



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

Maestría En Telecomunicaciones Y Redes Teleinformática

**Tesis para optar al título de Máster en
Telecomunicaciones y Redes Teleinformáticas.**

Tema:

Propuesta de cobertura del abonado de la red móvil TIGO con la tecnología LTE-FDD, en el departamento de Masaya, por medio del software ATOLL 3.3, durante el primer semestre del 2022.

Autor: Lic. Juan Bautista Rocha Aguilar

Tutor: Dr. Jorge Luis Gómez Torrez

Asesor: Dr. Hugo Otoniel Munguía.

Fecha: 12 de diciembre de 2022

Carta del tutor

Managua 01 de junio de 2022

Dr. Luis Armando Salinas
Coordinador de Maestría
Telecomunicaciones y redes de teleinformática.
Facultad de Ciencias e Ingeniería

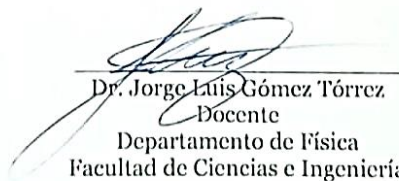
Estimado coordinador:

Reciba mis cordiales saludos.

Por medio de la presente quiero extender mi aval de aprobación de la tesis del Licenciado Juan Bautista Rocha Aguilar, cuya tesis fue titulada como: **"Cobertura del abonado de la red móvil TIGO con la tecnología LTE-FDD, en el departamento de Masaya, por medio del software ATOLL 3.3, durante el primer semestre del 2022"**.

Considero que el Licenciado Juan Bautista Rocha Aguilar, ha cumplido con los requerimientos académicos para que proceda a su defensa monográfica para optar al título de *Master en* Telecomunicaciones y redes de teleinformática.

Sin más a que referirme, me suscribo cordialmente.


Dr. Jorge Luis Gómez Tórrez
Docente
Departamento de Física
Facultad de Ciencias e Ingeniería


1-06-2022

c.c: Archivo.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a DIOS, por ser mi guía a lo largo de mi vida y darme las fuerzas para poder seguir afrontando nuevos retos, a mi familia por estar en todo momento dándome ánimo y siendo los pilares en los que me he forjado, al profesor MSc. Sergio Sacasa, por apoyarme en el desarrollo de esta investigación, al profesor Rodrigo Campo por las orientaciones técnicas necesarias para la realización de este trabajo.

Agradezco al Decano MSc. Marlon Díaz, por su apoyo a lo largo de los años, también al Doctor Hugo Alberto Gutiérrez Ocón, Vicerrector de docencia, por el apoyo que me ha dado a lo largo de mi formación profesional, no omito mencionar de forma especial a mi tutor Doctor Jorge Luis Gómez Torrez, quien me ha brindado sus sabias y pertinentes observaciones en el desarrollo de esta tesis

ABSTRACT

The whole world has entered the process of updating technology mainly in the area of high speed and wireless communications. Nicaragua is no exception, since 2016 has begun to implement fourth generation technology (4G) in mobile communications, and companies that provide such service in the country have focused their efforts on LTE technology (Long Term Evolution or Long-Range Evolution) so the different universities with the profile of engineering have also directed their studies to research in this type of technology. Likewise, the present monographic work intends to make simulation in the ATOLL 3.3.0 software applying the LTE technology specifically in the department of Masaya, this was selected for its high population density, its geography and the high traffic through the department.

For the realization of this work, the telecommunication towers will be located according to the coordinates provided by MSc. Rodrigo Campo, while performing the simulation, some antennas were activated and deactivated to verify the usefulness of the position of each one of them, thus verifying that they were necessary for these simulations. In addition, several simulations were performed to understand the behavior of the described topology and to evaluate the implementation of LTE FDD technology.

RESUMEN

El mundo entero ha entrado en el proceso de actualización de tecnología principalmente en el área de las comunicaciones de alta velocidad y de manera inalámbricas. Nicaragua no es la excepción, desde el 2016 ha comenzado a implementar tecnología de cuarta generación (4G) en las comunicaciones móviles, y las empresas que brindan dicho servicio en el país han enfocado sus esfuerzos en la tecnología LTE (Long Term Evolution o Evolución de Largo Alcance) por lo cual las diferentes universidades con el perfil de las ingenierías también han dirigido sus estudios a investigación en este tipo de tecnologías. Así mismo, el presente trabajo monográfico pretende hacer simulación en el software ATOLL 3.3.0 aplicando la tecnología LTE específicamente en el departamento de Masaya, este se seleccionó por su alta densidad poblacional, su geografía y por el alto tráfico a través del departamento.

Para la realización de este trabajo se ubicarán las torres de telecomunicaciones de acuerdo a las coordenadas proporcionadas por el MSc. Rodrigo Campo, al realizar la simulación se fueron activando y desactivando algunas antenas para verificar la utilidad de la posición de cada una de ellas con lo cual se verificó que eran necesarias para dichas simulaciones. Además, se realizaron diversas simulaciones que permiten entender el comportamiento de la topología descrita y evaluar la implementación de la tecnología LTE FDD.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III.	ANTECEDENTES	3
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	4
V.	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	5
VI.	MARCO REFERENCIAL	6
	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
VII.	BASES TEÓRICAS	11
	7.1. Conceptos generales.....	11
	7.2. Planificación de una red celular	21
	7.3. Entes reguladores de las Telecomunicaciones.....	25
	7.4. Herramientas a utilizar.....	28
	7.5. Herramienta GIS Global Mapper	30
	7.6. Herramienta de planificación ATOLL.....	30
VIII.	HIPÓTESIS	41
IX.	PREGUNTAS DIRECTRICES	41
X.	DISEÑO METODOLÓGICO/ MARCO METODOLÓGICO	42
XI.	RESULTADOS	43
	9.1. Planificación la topologia de red LTE.....	44
	9.2. Ejecución de la simulación de la red LTE, planificada en ATOLL....	48
	9.3. Recepción de la señal en el departamento de Masaya,.....	54
XII.	CONCLUSIONES.....	65
XIII.	RECOMENDACIONES	66

XIV.	BIBLIOGRAFÍA	67
XV.	ANEXOS	70
15.1.	APENDICE A.....	70
15.2.	APENDICE B.....	89
15.3.	APENDICE C	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Precios de licencia de Global Mapper.....	30
Tabla 2: Requerimientos Software y Hardware para la instalación de ATOLL	32
Tabla 3: Nivel de señal	57
Tabla 4: Nivel de señal	59
Tabla 5: Nivel de señal	61
Tabla 6: Nivel de señal	62
Tabla 7: Emplazamientos (Sites) en ATOLL.....	70
Tabla 8: transmisores (Transmitters) en ATOLL.....	73
Tabla 9: Tabla de celdas en ATOLL:	80
Tabla 10: Densidad poblacional de Masaya	87

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación De Las Celdas Por Tamaño	16
Figura 2: Sectorización De Celdas	17
Figura 3: Arquitectura De Red 4G – LTE	19
Figura 4: <i>Estructura Visual De ATOLL</i>	34
Figura 5: Barra De Herramientas Map En ATOLL.....	35
Figura 6: Barra De Herramientas Radio Planning En ATOLL.....	35
Figura 7: Explorador De Información Geográfica (Geo Explorer) En ATOLL	36
Figura 8; Panel De Exploración De Red En ATOLL	37
Figura 9: Panel De Exploración De Parámetros En ATOLL	38
Figura 10: Parámetros De Tráfico En ATOLL.....	38
Figura 11: Configuración De Parámetros De La Red De Radio En ATOLL	39
Figura 12: <i>Visor De Eventos En ATOLL</i>	40
Figura 13: Modelo De Terreno Digital Con Su Equivalencia De Altitud Del Departamento De Masaya.....	45
Figura 14: <i>Mapa Del Departamento De Masaya Usando La Base De Datos De Google Maps</i>	46
Figura 15: <i>Ubicación De Los Transmisores En El Departamento De Masaya, Utilizando Las Coordenadas De La Tabla 9, Realizadas En ATOLL</i>	47
Figura 16: <i>Simulación Del Modelo De Propagación Por Niveles De Señal Según Propuesta, Realizadas En ATOLL</i>	49
Figura 17: <i>Modelo De Propagación De Cobertura Por Nivel De Señal (DL) Según Propuesta, Realizadas En ATOLL</i>	50
Figura 18: <i>Modelo De Propagación De Effective Service Area Analysis (DL+UL) Según Propuesta, Realizadas En ATOLL</i>	51
Figura 19: <i>: Modelo De Propagación De Cobertura Por Transmisores (DL) Según Propuesta, Realizadas En ATOLL</i>	52
Figura 20: Modelo De Propagación De Effective Signal Analysis (Análisis Efectivo De La Señal) (DL) Según Propuesta, Realizadas En ATOLL	53

Figura 21: Modelo De Propagación De Overlapping Zoner (DL) Según Propuesta, Realizadas En ATOLL.....	54
Figura 22: Punto 1 Seleccionado Para Verificar La Recepción Según Propuesta, Realizadas En ATOLL.....	56
Figura 23: <i>Recepción Del Nivel De Señal De Los Transmisores En Las Coordenadas Del Punto 1</i>	57
Figura 24: Punto 2 Seleccionado Para Verificar La Recepción En El Departamento De Masaya.....	58
Figura 25: <i>Recepción Del Nivel De Señal De Los Transmisores En Las Coordenadas Del Punto 2</i>	59
Figura 26: Punto 3 Seleccionado Para Verificar La Recepción En El Departamento De Masaya.....	60
Figura 27: <i>Recepción Del Nivel De Señal De Los Transmisores En Las Coordenadas Del Punto 3</i>	61
Figura 28: Punto 4 Seleccionado Para Verificar La Recepción En El Departamento De Masaya.....	62
Figura 29: <i>Recepción Del Nivel De Señal De Los Transmisores En Las Coordenadas Del Punto 4</i>	63

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo monográfico, tiene como objetivo en “Analizar la cobertura del abonado de la red móvil TIGO con la tecnología LTE-FDD, en el departamento de Masaya, por medio del software ATOLL 3.3.”. Esta investigación es descriptiva con alcance mixto, ya que se analizará la cobertura del abonado de la red móvil TIGO en dicho departamento, considerando su densidad poblacional y la visión de desarrollo de las empresas de telecomunicaciones, las cuales se encuentran desplazando sus redes en este departamento principalmente en la cabecera departamental, con este estudio se pretende que los habitantes de los municipios tengan acceso a la red, y también los que transitan las vías de Masaya en sus vehículos a diario. Ya que en el departamento existe un alto tráfico a través del departamento.

