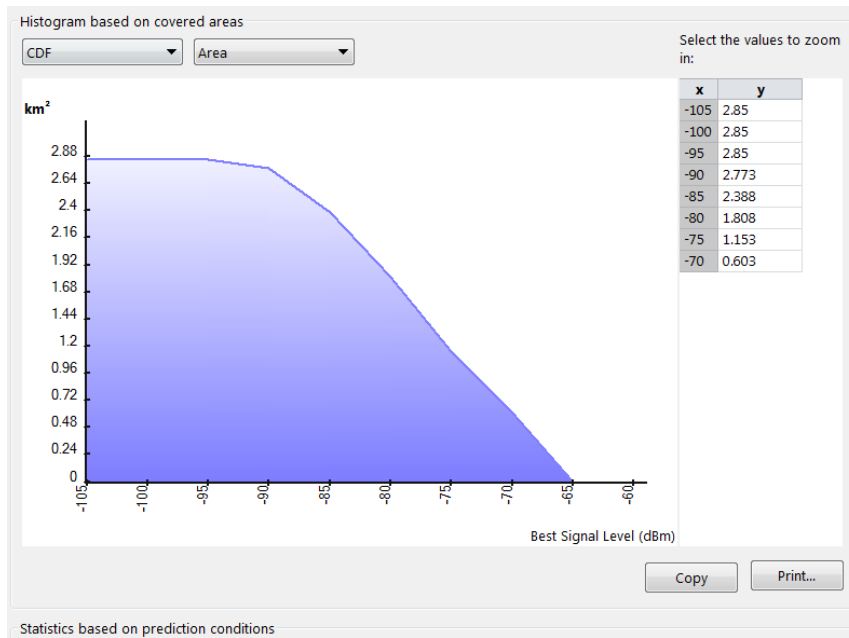


FIGURA 45 Representación de la Relación de Área con Respecto a Potencia.

En el Municipio de Nueva Guinea únicamente se tiene 1 sitio propuesto por que la ciudad tiene poca extensión territorial y el mayor volumen de tráfico está en el centro.

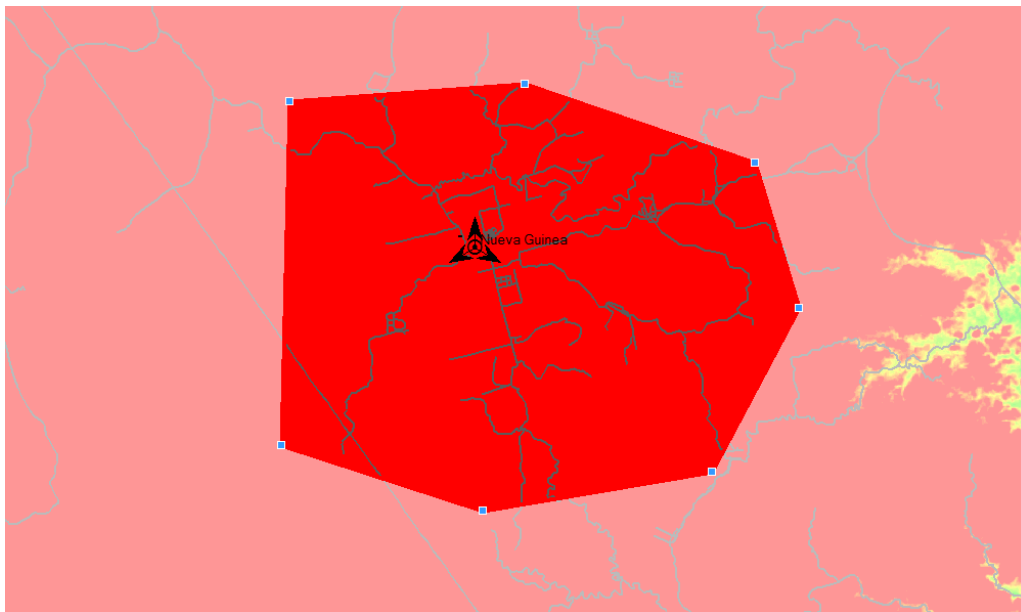


FIGURA 46. NodoB Nueva Guinea

A continuación, se realizará la predicción by signal para este sitio ubicado en Nueva Guinea.