El tipo de trabajo es transversal, ya que se realizará en el primer semestre del 2022, debido que el estudio se realizó en un periodo relativamente corto con características experimentales, además es descriptivo porque consiste en la planificación de la red LTE, para el departamento de Masaya, lo que se realizará describiendo y evaluando la eficiencia la topología de la red a implementar y la estructura de los componentes a utilizar en la planificación de la red. Con enfoque inductivo y deductivo, enfocado a una respuesta específica que permitió la obtención de información necesaria, tomando en cuenta las características técnicas geográficas y de demanda de la población.

Se documentan investigaciones realizadas por empresas de telecomunicaciones, que han dirigido esfuerzos en desarrollar tecnología de cuarta generación (4G), mientras que las Universidades Nacionales se enfocan en realizar estudios de las tecnologías que se están aplicando en el país, con el objetivo de divulgar los alcances que Nicaragua ha venido teniendo en este rubro.

Como resultado del trabajo, se muestran tablas de los datos obtenido por la ejecución del simulador y gráficos del terreno, ubicación geográfica de las torres de transmisión; ejecución del simulador aplicando el modelo de propagación

Okumura-Hata, en los diferentes tipos de señales obteniendo buenos niveles de recepción.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Nicaragua el sector de las telecomunicaciones ha venido modernizándose en los años recientes, con una fuerte tendencia a la competencia abierta y a la globalización de los servicios (siendo las empresas TIGO Y CLARO los principales proveedores de telefonía móvil).

La telefonía móvil es el sector de las telecomunicaciones que ha venido tomando mayor auge, debido al rápido crecimiento poblacional (número de abonados), esto es debido a los nuevos servicios (voz, datos y multimedia), con la nueva tecnología de la cuarta generación LTE, cómo red de acceso, a los que están ligado al desarrollo de los diferentes servicios tecnológicos móviles soportando también los de tercera generación GSM y HSPA+.

La empresa Tigo en la actualidad no cubre en su totalidad todos los departamentos de Nicaragua, teniendo presente que la aplicación LTE que ofrece TIGO no justifica un espectro de cobertura total, debido a los costos de operación y mantenimiento que ofrece esta plataforma. Además, actualmente la cobertura de la empresa TIGO cubre todo el departamento de Masaya, no obstante, la tecnología LTE solo está en la cabecera departamental, y en los municipios con mayor densidad poblacional por tanto, El propósito de este estudio es de carácter descriptiva, porque se analizará la cobertura del abonado de la red móvil TIGO con la tecnología LTE-FDD, en el departamento de Masaya, por medio del software ATOLL 3.3.

III. ANTECEDENTES

Tigo está ligado a los orígenes de la telefonía celular en Nicaragua comenzando en 1994 con Nicacell, pasando luego a Bellsouth, tiempo después comprándolo Telefónica Movistar, para en la actualidad pasar la concesión a ser de Tigo, el cual tiene el compromiso de llevar la cobertura a nivel nacional

Actualmente TIGO no cuenta en su totalidad cobertura 4G LTE en Toda Nicaragua, priorizando los municipios con mayor densidad poblacional de la zona central y pacífico, y utilizando las tecnologías 3G para cubrir el resto del país.

Se encontró dos tesis monográficas referente al análisis de cobertura para 4G LTE, Daniela Estefanía Barrera Salamea, (2015) Universidad de Cuenca, Ecuador; Simulación y Análisis de Cobertura para Tecnología LTE en el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca, Ecuador, Este proyecto analiza el comportamiento de cobertura, interferencia y capacidad de este tipo de red (LTE) implementada en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca

y Octavio Daniel Salgado Montoya; (2017) UNAN-Managua; Nicaragua; Estudio del núcleo de paquetes evolucionado (EPC) de Long Term evolución (LTE) en la cobertura de servicio en el departamento de Managua. En esta tesis se detalla los componentes fundamentales que inciden en el funcionamiento de la red núcleo EPC aplicado en la cobertura de LTE en el departamento de Managua

El estudio que se esta realizando a diferencia de los anteriores se enfoca en verificar la cobertura en el departamento de Masaya, tomando en consideración las coordenadas de las torres de transmisión (Cell Site) utilizadas por la empresa TIGO, utilizando antenas 65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz, con una banda de frecuencia de E-UTRA Band 1 - 10MHz

IV. JUSTIFICACIÓN

En Nicaragua han aumentado, la demanda de banda ancha, una menor latencia y una mayor cobertura, debido a esto la tecnología LTE es la opción más eficiente e ideal, con esa visión la empresa de telecomunicaciones Claro de Nicaragua inició pruebas en el 2011 para poner la nueva tecnología LTE a su red móvil que será de alta velocidad en 700MHz de la banda ancha.

En el 2016 la empresa Movistar comienza a implementar esta tecnología en el departamento de Managua, avanzando lentamente al resto de municipios, tomando esto como referencia, Tigo aumenta la cobertura, en la zona Central y Pacífico del país, no obstante, priorizó los municipios con mayor cantidad de habitantes.

Por este motivo se está realizando este estudio con el cual se pretende describir la topología de red LTE FDD y la estructura de los componentes a utilizar en la planificación de la red. Haciendo uso de una simulación con el software ATOLL 3.3, en el departamento de Masaya para a continuación evaluar dicha topología de red, a través de la efectividad de la señal y de modelos de propagación de niveles de señal.

Existe déficit de cobertura celular en el país, por tanto se tomará como referencia el departamento de Masaya y sus municipios, para demostrar que con un cambio en la infra estructura se puede garantizar un buen nivel de señal en todo el municipio aun considerando su geografía y su densidad poblacional no uniforme a lo largo del municipio.

V. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

General

Elaborar propuesta de cobertura del abonado de la red móvil TIGO con la tecnología LTE-FDD, en el departamento de Masaya, por medio del software ATOLL 3.3, para mejorar los niveles de señal, durante el primer semestre del 2022.

Específicos

1. Describir la topología de red LTE FDD y su estructura para comprender los componentes en la planificación de la red.
2. Realizar la planificación de la red LTE FDD, con el software ATOLL 3.3, en el departamento de Masaya para proponer una mejor cobertura.
3. Evaluar la topología de red LTE FDD, planificada en el departamento de Masaya, a través del software ATOLL 3.3 para verificar la efectividad de la señal.

VI. MARCO REFERENCIAL

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se ha hecho una revisión de las publicaciones de investigaciones realizadas en el país y en la región, de los diferentes portales de universidades, de forma específica, no se han encontrado trabajos que se refieran a propuestas de prácticas de laboratorio para la asignatura de redes móviles, redes celulares o afines. No obstante, sí hay monografías sobre diseño y planificación de redes celulares, utilizando Atoll. Las siguientes investigaciones tienen mucha relación con el presente trabajo:

Daniela Estefanía Barrera Salamea, (2015) Universidad de Cuenca, Ecuador; Simulación y Análisis de Cobertura para Tecnología LTE en el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca, Ecuador; Este proyecto analiza el comportamiento de cobertura, interferencia y capacidad de este tipo de red (LTE) implementada en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca. Después de un estudio acerca de las herramientas de planificación de radio, la plataforma de simulación de redes utilizada es ICS TELECOM, de la cual se aprovechan sus capacidades en planificación de frecuencias, gestión del espectro radioeléctrico, predicción de la cobertura y análisis de interferencia. En sus conclusiones, la autora afirma lo siguiente: “Para el análisis de una red LTE sobre el área mencionada, luego de comparar las plataformas de comunicación: ICS TELECOM, ATOLL y XIRIO ONLINE; se concluyó que XIRIO ONLINE presenta menores características que las otras plataformas, aunque dispone de cartografía libre de baja resolución para el usuario. Tanto ICS TELECOM como ATOLL presentan significativas funciones para planificación y optimización de redes de telecomunicaciones.

Mohammed Elhadi Abdelgalil y Dr. Amin Babiker A/Nabi, (2014) Department of Telecommunications, Faculty of Engineering, Al-Neelain University, Sudán; LTE

Performance and Analysis using Atoll Simulation; En este trabajo se hace una simulación de planificación LTE utilizando Atoll. Esta simulación incluye análisis de cobertura y rendimiento del enlace ascendente y descendente, cobertura por nivel de señal, análisis de la relación señal e interferencia del enlace ascendente y descendente, y análisis de zona de solapamiento. Después de hacer estas simulaciones, se concluyó que la red LTE tiene muchas ventajas sobre la anterior forma de cobertura de las redes; tales ventajas se evidencian en el rendimiento del enlace ascendente y descendente, la cobertura por nivel de señal, la cobertura de relación señal a interferencia en el enlace ascendente y descendente y la zona de solapamiento. Además de que los limitados recursos para transmitir son un hecho importante a considerar cuando el deseo es mejorar la velocidad de las transmisiones.

Reshma Begum Shaik y T. Krishna Chaitanya. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT); (2012); Simulation of GSM Mobile Networks Planning Using ATOLL Planning Tool; En este artículo se plantea la planificación de radio como una herramienta que permite obtener una solución rentable en términos de cobertura, capacidad y calidad. Explica sobre el espectro radioeléctrico como un recurso limitado que debe ser compartido entre diferentes operadoras de forma óptima. El propósito de este trabajo es la utilización del ancho de banda limitado muy cuidadosamente a fin de atender a millones de personas en una vasta área, con buena calidad, buena cobertura y sin interferencias, utilizando la herramienta de planificación Atoll. Los autores concluyen que la planificación de radiofrecuencias es la base de una red de comunicación móvil, especialmente en redes celulares de alto costo, donde es importante la calidad. Además, afirman que debe haber una buena planificación, pues esta es útil para la expansión de la red y actualización del servicio en el futuro.

Rafael Domínguez González, (2009) Universidad de Sevilla, España. Métodos para el aumento de la capacidad UMTS en Atoll; En el año 2009, España estaba dando un salto generacional en las redes celulares (de la segunda generación con GSM + GPRS a la tercera generación con UMTS). La

implementación de tecnologías de tercera generación significó una importante ventaja en cuestión de calidad de servicios; no obstante, representó una fuerte inversión por parte de las operadoras, dado que UMTS, por trabajar con frecuencias más altas, tiene menos alcance (cobertura) que GSM. El objetivo de este proyecto consiste en evaluar la mejora de capacidad que producen los cambios en la potencia y el número de frecuencias de cada estación base en un ejemplo práctico, mediante simulación por Atoll

En el documento, el autor dedica un capítulo para hablar de RNP (Radio Network Planning), en el que hace una breve reseña de cada una de las funciones básicas de Atoll, y su aplicación en las redes móviles UMTS. En sus conclusiones afirma que, mediante el estudio realizado, comprobaron las múltiples soluciones que ofrece la tecnología UMTS en cuanto a configuración y versatilidad de características en lo que respecta a capacidad y cobertura. Además, asegura que, si bien el aumento de tráfico de una zona particular conduce de forma inexorable al aumento permanente de infraestructura, mediante una buena planificación inicial se puede reducir la inversión necesaria para adecuar la red al tráfico demandado.

Antonio Carmona Sánchez, (2008) Universidad de Sevilla, España; Planificación mediante Atoll de red WIMAX móvil para los centros de la Universidad de Sevilla, España; en este proyecto se hace un dimensionamiento y planificación de una red Wimax móvil para proporcionar acceso inalámbrico a los miembros de la Universidad de Sevilla, España. La red se constituye por una serie de estaciones bases ubicadas en cada una de los recintos de la Universidad de Sevilla, de tal forma que los miembros de la comunidad universitaria puedan tener acceso móvil de banda ancha, tanto desde el interior de los edificios como desde el exterior, siempre y cuando se encuentren dentro del área de cobertura de cada uno de los puntos de acceso que forman la red. El estudio de red fue realizado mediante la herramienta de planificación Atoll, con ella únicamente se diseñó la red de acceso. Por tanto, el alcance del proyecto es el de planificar los puntos de acceso que forman la red WiMAX para dicha Universidad. Luego de efectuarse una serie de simulaciones, se concluyó que se cumplió el objetivo de dar servicio a

la población de alumnos considerada, además se tomó en cuenta que el número de usuarios presentes en la red no fluctúa de manera excesiva a lo largo de los años.

Carlos Eduardo Rodríguez A y Marvin Arias Olivas, (2015) miembro de IEEE, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua; Simulación y Análisis de una red LTE en ambientes urbanos en Managua; En esta investigación se simula una serie de escenarios en ATOLL y MATLAB utilizando como referencia los puntos de red de la compañía Yota, usando técnicas de co-ubicación, a fin de determinar si la tecnología LTE es una solución para la demanda de servicios de voz y datos que deben satisfacer los operadores de celular actualmente en Nicaragua. En el documento, los autores afirman haber obtenido una instantánea del desempeño LTE, y que al compararlo con mediciones de campo de la red Yota (compañía que al momento utiliza WiMAX 802.16a para brindar servicios de datos móviles), los resultados demuestran que la tecnología LTE tiene un mejor desempeño en velocidad de datos, que puede transmitirse en el DL, para Web Browsing. Por lo anterior, concluyen que, afirmativamente, la tecnología LTE es una solución para la demanda de servicios de voz y datos que deben satisfacer los operadores de celular actualmente en Nicaragua.

Octavio Daniel Salgado Montoya, (2017) UNAN-Managua; Nicaragua; Estudio del núcleo de paquetes evolucionado (EPC) de Long Term evolución (LTE) en la cobertura de servicio en el departamento de Managua. En esta tesis se detalla los componentes fundamentales que inciden en el funcionamiento de la red núcleo EPC aplicado en la cobertura de LTE en el departamento de Managua, también se analiza de manera técnica de la red núcleo EPC como parte de la estructura implementada de LTE en la ciudad de Managua, y se propone aportes para un futuro mejoramiento de red núcleo EPC, como parte de la implementación en la ciudad de Managua; por otra parte se describió la arquitectura de un sistema de comunicación celular basada en tres componentes, también se analizó las entidades de la red e interfaces de red núcleo EPC desplegado en el

departamento de Managua, obteniendo que está compuesto por tres entidades. Se termina concluyendo que el servicio de empaquetamiento de voz y datos en un solo protocolo IP no está desarrollado completamente, solamente se empaqueta en un protocolo IP la transferencia de datos, mientras que la voz sigue tratándose bajo las tecnologías GSM y GPRS, y por último la propuesta presentada para el mejoramiento de la red EPC nos dice que las configuraciones básicas de la red troncal EPC, están clasificadas por estructura física y de medio

Cuando se tiene planteado el problema de estudio (es decir, que se poseen objetivos y preguntas de investigación) y cuando además se han evaluado su relevancia y factibilidad, el siguiente paso consiste en sustentar teóricamente el estudio, etapa que algunos autores llaman “*elaborar el marco teórico*”. Ello implica analizar y exponer aquellas teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes en general que se consideren válidos para el correcto encuadre del estudio.

En los últimos años en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CIENCIAS E INGENIERIA (UNI) ha venido realizando estudios de este tipo de tecnología con el objetivo de divulgar los alcances que Nicaragua ha venido teniendo con esta plataforma, siendo los siguientes

- ❖ 2010: evolución de las redes móviles de tercera y cuarta generación LTE y WIMAX.
- ❖ 2011 La empresa claro prueba para poner la tecnología LTE en la red móvil en 700 MHz
- ❖ 2013: estudio experimental por simulación del diseño de una red LTE de telefonía y datos móviles en Nicaragua
- ❖ 2014: análisis técnico de LTE para su implementación en la ciudad de Managua, Nicaragua
- ❖ 2015: Implementación de la tecnología 4G LTE por parte de las empresas de telefonía móvil locales

- ❖ 2016: Propuesta de inversión de la empresa Tigo en la red LTE en el país

VII. BASES TEÓRICAS

7.1. CONCEPTOS GENERALES

Para contextualizar el tema del trabajo, se hablará un poco sobre aspectos radioeléctricos de manera general de las telecomunicaciones

El espectro radioeléctrico

Se conoce el espectro radioeléctrico como radiofrecuencia, es el segmento de frecuencias comprendido en el espectro electromagnético, ubicado en el rango de ondas electromagnéticas que van de 3KHz a 3000GHz .

El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como para un elevado número de aplicaciones industriales y domésticas. Es, por consiguiente, uno de los elementos sobre los que se basa el sector de la información y las comunicaciones para su desarrollo .

Las aplicaciones de la radiofrecuencia son diversas, y las podemos clasificar en dos categorías:

Broadcast (unidireccional): Los usuarios solamente pueden recibir información, por ejemplo: Radio AM y FM, Televisión VHF, UHF y Ku satélite.

Comunicaciones inalámbricas (bidireccional): Los usuarios pueden recibir o acceder a la información, además, pueden enviar información y comunicarse. Ejemplos de ello: Telefonía celular, redes inalámbricas (WLAN, WPAN) y GPS.

Unidades de medida de radiofrecuencia

Las ondas de radio, al igual que el resto de vibraciones electromagnética, tienen dos propiedades fundamentales: Amplitud y frecuencia. La amplitud se mide en decibelios-milivatios (dBm) y la frecuencia en hercios (hertz).

dBm: (decibelio-milivatio). Es una unidad de medida que se refiere a decibeles relativos a un mili watt (1 mW) disipado en una impedancia resistiva de 50 ohm (definido como el nivel de referencia de 0 dBm) .

Hertz: (Hercio en español) Es el número de ciclos por segundo de una onda electromagnética. Su abreviatura es **Hz**.

Sistema de telefonía celular

Un sistema de telefonía celular puede considerarse como el conjunto de todos los componentes de la comunicación móvil, que incluye: Dispositivos móviles que se suscriben generalmente utilizando una tarjeta SIM, La interfaz de acceso radio, un subsistema de estaciones base, el subsistema de red y un sistema de administración de red, y sus respectivos protocolos y estándares. Los nombres de los componentes difieren en cada tecnología.

Un sistema de telefonía celular puede verse en tres segmentos:

- La red central, también llamada red troncal o red core (Core Network).
- La red de acceso radio, también conocida como red celular.
- La red de control.

Cabe destacar que el presente estudio está enfocado en la red de acceso radio. No obstante, en los siguientes apartados se hará una mención breve de cada uno de los segmentos de un sistema de telefonía celular.

La red central

Es la infraestructura de conmutación y routing (encaminamiento), también llamada núcleo de red. La red central es el componente de la red que establece la comunicación entre las múltiples secciones de la red de acceso, la cual recoge el tráfico directamente de varias estaciones base de radio .

El núcleo de red incorpora funciones de transporte (de la información de tráfico y señalización, incluida la conmutación) y de inteligencia (aquí se incluye el encaminamiento, además de la lógica y el control de ciertos servicios, y la gestión de la movilidad) .

Los componentes principales de la red central son:

- ✓ Centro de Conmutación Móvil

- ✓ Bases de datos para el control de suscriptores.

Elementos de la red central

MSC

Mobile Switching Center: En español Centro de Conmutación Móvil. El MSC es la parte central de una red de telecomunicaciones móviles. En una red de conmutación de circuitos clásicos, todas las conexiones entre los suscriptores son gestionados por el MSC y siempre se enrutan por una matriz de conmutación, incluso si dos abonados que han establecido una conexión se comunican a través de la misma celda de radio .

El MSC es el elemento más importante de la red central, y es responsable de funciones de conmutación necesarias para la interconexión entre usuarios de la red móvil y usuarios de la red fija .

Las funciones principales del MSC son:

- ✚ Registro de suscriptores móviles: Cuando un dispositivo móvil se conecta, es registrado en la red para poder ser encontrado por otros suscriptores de la red.
- ✚ Establecimiento de llamadas entre dos suscriptores.
- ✚ Reenvío de mensajes SMS.

Los suscriptores pueden moverse libremente en la red, por lo que el MSC es también responsable de la gestión de la movilidad de los usuarios .

Conmutación en la red de datos (SGSN y GGSN)

En las redes de datos, la conmutación de paquetes se hace a través de nodos de soporte de datos, entre los cuales tenemos:

SGSN (Serving GPRS Support Node): El SGSN representa el centro de conmutación GPRS en analogía al MSC. El SGSN es responsable del enrutamiento dentro de la red de radio por paquetes y para la movilidad y la gestión de recursos. Además, proporciona autenticación y cifrado para los suscriptores GPRS . Es responsable de la entrega de paquetes de datos de las estaciones móviles dentro de su área de servicio .

GGSN (Gateway GPRS Support Node): Sirve como interfaz hacia la Red de Datos Públicos (PDN) u otra Red Pública Móvil Terrestre (PLMN). La red de datos

externa será en la mayoría de los casos Internet . Aquí, se cumplen las funciones de conmutación, por ejemplo, la evaluación de las direcciones de protocolo de paquetes de datos y el enrutamiento a los suscriptores móviles a través del SGSN.

Bases de datos para el control de suscriptores.

HLR

El HLR (Home Location Register) es una base de datos de suscriptores. Contiene una entrada por cada suscriptor, que contiene información acerca del estado y servicios disponibles para ese suscriptor. Este registro es permanente durante todo el período de validez de un suscriptor.

VLR

Visitors Location Register: El registro de ubicación de visitantes guarda una entrada por cada suscriptor que está siendo atendido por el MSC en un momento determinado. Cada entrada es una copia del registro HLR, para evitar que el MSC tenga registros inmediatos y haga menos accesos al HLR .

AUC

Authentication Center: El Centro de autenticación mantiene una clave por cada suscriptor, y es la responsable de las políticas de seguridad de la red. Tiene los datos necesarios para proteger la red de falsos suscriptores, y proteger las llamadas de los suscriptores conectados .