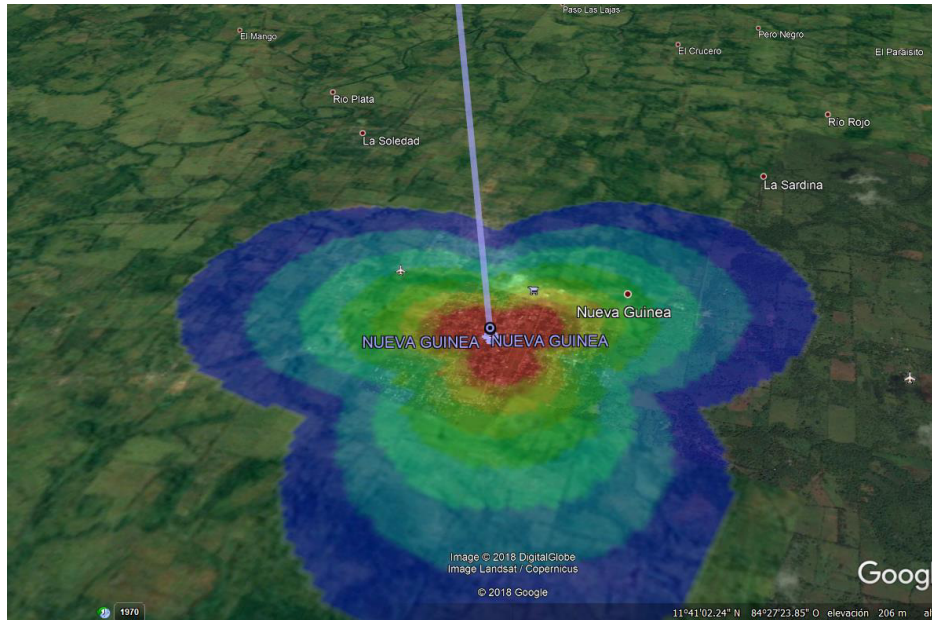


FIGURA 47. Cobertura del Sitio en Nueva Guinea

El reporte de cobertura es el siguiente.

Name	Surface (km ²)
Coverage by Signal Level (DL)	10.358
Best Signal Level (dBm) >=-70	0.157
Best Signal Level (dBm) >=-75	0.31
Best Signal Level (dBm) >=-80	0.567
Best Signal Level (dBm) >=-85	0.998
Best Signal Level (dBm) >=-90	1.788
Best Signal Level (dBm) >=-95	3.185
Best Signal Level (dBm) >=-100	5.725
Best Signal Level (dBm) >=-105	10.358

FIGURA 48. Porcentaje de Cobertura de señal Nueva Guinea

La relación de potencia con respecto a área se puede expresar de la siguiente manera.

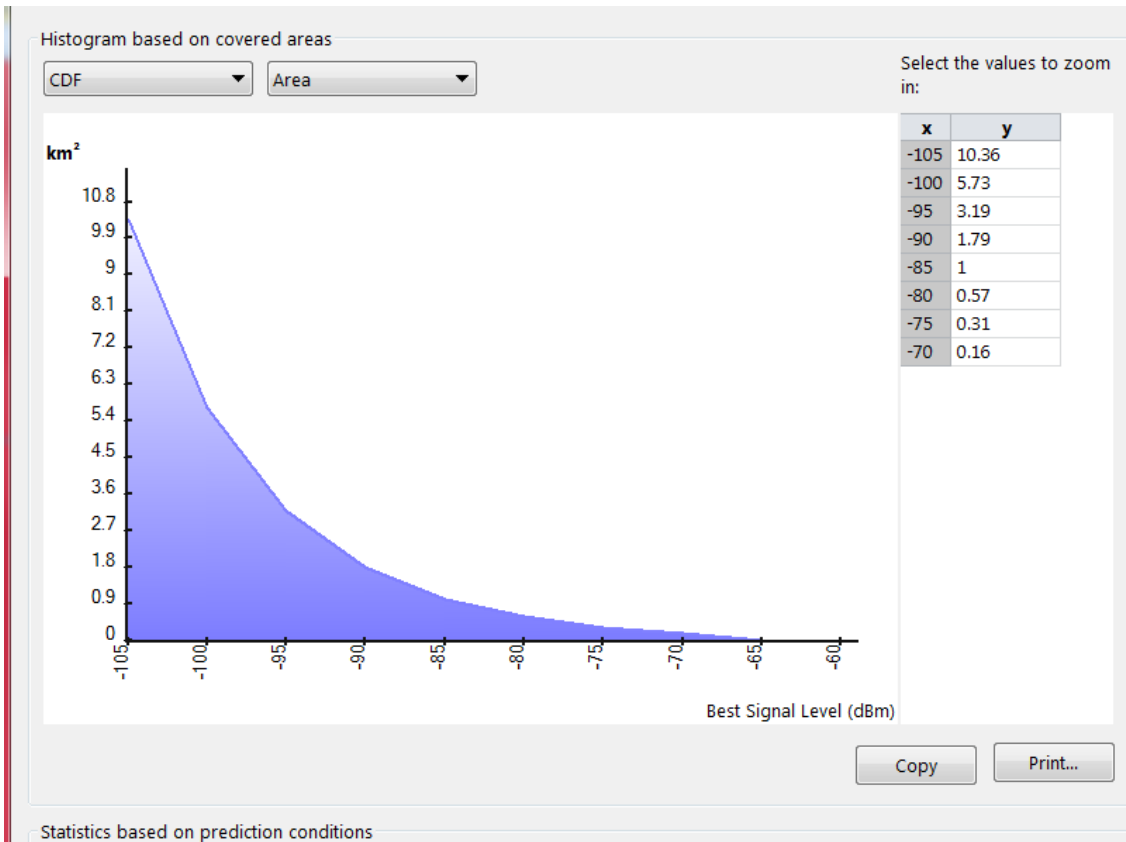


FIGURA 49. Potencia con relación al área de Nueva Guinea

CONCLUSIONES

En Nicaragua existen muchos problemas para el acceso a las telecomunicaciones, ya que no hay un despliegue que satisfaga la necesidad de la población nicaragüense. Esta propuesta definió una opción de tecnología TD-SCDMA, si bien los operadores sostienen que coexistimos en redes 3G y 4G, la red 3G sigue siendo la tecnología más desplegada en el país, para sus servicios de acceso a internet móvil, no obstante, esta tecnología es un equivalente al estándar UMTS.