La red celular o red de acceso radio

Una red celular es un sistema zonal de antenas transmisoras de baja potencia trabajando de forma coordinada, el cual permite cubrir determinada área geográfica. Al área que cubre cada antena por separado se le llama célula .

Las redes celulares son también conocidas como redes móviles, y están basadas en diferentes formas de acceso múltiple a una interfaz de radio, es decir, a la comunicación entre dispositivos móviles y estaciones base .

La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el núcleo de red.

Estación Base

Una estación base consiste en un sitio, donde se ubica uno o más transmisores, varias piezas de equipo de radio y configuración tales como: células o celdas celulares .

Provee la interfaz entre el MSC y las unidades móviles. Contiene una unidad de control, gabinetes de radio, antenas, una planta de alimentación y terminales de datos. Es un control central para todos los usuarios de la célula. Se compone de: un transceptor de radio, un amplificador de potencia, la unidad de control y la antena .

Celda

Celda (Célula): Es el área de cobertura de una estación base, generalmente representada en forma hexagonal. Cada celda constituye una pieza del área total de servicio que se quiere cubrir.

Geográficamente, una célula es un área de terreno cubierta por señales de radiofrecuencia (RF). La fuente de radiofrecuencia está localizada en el centro de la célula.

Forma de las celdas

Dado que las celdas son irregulares en la práctica, para una mejor planeación se utilizan celdas teóricas (hexágonos).

Basada en la teoría fractal, la característica estadística del límite de cobertura de una celda se determina por los datos celulares inalámbricos de medición recogidos de Shanghai, China. Los resultados medidos indican que el límite de la cobertura celular inalámbrica presenta una forma geométrica muy irregular, que se denomina una **forma estadística fractal** .

Clasificación de las celdas

Por tamaño, las celdas se clasifican en :

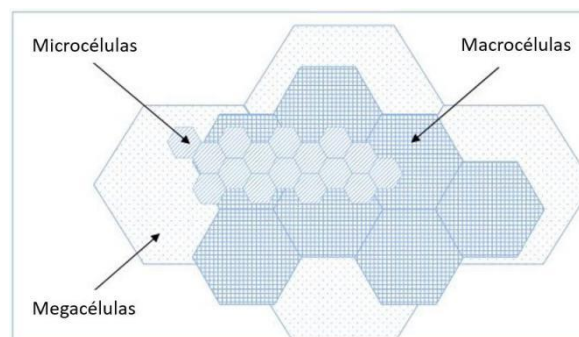
- **Megacélulas:** Las megacélulas son las de más amplia área de cobertura, soportan un radio mayor a los 35 kilómetros. Estas células se han establecido en ambientes de muy poco tráfico o de tráfico ocasional.
- **Macro células:** Se encuentran en el rango de 1 a 35 kilómetros. Su tamaño varía con respecto al tráfico de la región. Se han establecido en

ambientes urbanos poco densos, así como en ambientes rurales con buena cantidad de tráfico. Estas células proveen servicios en ambientes outdoor (exterior) y vehiculares.

- **Microcélulas:** Puede variar a menos de 1 kilómetro. Pueden soportar ambientes urbanos intensos indoor/outdoor (interior/exterior). Está claro que, para poder proveer estos tamaños, es necesario un exhaustivo estudio probabilístico y estadístico, así como una buena planificación del sistema celular, a fin de lograr un buen reúso de frecuencias.
- **Picocélulas:** Están diseñadas para ambientes urbanos intensos y ambientes indoor, llegan a medidas de menos de 50 metros.

Figura 1:

Clasificación De Las Celdas Por Tamaño



Nota: en esta figura se observa la clasificación de las celdas y su tamaño relativo

Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

De acuerdo con la relación que una celda tiene con las demás celdas, las celdas pueden ser:

Celdas co-canal: Son celdas que usan el mismo canal de frecuencias.

Celdas adyacentes: Son celdas que están ubicadas geográficamente de forma contigua, de tal forma que comparten sus bordes.

Sectorización de celdas

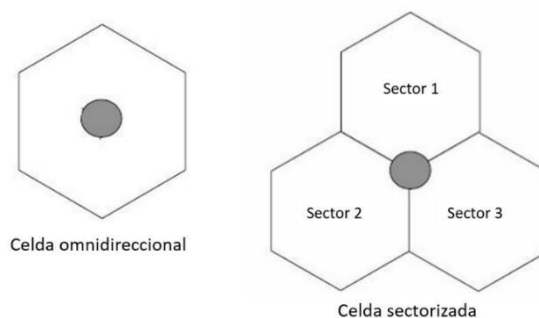
La sectorización de celdas es otra estrategia para mejorar el reúso de frecuencias en ambientes con tráfico muy denso. Consiste en dividir la celda en sectores. Cada sector de la célula es provisto de señales por una antena

direccional, la cual cubre un determinado rango de grados, según la sectorización. La sectorización más usada es la de 120 grados, con tres sectores en cada celda.

Cuando la celda no está sectorizada, se utilizan transmisores (antenas) omnidireccionales al centro de la celda. Por esta razón, suele llamársele celdas omnidireccionales.

Figura 2:

Sectorización De Celdas



Nota: en esta figura se observa dos tipos de clasificaciones de celda según la antenas, para omnidireccionales y sectoriales

Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

Estaciones móviles

Móviles (estaciones móviles): A menudo llamados suscriptores, son estaciones radioeléctricas del servicio móvil previstas para su utilización en movimiento. El término incluye a los equipos portátiles o de mano, que son aquellos que acompañan al usuario. A las estaciones móviles de un sistema suele llamárseles genéricamente terminales. Constan de un transceptor de radio, la unidad lógica y de control, y la antena. La unidad de control incluye: teclado, pantalla, altavoz y micrófono.

En las redes de conmutación de circuitos, las estaciones móviles se identifican a través de una tarjeta SIM (Subscriber Identity Module). También es necesario abordar acerca de la planificación de la red celular y de las etapas de la misma, para poder entender el proceso que se realizara en el transcurso de este trabajo

Arquitectura del sistema 4G – LTE

la arquitectura de los nuevos sistemas está diseñada para cumplir con varios requerimientos de funcionamiento del sistema como:

- Arquitectura simplificada orientada hacia una red IP.
- Óptima administración en la calidad de servicios.
- Interoperabilidad con otras redes 3GPP y redes inalámbricas.
- Incremento en la eficiencia del espectro.
- Mayor rendimiento para transferencias más altas de datos.
- Reducción de la latencia de la red.
- Mejor distribución de recursos y utilización del canal.
- Todos los servicios utilizan conmutación de paquetes.

La arquitectura de una red del sistema LTE es conocida como EPS (Evolved Packet System, Sistema de Paquetes Evolucionado). Básicamente este sistema está compuesto, como se muestra en la Figura 3, por los Equipos de Usuario (UE), la red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC (Evolved Packet Core, Núcleo de Paquetes Evolucionado). Estos últimos representan la capa de conexión IP cuyo objetivo principal es garantizar una alta conectividad.

las mismas ya sean con el usuario o con proveedores de aplicaciones externas.

- Capa de control: Contiene a las entidades de control de intercambio de información que se basan principalmente en el protocolo SIP anteriormente mencionado.
- Capa de transporte: Representa a la red IP que genera el encaminamiento de los paquetes IP dependiendo de la tecnología de acceso a la que se conecta en este caso la tecnología LTE.

Sistema EPC (Evolved Packet Core)

Entidad de Gestión de Movilidad (MME)

La MME (Mobility Management Entity, Entidad de Gestión de Movilidad) es un elemento encargado de realizar las gestiones necesarias para tener acceso a los UE (User Equipment, Equipo de Usuario) mediante la red de acceso E-UTRAN. Cada UE, según su localización, tiene asignada una MME que sirve a un conjunto de eNodeBs dependiendo de la ubicación en la que se encuentren o según la carga que maneja cada uno de ellos.

Puerta de enlace de servicio (S-GW, Serving Gateway)

Sus funciones de control son secundarias debido a que sus recursos son controlados por la entidad MME. Este es el medio que conecta varios eNodeBs de una zona a la MME.

La función sobresaliente de la S-GW es que permite el enlace de una red LTE, en su totalidad, con redes de diferentes tecnologías, especialmente otras versiones 3GPP como UTRAN o GERAN

Además, este elemento es el encargado de enrutar el tráfico de los usuarios ya sea de subida (desde el UE hacia la P-GW) o de bajada (desde la P-GW hacia los eNodeBs). También almacena todos los paquetes IP dirigidos a un usuario mientras este se encuentra fuera de servicio. Así, cuando el UE se reconecta a la red, recibe sus paquetes desde la S-GW.

Puerta de red de paquetes de datos (P-GW, Packet data network Gateway)

Se encarga de transmitir los paquetes IP generados por un UE en una red LTE

hacia una red externa. La PGW agrega también la dirección IP (IPv4 y/o IPv6) mediante DHCP a cada UE que lo ha solicitado.

La P-GW analiza todos los paquetes IP y elimina aquellos que no forman parte del tráfico regular. De la misma manera, puede determinar el costo y la tarifa que debe cancelar el usuario por el servicio de tráfico de datos

Función de políticas y reglas de carga (PCRF)

es una entidad común en las redes 3GPP. Se encarga de la administración de los servicios de portadora utilizados por la P-GW y la S-GW, y del control de carga. Para realizar sus funciones se basa en los parámetros de QoS (Quality of Service, Calidad de Servicio) y tarifación.

Servidor de suscripción local (HSS, Home Subscriber Server)

Esta entidad es una base de datos compuesta por 2 elementos: el HLR (Registro de Localización Local) y el AuC (Centro de Autenticación).

El HLR almacena la información de perfil de todos los usuarios, incluyendo las condiciones de contrato de cada uno de ellos, así como su localización temporal dentro de la red. Esta información es consultada y modificada frecuentemente por las diferentes entidades.

Para determinar la veracidad del usuario se encuentra la entidad AuC la cual mediante los vectores de autenticidad, que incluyen el IMSI (International Mobile Subscriber Identity, Identidad Internacional del Abonado a un Móvil) del UE, confirma la existencia del usuario y genera claves de cifrado para proteger la transmisión de datos.

7.2. PLANIFICACIÓN DE UNA RED CELULAR

La etapa de planificación de red consiste en determinar todos los elementos asociados a una planificación de radio frecuencias según la tecnología que se vaya a utilizar (potencias, número de estaciones base, etc.). La planificación de una red celular es un proceso que se realiza antes del despliegue de la red, y se sigue haciendo durante toda la vida de la red.

El proceso de planificación

El proceso de planificación de una red celular está pensado para maximizar la cobertura de la red, al mismo tiempo que se provee la capacidad deseada, y está comprendido básicamente en tres fases .

- Planificación inicial (Dimensionamiento de la red)
- Planificación detallada
- Optimización

A continuación, se describirá cada uno de estos

Dimensionamiento de la red

Dimensionamiento de la red (Planificación inicial): En la planificación inicial se recopilan todos los datos necesarios a fin de obtener una estimación rápida del número de emplazamientos que se necesitan para el despliegue de la red. Entre ellos podemos mencionar: Las características de la red que se desea desplegar, servicios que se van a proporcionar, así como la calidad que se espera lograr y objetivos de cobertura.

El objetivo de la fase de dimensionamiento de una red móvil es la estimación del número aproximado de emplazamientos necesarios y su configuración.

Planificación detallada

En la planificación detallada, se hacen pruebas con todos los datos reunidos, generalmente utilizando un software de planificación; además, se usa toda la información disponible que lleve a hacer una estimación realista del funcionamiento de la red, entre ella están: Datos sobre emplazamientos existentes (si ya existe una red implementada) y selección de emplazamientos nuevos o identificación de sitios donde potencialmente debería haber un emplazamiento, densidad y distribución de los usuarios, demanda de los servicios en diferentes entornos, especificación de frecuencias y modelos de propagación, predicciones de cobertura y calidad de servicios, entre otros.

La planificación detallada de la red tiene en cuenta la ubicación real de los emplazamientos, las condiciones de propagación y una distribución de los usuarios lo más fidedigna posible (basada en la mayoría de los casos en predicciones de tráfico).

Optimización

La fase de optimización consiste en plantearse una solución que haga el mejor uso de los recursos evaluando la capacidad, cobertura, configuraciones hechas e interferencia. Se hacen correcciones y ajustes de las configuraciones hechas en la planificación detallada; generalmente estas configuraciones se hacen en una parte pequeña de la red. A medida que la red crezca, habrá necesidad de evaluar si se sigue cumpliendo con los objetivos de cobertura y calidad requeridos; lo más probable es que habrá que hacer de nuevo el proceso de optimización de la red. La optimización de la red es un proceso continuo.

Tanto la etapa de planificación detallada como en la etapa de optimización, consiste en la realización de una serie de estudios de la red, a fin de tomar decisiones acertadas. Los estudios se clasifican en predicciones y simulaciones. Terminada la etapa de planificación se pasa a la predicción donde se aborda los elementos básicos necesarios para esta etapa.

Predicciones

Una predicción es una estimación del comportamiento de las ondas de radio, partiendo del análisis de las trayectorias de propagación de las ondas, tomando en consideración la distancia y condiciones del terreno (como el relieve y tipos de obstáculos). Normalmente se usa un software de planificación, y el resultado es un mapa de bits con diferentes colores que representan diferentes comportamientos de la señal.

Las predicciones pueden hacerse con distintos propósitos, y son parte de todo el tiempo de vida de la red. Dentro de las predicciones más importantes tenemos: *estudios de cobertura, estudios de capacidad y estudios de calidad.*

Predicciones de cobertura

Las predicciones de cobertura, también conocidas como estudios de cobertura, son efectivamente predicciones de perfiles de trayectoria múltiple (un estudio del comportamiento de múltiples trayectorias de la señal), con la intensidad de campo recibida o potencia equivalente mostrada en diferentes colores .

Para realizar una predicción de cobertura se necesitan los siguientes datos:

- Ubicación y altura del transmisor.

- Alturas de los diferentes puntos de la zona a evaluar (Normalmente contenidos en un mapa de altimetrías).
- Ganancia de la antena.
- Modelo de propagación.
- Dirección e inclinación de la antena.
- Frecuencia.

Se pueden crear otras predicciones basadas en la cobertura para resaltar diferentes aspectos de la red. Un gráfico de "*re-cobertura*" (solapamiento de la señal) muestra dónde se recibe una señal de trabajo desde más de una estación base. En muchos diseños de red, esto puede ser una mala característica de diseño, ya que potencialmente muestra desperdicio y puede conducir a interferencias. En otras redes, la cobertura redundante puede ser altamente deseable.

Predicciones de tráfico

También conocidas como estudios de capacidad, las predicciones de tráfico pueden basarse en la cobertura de un sitio, o en la mejor señal (mejor servidor) recibida por un terminal móvil.

Las predicciones de cobertura se utilizan para examinar la demanda de tráfico en sistemas de un único sitio y las predicciones de mejor servidor se utilizan para sistemas en los que el móvil elegirá automáticamente la señal más fuerte al seleccionar con qué estación base se comunicará.

Las predicciones de tráfico sirven para ajustar la capacidad del transmisor de acuerdo con la demanda recibida de los usuarios.

Predicciones de interferencia

También conocidas como estudios de calidad. En este procedimiento, el sistema debe ser capaz de modelar las interacciones entre los transmisores de radio y receptores, potencialmente cuando los sistemas son diferentes y sólo pueden afectar a una parte del ancho de banda del receptor.

Las predicciones de interferencia sirven para tomar decisiones en cuanto al método de coordinación de interferencias a utilizar.

Después de terminar el proceso de predicción se debe de pasar a la etapa de simulaciones

Simulaciones

Una simulación es una instantánea de la red en un momento determinado. Las simulaciones de una red de radio están basadas (por ejemplo) en simulaciones Monte Carlo, en donde cierto número de usuarios es ubicado en una zona de cobertura y distribuido de forma homogénea y no homogénea, de acuerdo con la información de tráfico de usuarios disponible, normalmente en mapas de tráfico.

Las simulaciones son necesarias para tener una estimación de la carga de tráfico de la red. Como resultado, se tendrá información acerca del número de usuarios que son atendidos o rechazados.

Después de hablar un poco acerca de los conceptos generales necesarios para poder introducir a este trabajo, ahora abordaremos un poco de historia de la evolución de las redes celulares a lo largo de los años, comenzando por la primera generación de redes celulares hasta llegar a lo que es LTE en lo cual se enfoca el desarrollo de este trabajo.

7.3. ENTES REGULADORES DE LAS TELECOMUNICACIONES.

Un ente regulador es un organismo creado para controlar los monopolios públicos o privatizados a través de leyes y normas que deben cumplirse.

Entes internacionales

UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

ITU, por sus siglas en inglés. Es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación- TIC.

Atribuye el espectro radioeléctrico y las órbitas de satélite a escala mundial, elaboran normas técnicas que garantizan la interconexión continua de las redes y las tecnologías, y se esfuerza por mejorar el acceso a las TIC de las comunidades insuficientemente atendidas de todo el mundo.

La UIT está comprometida para conectar a toda la población mundial – donde quiera que viva y cualesquiera que sean los medios de que disponga. Por medio de su labor, protege y apoya el derecho fundamental de todos a comunicar.

3GPP

Third Generation Partnership Project o Proyectos de Asociación para Tercera Generación, también conocida como sistema IMT-DS (Direct Spread. Expansión Directa) creada en diciembre de 1998.

3GPP es una organización que desarrolla las especificaciones para los sistemas de 3G basados en la interfaz aérea UTRA de ETSI (UMTS), esta organización es responsable también por el futuro de las especificaciones de trabajo de GSM, incluye dentro de sus miembros a ETSI (European Telecommunication Institute, Instituto Europeo de Telecomunicaciones), ARIB (Association of Radio Industries and Businesses - Asociación para Negocios y Radio Industria de Japón), T1 (Standardisation Committee of T1 Communications. Comité de Estandarización de Comunicaciones), TTA (Telecommunication Technology Association - Asociación de Tecnología de Telecomunicaciones), TTC (Telecommunications Technology Committee - Comité de Tecnología de Telecomunicaciones) y CWTS (China Wireless Telecommunications Standard - Estándar de Telecomunicaciones Inalámbricas de China).

ETSI

ETSI, Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (European Telecommunications Standard Institute): produce normas de aplicación mundial para Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), incluyendo telefonía fija, móvil, radio y convergentes, tecnologías de difusión e Internet. Sus estándares permiten las tecnologías en las que se basan los negocios y la sociedad.

Los desarrollos sobre radiocomunicaciones en ETSI incluyen éxitos como DECT, TETRA y GSM, responsabilidad este último durante varios años del comité SMG para finalmente pasar el testigo al proyecto 3GPP del que ETSI es socio.

ETSI está reconocida oficialmente por la Unión Europea como una organización de estándares europeos. Es una organización sin fines de lucro con más de ochocientas organizaciones miembros en todo el mundo, procedentes de sesenta y seis países de los cinco continentes.

IEEE

IEEE, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers): es la organización profesional técnica más grande del mundo esta se dedica a avanzar en la tecnología para el beneficio de la humanidad. IEEE y sus miembros inspiran a una comunidad global a innovar para un futuro mejor a través de sus publicaciones, conferencias, estándares tecnológicos y actividades profesionales y educativas altamente citadas.

IEEE crea un entorno en el que los miembros colaboran en tecnologías que cambian el mundo, desde la informática y los sistemas de energía sostenible hasta la aeroespacial, las comunicaciones, la robótica, la asistencia sanitaria y más.

Entes nacionales

TELCOR

El Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos (TELCOR) es el "Ente Regulador" de los Servicios de Telecomunicaciones y Servicios Postales, una institución estatal, la cual tiene como funciones la normativa, regulación, planificación técnica, supervisión, aplicación y el control del cumplimiento de las leyes y normas que rigen la instalación, interconexión, operación y prestación de los servicios de telecomunicaciones y servicios postales.

Le corresponde a TELCOR la Administración y Regulación del Espectro de Frecuencias Radioeléctricas, así como también el otorgamiento de concesión, licencia, permiso o certificado de registro (de conformidad con la Ley y demás disposiciones legales aplicables) a Empresas interesadas en prestar Servicios de Telecomunicaciones y Servicios Postales o hacer uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

7.4. HERRAMIENTAS A UTILIZAR.

Las herramientas necesarias para la realización de las prácticas se dividen en dos clases: herramientas de información geográfica (GIS) y herramientas de planificación de redes de radio (RNP).

Herramientas GIS

GIS: (Geographic Information System). Un SIG es un sistema basado en computadora que proporciona los siguientes cuatro conjuntos de capacidades para manejar datos georeferenciados:

1. Captura y preparación de datos
2. La gestión de datos, incluido el almacenamiento y mantenimiento
3. Manipulación y análisis de datos
4. Presentación de Datos

Esto implica que un usuario GIS puede esperar el soporte del sistema a la entrada (referencia geográfica) de datos, para analizarlos de varias maneras, y para producir presentaciones (incluyendo mapas y otros tipos) de los datos. Esto incluiría soporte para varios tipos de sistema y transformaciones de coordenadas entre ellos, opciones para el análisis de los datos georreferenciados, y obviamente un gran grado de libertad de elección en la forma en que esta información es presentada (como la combinación de colores, conjunto de símbolos que se utiliza).