Por todo lo antes expresado, que no es más que sucinto breviario de la inmensidad tecnológica actual, hemos logrado los objetivos en este proyecto de investigación, ya que se propuso una guía simple para el diseño de los sitios en 3 Municipios de la RAAS (Bluefields, El Rama y Nueva Guinea), abarcar la utilización de herramienta de planeación no tan complejas, por así decirlo, también genera una oportunidad para que otros estudiantes egresados puedan utilizar Atoll para realizar proyectos de investigación en el área de telefonía móvil.

De igual manera, otro elemento importante de este proyecto monográfico, es continuar contribuyendo en la investigación como línea estratégica importante del crecimiento de las universidades, ya que permitirá desarrollar habilidades de búsqueda de información y análisis de los datos obtenidos, de la misma forma permite emplear los conocimientos adquiridos en los años de estudio, en el entendimiento y aplicabilidad de la información recopilada, fortaleciendo así criterios propios de ingeniería

REFERENCIAS

- Almagro, L. (2010). *ceres.ugr.es*. Obtenido de <http://ceres.ugr.es/~alumnos/tutorialcfc/m/tres.html>
- Amador, N. (2008). *bibing.us.es*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11901/fichero/capitulo2.pdf>
- Barrante, C. (s.f.). *bibing.us.es*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11901/fichero/capitulo2.pdf>
- Bravo, M. (2014). *journalusco.edu.co*. Obtenido de <https://www.journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/726/1391>
- Cervantes, G. (2004). *bgs-developopenantenna.com*. Obtenido de www.bgs-developopenantenna.com/.../understand-what-is-a-smart-an.
- ELKAMCH, A. (2017). *bibing.us.es*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12392/fichero/Planificacion+y+optimizacion+de+3g+-+Final.pdf>
- ESP, s. (s.f.). *statista.com*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/600832/numero-de-suscripciones-de-banda-ancha-movil-en-el-mundo-2007/>
- Fajardo, P. (s.f.). *catarina.udlap.mx*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo1.pdf
- Fernandez, V. (2010). *riunet.upv.es*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>
- Forsk. (s.f.). *forsk.com*. Obtenido de <http://www.forsk.com/atoll-overview>
- García, V. (2014). *Diseño de una estación base para su integración en*. Managua.
- Goh, F. (2011). *advantest.com*. Obtenido de <https://www.advantest.com/documents/11348/33c7c00f-c051-4fc3-a7c1-1e5bc2336613>
- Martinez, E. (Octubre de 2017). *ribuni.uni.edu.ni*. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/1701/1/91330.pdf>
- Motero, C. (2002). *dit.upm.es*. Obtenido de <http://www.dit.upm.es/~david/tar/trabajos2002/02-Arquitectura-red-acceso-UMTS-Carlos-Diaz-Motero-res.pdf>
- P.1238, U.-R. (1997). *itu.int*. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1238-0-199705-S!!PDF-S.pdf

rohde-schwarz. (s.f.). *rohde-schwarz.com*. Obtenido de www.rohde-schwarz.com: https://www.rohde-schwarz.com/es/tecnologias/celular/td-scdma/tecnologia-td-scdma/tecnologia-td-scdma_55936.html

Suarez, L. (2004). *academia.edu*. Obtenido de https://www.academia.edu/6235987/THROUGHPUT_ON_TD-SCDMA

Talavera, M. (Noviembre de 2009). *upcommons.upc.edu*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8365/PFC.pdf>

Technologies, A. (2005). *literature.cdn.keysight.com*. Obtenido de <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/ads2005a/pdf/dgtdscdma.pdf>

TELCOR, N. (s.f.). Obtenido de http://www.telcor.gob.ni/Desplegar.asp?PAG_ID=47

Velarde, E. (Diciembre de 2007). *blog.pucp.edu.pe*. Obtenido de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/telecom/2007/12/12/td-scdma-como-opcion-tecnologica-para-migrar-a-3g/>

Velazquez, E. (2011). *researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Enrique_Vazquez/publication/228811578_Diseño_de_redes_de_acceso_en_sistemas_móviles_UMTS_con_soporte_de_calidad_de_servicio/links/02e7e534797ba4ccf6000000/Diseño-de-redes-de-acceso-en-sistemas-móviles-UMTS-con-soporte-

Cano José Gabriel. Góngora Moisés. “Propuesta de Manual para Planeación de Redes Móviles en Nicaragua Utilizando el Software ATOLL”. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. 2012.

Unidad Coordinadora de Proyectos. “Caribbean Regional Communications Program (CARCIP)-Nicaragua”. TELCOR. Nicaragua. Septiembre 2015.