El término GIS ha llegado a encapsular sistemas (software) capaces de manejar datos que representan mapas y mostrarlos a un operador. Los primeros sistemas mostraron versiones digitalizadas de mapas en papel, pero los sistemas modernos son capaces de mostrar imágenes de mapas, bases de datos de terreno, mapas de características sociales, como densidad de población, carreteras e incluso los contornos de edificios individuales. Los sistemas avanzados ofrecen la capacidad de realizar muchas funciones basadas en datos geográficos, tales como identificar cuántas personas viven en un área determinada o encontrar la dirección más rápida de un lugar a otro

Algunos ejemplos de herramientas GIS son: Surfer, QGIS, Google Earth, entre otros. Para la realización de las prácticas, se ha elegido el software Global Mapper como herramienta GIS, fundamentalmente por dos razones:

1. Provee la funcionalidad suficiente para acceder a una amplia gama de mapas en línea que son de libre uso.
2. Facilita la conversión de los mapas descargados a formato BIL, que es uno de los formatos que utiliza ATOLL, la herramienta de planificación seleccionada.

Herramientas RNP

El proceso de planificación de redes de radio (Radio Network Planning): en sus diferentes etapas, requiere tomar en cuenta una extensa serie de datos tales como: mapas, ubicación de las antenas, alturas de la zona geográfica, tipos de estructuras presentes en el terreno, capacidad de las antenas, movilidad y densidad de los usuarios, demanda de servicios, información sobre el modelo de propagación, etc. Hacer cálculos realistas tomando en cuenta cada uno de estos datos resulta un proceso complejo y tedioso, por lo que se hace necesaria la utilización de un software de planificación de redes de radio (herramienta de planificación).

Algunos ejemplos de herramientas RNP son: ICS Telecom, AIRCOM, Matlab, OMNET++, Xirio- Online, entre otros.

Para el desarrollo de las prácticas se ha elegido el software ATOLL, desarrollado por la empresa Forsk, como herramienta RNP por las siguientes razones:

1. Existe una amplia documentación sobre el uso de la herramienta, principalmente de tres fuentes: Material proporcionado por la empresa Forsk, libros y monografías que abordan su utilización.
2. Porque es un entorno escalable, que contiene las características necesarias para cubrir todas las tecnologías abordadas en la microprogramación del componente curricular, y en constante desarrollo, de manera que incorpora nuevas tecnologías a medida que estas son lanzadas al mercado.

3. ATOLL ha tenido un fuerte impacto en el mercado alrededor del mundo, y está siendo utilizado por grandes compañías en Latinoamérica.

7.5. HERRAMIENTA GIS GLOBAL MAPPER

Concepto

Global Mapper: Es una robusta y accesible aplicación GIS (Geographic Information System), que combina un amplio conjunto de herramientas de procesamiento de datos espaciales con acceso a una variedad sin igual de formatos de datos. Desarrollado por profesionales de GIS y dedicados a la creación de mapas, es un software versátil que puede ser usado tanto como elemento central de un sistema, así como complemento de otra infraestructura GIS establecida.

Global Mapper fue diseñado por Blue Marble Geographics y dado a sus amplias capacidades es utilizado por empresas de todos los tamaños y formas.

Licencia de Global Mapper

Global Mapper es un software comercial. Los precios de licencia varían según el tipo de usuario; la Tabla 1 muestra los precios para cada tipo de usuario.

Tabla 1: Precios de licencia de Global Mapper

Tipo de usuario	Global Mapper por un año	Actualizaciones
Una máquina	\$499.00	\$499.00
Usuario flotante	\$849.00	\$499.00
Red	\$1600.00	\$1600.00

7.6. HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN ATOLL

Concepto

ATOLL: Es una plataforma de diseño y optimización de redes inalámbricas con multi-tecnología de 64-bit que soporta operadores inalámbricos sobre ciclos de vida de la red, desde su diseño inicial hasta la densificación y optimización. ATOLL ha sido desarrollado por la empresa Forsk, una compañía de software independiente que provee a operadores, productos de diseño y optimización de

redes inalámbricas. Forsk distribuye y soporta ATOLL directamente desde oficinas y centros de soporte técnico en Francia, USA, y China, así como a través de la red mundial de distribuidores y socios.

ATOLL, en su entorno de desarrollo, provee un conjunto de herramientas y una serie de características que permitirán definir, desarrollar y optimizar dichas redes. 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. ATOLL está formado por un módulo principal, al que se le pueden ir añadiendo módulos de las diferentes tecnologías inalámbricas que posee. En cada plantilla se proporciona una estructura de datos adecuada a la tecnología en la que se basa.

Características

Entre las características más importantes de ATOLL, se destacan:

Propiedades avanzadas en el diseño de redes: herramienta de cálculo de propagaciones de altas prestaciones, soporta redes multicapas y jerárquicas, modelado de tráfico, planificación automática de frecuencias y códigos y optimización de red.

Arquitectura abierta y flexible: soporta entornos multiusuarios gracias a una arquitectura de bases de datos innovadora, que permite compartir datos, gestionar la integridad de dichos datos y una sencilla integración con otros sistemas de telecomunicaciones.

Cálculos distribuidos y paralelos: ATOLL permite el reparto de cómputos de tareas entre distintas estaciones de trabajo y soporta cálculos en paralelo en servidores multiprocesador, reduciendo significativamente los tiempos de simulación y predicción, sacando el máximo partido del hardware disponible.

GIS de última generación: ATOLL soporta datos geográficos multi-formato y multi-resolución y la integración con herramientas GIS. Permite cargar complejas bases de datos con información geográfica y mostrarlas de manera interactiva con múltiples capas.

Mediante la utilización de esta herramienta de planificación se podrá disponer de estas bases de datos topográficas de gran resolución y acceder a ellos para obtención de perfiles del terreno y datos que se utilizarán para realizar los cálculos de propagación. Nos permitirá emplear métodos de predicción de la propagación radioeléctrica más elaborados y con cálculos mucho más laboriosos. Además, nos facilitará la planificación al poder comparar distintas posibilidades de configuración de red (variar emplazamientos, potencias, orientaciones, etc.), simplificando el proceso de optimización.

Tecnologías soportadas por ATOLL

Todos los módulos de tecnologías disponibles en ATOLL, están basados en plantillas de bases de datos. Estas plantillas son usadas para crear documentos de ATOLL con la estructura de datos apropiada, requerida para planificar una determinada tecnología. Cada plantilla de base de datos es un archivo *.mdb de Microsoft Access, ubicado en la carpeta templates, en la carpeta de instalación de ATOLL.

Las plantillas de bases de datos disponibles para la versión 3.3, son:

- GSM GPRS EDGE
- UMTS HSPA
- LTE
- 3GPP Multi-RAT
- CDMA2000
- TD-SCDMA
- WiMAX
- Microwave Links

Requerimientos

ATOLL es un software para Windows, a partir de XP, versión de 32 y 64 bits.

La documentación de ATOLL recomienda las siguientes características del ordenador para un usuario.

Tabla 2: Requerimientos Software y Hardware para la instalación de ATOLL

Software/Hardware	Recomendación
Procesador	Dual-Core o superior
RAM	2GB
Espacio en Disco	Por lo menos 10GB
Gráficos	1280 x 1024 True, High Colour, o superior
Sistema Operativo	Windows XP SP3 o superior

Además, para el correcto funcionamiento del programa, se necesita que el usuario tenga instalado:

- ❖ Microsoft Access
- ❖ Microsoft Access Database Engine Redistributable

Licencia de ATOLL

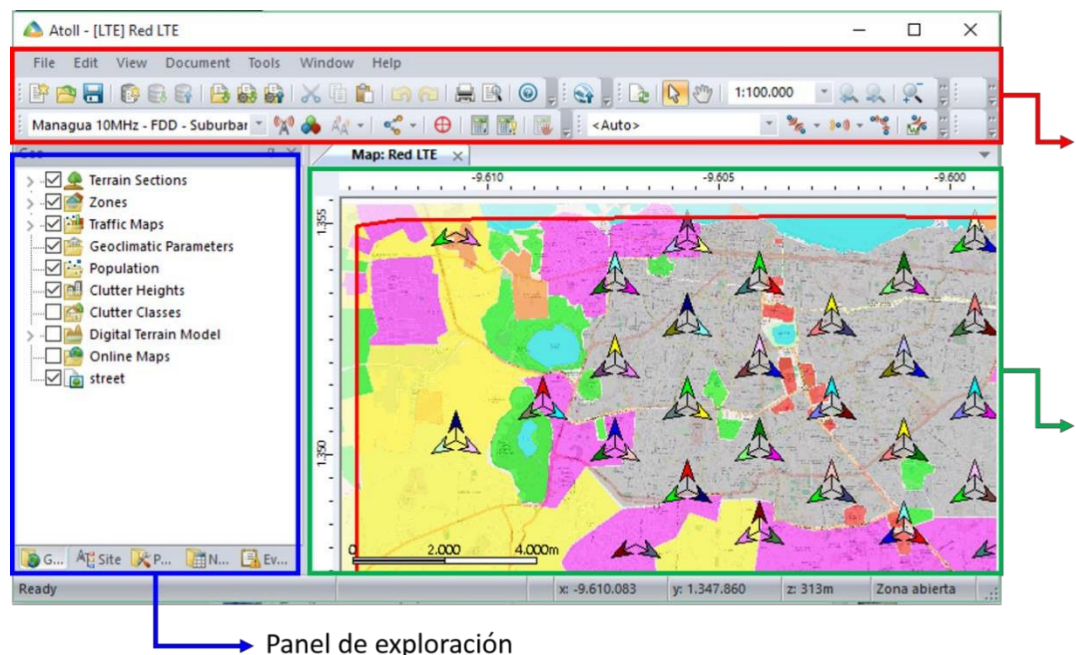
Los costos de licencia de ATOLL varían dependiendo de los módulos que se desea incluir. Por ejemplo, para el núcleo de ATOLL más el módulo LTE, la licencia comercial por un año (precio de catálogo), es de: \$24.750. La empresa Forsk ofrece descuentos especiales para universidades, de manera que, para una universidad, el mismo paquete tendría un costo de \$1.238 por año.

Estructura del programa

La parte visual de ATOLL está estructurada de la forma que se muestra en la Figura 4 .

Figura 4:

Estructura Visual De ATOLL



Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

En los siguientes apartados, se hace mención de cada una de las partes más importantes del programa, cuyo entendimiento es útil para facilitar la realización de las prácticas de laboratorio.

Barras de herramientas de ATOLL

Las barras de herramientas contienen acceso a la funcionalidad más relevante relacionada con los documentos y tablas cargados en el espacio de trabajo. Entre las más utilizadas tenemos la barra de herramientas para gestión de mapas (Map), y la barra de herramientas de planificación de radio (Radio Planning).

Barra de herramientas Map

La barra de herramientas Map, proporciona utilidades para el manejo de mapas en el espacio de trabajo; entre ellas están: acercar, alejar, mover, buscar un punto específico dentro del mapa y elegir un acercamiento específico partiendo de una proporción de medidas (1:100.000, por ejemplo).

Figura 5:

Barra De Herramientas Map En ATOLL



Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

Barra de herramientas Radio Planning

Contiene utilidades necesarias para la planificación de radio, entre ellas se destacan: Station Template, New Transmitter or Station, Hexagonal Design, Point Analysis y Calculate

Figura 6:

Barra De Herramientas Radio Planning En ATOLL



Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

Station Template: Consiste en un selector de la plantilla de estaciones base que se va a utilizar.

New Transmitter or Station: Sirve para agregar nuevos transmisores o estaciones base al espacio de trabajo, de acuerdo con la plantilla seleccionada.

Point Analysis: Una vez hecho el despliegue de la red, nos permite poner un dispositivo en un punto específico del mapa, para hacer estudios de cobertura y calidad de señal en ese punto.

Calculate: Sirve para calcular las predicciones o simulaciones que estén desbloqueadas.

Panel de exploración

El panel de exploración permite el acceso a toda la información del proyecto: mapas, tablas de datos configurados, estudios realizados, parámetros configurables de la plantilla que se está utilizando, entre otros. La información está clasificada según su naturaleza en diferentes pestañas, y en cada pestaña se

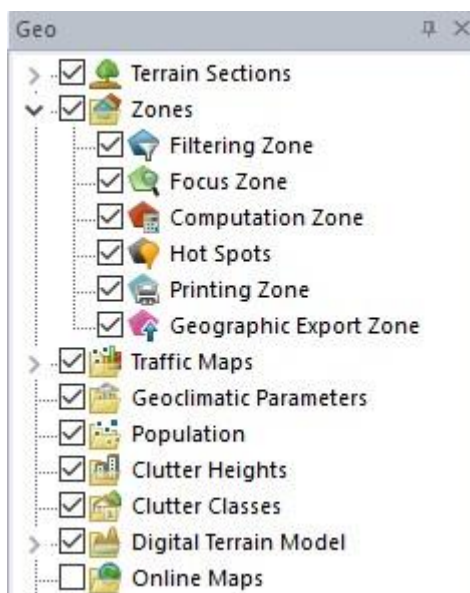
organiza por carpetas, de acuerdo con la plantilla de la tecnología que se esté implementando.

Explorador de información geográfica (Geo Explorer)

Contiene información relacionada con los mapas usados en el proyecto, clasificados según la función que tiene dicho mapa en el proyecto; también contiene información acerca de las zonas de cálculo y zonas de distribución de usuarios, como mapas de tráfico y hotspots. En este panel se puede agregar nuevas carpetas, en caso de que se necesite mapas adicionales para un proyecto determinado.

Figura 7:

Explorador De Información Geográfica (Geo Explorer) En ATOLL



Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

Dentro de los ítems de este panel, es válido destacar:

Computation Zone (Zona de cálculo): En los proyectos de planificación de radio, la zona de cálculo se usa para definir cuáles estaciones básicas será tomadas en consideración, y el área donde ATOLL calcula matrices de pérdidas, predicciones, etc.

Traffic Maps (Mapas de tráfico): Sirven para asociar un área del mapa con un entorno de usuario previamente configurado.

Clutter Classes (Mapa de uso de terreno): El archivo de datos geo Clutter Class describe la cobertura del suelo o de uso de la tierra (por ejemplo: lagos, ríos, bosques, edificios, etc.). Cada píxel de un archivo de Clutter Class contiene un código (de un máximo de 256 clases posibles) que corresponde a un tipo de terreno, o en otras palabras a un cierto tipo de uso de suelo o la cubierta. La altura de cada clase se puede definir como parte de Clutter Class, sin embargo, esta altura es solamente un promedio por clase.

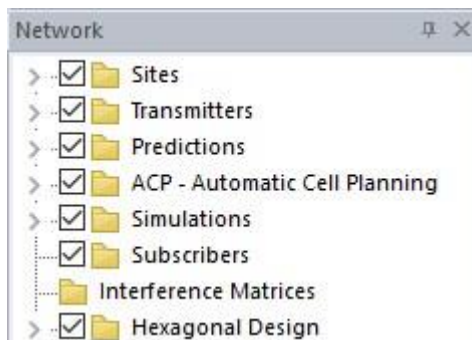
Digital Terrain Model: Se usa para cargar mapas de altimetría. DTM describe la elevación del terreno sobre el nivel del mar. Se puede visualizar el DTM de diferentes maneras: por un solo valor, valores discretos, o por intervalos de valores.

Explorador de red (Network Explorer)

En este panel se encuentran todos los elementos relacionados con el despliegue de red se está simulando. Entre ellos podemos mencionar: emplazamientos, transmisores, predicciones, simulaciones, grupos de celdas hexagonales, entre otros.

Figura 8;

Panel De Exploración De Red En ATOLL



Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

Explorador de parámetros (Parameters Explorer)

En esta sección se encuentran todos los parámetros iniciales del proyecto, a partir de los cuales son configurados los elementos de la red, tales como las frecuencias, las estaciones base, los terminales de usuario, las predicciones, las simulaciones, etc.

Figura 9:

Panel De Exploración De Parámetros En ATOLL



Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

Los parámetros están agrupados según su naturaleza en carpetas, como se muestra en la Figura 10. Dentro de estos grupos es importante mencionar:

Traffic Parameters (Parámetros de tráfico):

Los parámetros de tráfico contienen información relacionada con el tráfico, movilidad, dispositivos, servicios y entornos de usuario.

Figura 10:

Parámetros De Tráfico En ATOLL



Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

Services (Servicios): Contiene una lista de servicios propios de la tecnología que se esté implementando.

Mobility Types (Tipos de movilidad): Contiene datos sobre los tipos de movilidad del usuario. La movilidad es luego utilizada en los entornos de usuario. Móviles usados a altas velocidades y a bajas velocidades no tienen las mismas características de calidad.

Terminals (Terminales o dispositivos finales): Contiene datos sobre los dispositivos finales, los servicios y las frecuencias que soportan.

User Profiles (Perfiles de usuario): Modela el comportamiento de diferentes categorías de usuarios. Cada perfil es definido por una lista de servicios que a su vez está definida por el terminal utilizado, las llamadas por hora, y la duración (para llamadas tipo voz) o el volumen ascendente y descendente (para llamadas tipo datos).

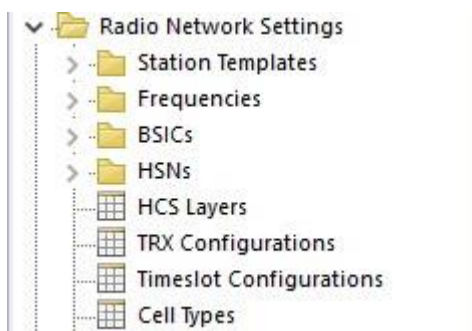
Environments (Entornos): Es un conjunto de perfiles de usuario, cada uno con un tipo de movilidad asociado y una densidad dada (es decir, el número de abonados con el mismo perfil por km²).

Radio Network Settings (Configuraciones de la red de radio):

Los parámetros de red contienen información relacionada con las frecuencias y las estaciones base.

Figura 11:

Configuración De Parámetros De La Red De Radio En ATOLL



Fuente: *Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).*

Station Templates (Plantillas de estaciones base): Contiene una serie de plantillas para las estaciones base, preconfiguradas de acuerdo con la tecnología. En las plantillas se establecen una serie de parámetros de las estaciones base, de forma que al agregar nuevas estaciones todas sean configuradas según la plantilla seleccionada.

HCS Layers: Hierarchical cell structure Layers, en español, Capas de estructura de célula Jerárquica: Desempeñan varios papeles en ATOLL. Las diferentes capas tienen diferentes prioridades y limitaciones de movilidad. Además, se puede administrar el tráfico de desbordamiento al permitir que el tráfico fluya de una capa a otra.

El objetivo es modelar el comportamiento de una red real, donde dos servidores potenciales que no pertenecen a la misma capa por lo general no compiten para ser el mejor servidor.

En el cálculo de una matriz de interferencia, o cuando se realiza una predicción de cobertura de interferencia, las capas de HCS se utilizan para crear mapas de zonas de servicio que se utilizan como la base de estos cálculos.

Propagation Models (Modelos de Propagación):

En esta carpeta se encuentran los distintos modelos de propagación soportados por ATOLL. También puede crear y configurar su propio modelo de propagación.

Visor de eventos (Events Viewer)

El panel visor de eventos contiene cada una de las acciones que se han realizado durante los cálculos de ATOLL (Predicciones, simulaciones, AFP, etc.). Entre ellos se muestran advertencias y errores en caso de que existan.

Figura 12:

Visor De Eventos En ATOLL



Fuente: Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre).

VIII. HIPÓTESIS

Para que se produzca una mejor cobertura de la red móvil en el Departamento de Masaya, es necesario realizar una planificación con tecnología 4G LTE que satisfaga la demanda de los abonados.

IX. PREGUNTAS DIRECTRICES

1. ¿Describiendo la estructura de los componentes y diseñando la topología de la red LTE FDD, se puede utilizar en la planificación de red en el Departamento de Masaya?
2. ¿La herramienta de simulación ATOLL permite la planificación eficaz de la red LTE FDD para el Departamento de Masaya?
3. ¿El estudio de la efectividad de la señal de transmisión simulada con la herramienta ATOLL, facilitara la evaluación para la planificación de la topología de la red LTE FDD en el departamento de Masaya?

X. DISEÑO METODOLÓGICO/ MARCO METODOLÓGICO

A) Tipo de la investigación

Esta investigación es descriptiva con alcance mixto, ya que se analizará la cobertura del abonado de la red móvil TIGO con la tecnología LTE-FDD, en el departamento de Masaya, por medio del software ATOLL 3.3. es de carácter transversal debido que el estudio se realizó en un periodo relativamente corto con características experimentales, con enfoque inductivo y deductivo, enfocado a una respuesta específica que permitió la obtención de información necesaria, tomando en cuenta las características técnicas geográficas y de demanda de población

B) Alcance:

El estudio es descriptivos, porque la muestra es finita, ya que se tomará cuatro puntos para el sondeo de cobertura espectral LTE en: Comarca San Ignacio; la comarca los Cerda de San Juan de la Concepción; Catarina; El cielo de Tisma. Definido por los objetivos de esta investigación, que es definir el nivel de señal en el departamento de Masaya, lo cual se utilizará la aplicación integrada en el celular Redmi Note 8 Pro, V11.0.3.0. QGGEUXM para mediciones radio eléctricas, en los diferentes lugares del departamento

C) Recolección de los datos.

Las herramientas necesarias para la realización de las prácticas se dividen en dos clases: herramientas de información geográfica (GIS) y herramientas de planificación de redes de radio (RNP), con GIS se realizó la Captura y preparación de datos, La gestión de datos, incluido el almacenamiento y mantenimiento, Manipulación, análisis de datos, y Presentación de Datos

A continuación se utilizó los módulos de tecnologías disponibles en el software ATOLL, que permite el análisis de cobertura y la visualización de los niveles de señal en función de las coordenadas de los Cell Site. Para la recolección de los datos se utilizará la aplicación integrada en el celular Redmi Note 8 Pro, V11.0.3.0. QGGEUXM para mediciones radio eléctricas, en los diferentes lugares del departamento, para registrarlos en tablas para su análisis y síntesis de los datos

XI. RESULTADOS

Masaya es el departamento con mayor densidad poblacional del país, esto se debe a su poca superficie territorial con 610,8 kilómetro cuadrado y con una población de 289 988 habitantes, lo que equivale a 474,8 habitante por kilómetro cuadrado, dando pauta para habilitar una red que satisfaga las necesidades de los usuarios de dicho departamento, en este caso la tecnología LTE con la técnica de duplexación FDD, la cual se utiliza para Smartphone, por lo anterior se realizó la planificación de dicha red en el software ATOLL, para lo cual primero se necesita los modelos de terreno digital de la región, pero antes se necesita pasarlo al formato '.grd' a través del software Global Mapper, esta base de datos se importa sobre ATOLL para comenzar la simulación, al cargarlo se configura las zonas más altas en rojo y las más bajas en azul, lo que se observa en la Figura 12, posteriormente se seleccionó la ubicación de las torres de transmisión.

Dentro de este departamento el municipio con mayor densidad poblacional es la cabecera departamental Masaya con 952 habitantes por kilómetro cuadrado lo que implica mayor demanda de abonados, por lo que es necesario mayor número de antenas, mientras que Tisma y municipios de alrededor su densidad poblacional es poca, por lo cual se puede dar cobertura a la región con un número menor de antenas lo que se puede observar en la figura 14.

Los datos necesarios para hacer la topología y los cálculos con el software ATOLL se encuentran en anexos en el apéndice A de la tabla 9 a la tabla 12

En la tabla 7 en anexos, se presentan las coordenadas geográficas de cada torre y el municipio donde se encuentran, de la empresa Movistar en el 2014 en el departamento de Masaya con su respectiva altitud, con las antenas a una altura de 42 metros las cuales soportan microondas ubicando 53 torres distribuidas en el departamento de Masaya.

En la tabla 10 se visualizan los transmisores con la polarización de 65 grados y una banda de frecuencia de 700/800 MHz que es la banda que se está usando en Nicaragua para LTE, también se muestra la altura de cada transmisor los cuales se encuentran entre 18 a 48 metros sobre el nivel del suelo dependiendo la geografía de la zona y también el azimut de cada transmisor.

En la tabla 11 se observan los nombres y números de celdas las cuales están operando en la tecnología LTE en una banda de frecuencia E-UTRA Band 1-10 MHz, ubicando por cada torre tres transmisores, además mostrando el estado de los transmisores como activados.

En la tabla 12 se muestra la densidad poblacional de Masaya para cada municipio, de aquí se observa que hay mayor cantidad de abonados en este municipio de Masaya de esta manera se justifica la cantidad de antenas distribuidas en cada municipio.

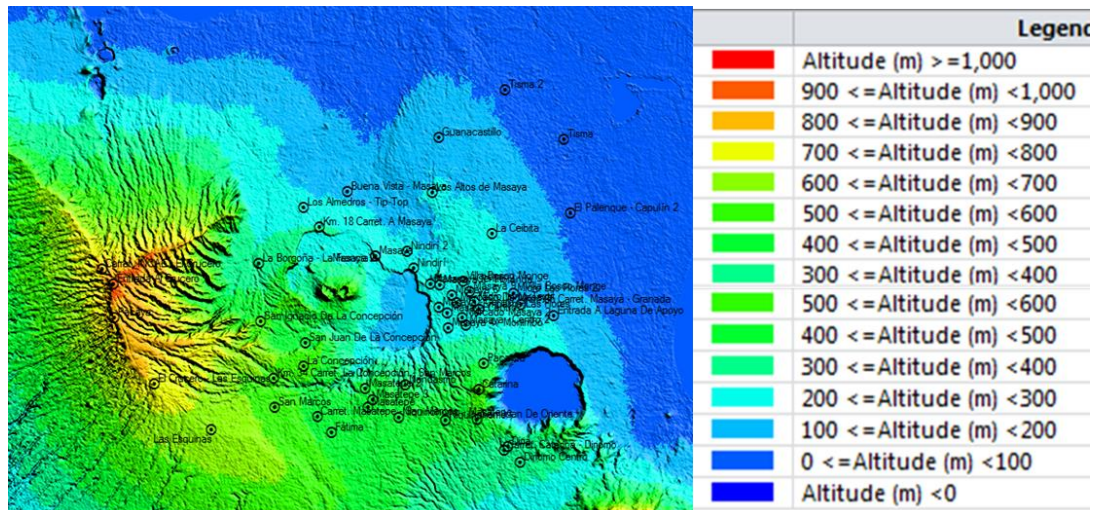
9.1. PLANIFICACIÓN LA TOPOLOGIA DE RED LTE

En la siguiente sección se describe la topología de red LTE FDD y la estructura de los componentes a utilizar en la planificación de la red.

Para poder realizar la simulación de la planificación de la red LTE FDD en el departamento de Masaya, primero se debe de descargar el modelo de terreno digital (DEM) del área de interés y pasarlo a formato '.grd' usando Global Mapper para después importar el modelo digital en ATOLL, en este mapa se representa la elevación de la zona respecto al nivel del mar, los representada cuantitativamente en la tabla 7 siendo Tisma la zona con menor elevación de 49 metros sobre el nivel del mar, además se consideraron varios municipios que se encuentran fuera del departamento de Masaya, por lo que fueron necesarios para poder cubrir el área de interés, tomando como referencia las coordenadas de las sitios donde se ubicaron las torres de telecomunicaciones, proporcionadas por el profesor Rodrigo Campo.

Figura 13:

Modelo De Terreno Digital Con Su Equivalencia De Altitud Del Departamento De Masaya



Fuente: PROPIA

En la Figura 13 se puede observar las diferentes elevaciones del departamento de Masaya en azul las zonas más bajas, mientras que en rojo las zonas más altas, además se observan los sitios donde están las torres de telecomunicaciones en Masaya.

Correlacionando los datos de la tabla 10 con figura 12, la zona con menor densidad poblacional es la zona con menor altitud y aunque es una de las zonas con más superficie es también donde se ubicaron menos torres para poder cubrir la demanda de esa región.

El municipio de Masaya es el que tiene mayor densidad poblacional y por consiguiente mayor demanda de abonados lo que implica que es necesario mayor número de torres de telecomunicaciones, para poder hacer el análisis de la figura 10 es necesario la leyenda de alturas según el color respectivo, la que se muestra en la misma figura, se observa el rango de la altitud en metros, siendo el rango de elevación de la zona de interés entre 0 metros a 1000 metros respectivamente.

Para conocer los nombres donde se ubicó cada sitio por sus coordenadas se utilizó la base de datos de Google Maps, que viene integrada en ATOLL, lo que se observa en la figura 14

Figura 14:

Mapa Del Departamento De Masaya Usando La Base De Datos De Google Maps



Fuente: PROPIA

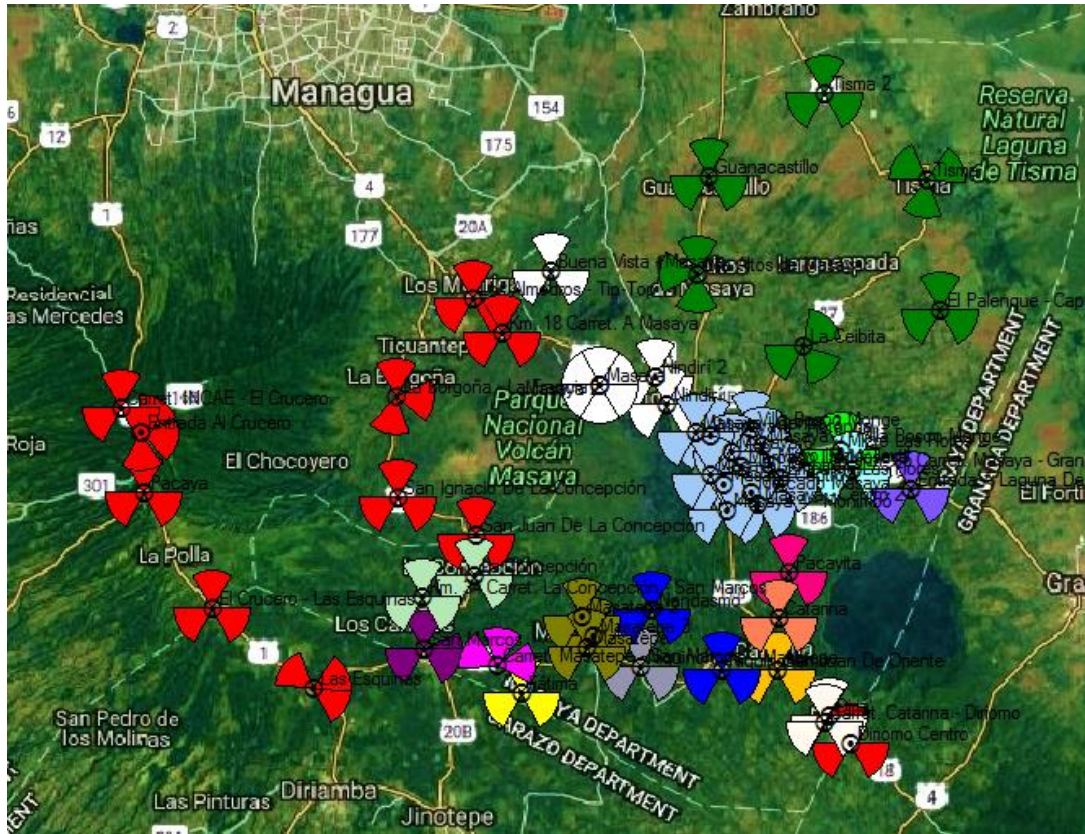
En la figura 14 se observan los lugares que corresponden al departamento de Masaya, las pistas principales y los nombres de los municipios más relevantes, y la frontera interdepartamental.

Usando como base la figura 14 se ubicaron los transmisores con sus respectivas coordenadas, cada transmisor se representa con códigos de colores asociados a cada municipio.

La figura 15 indica la ubicación geográfica de las torres de transmisión.

Figura 15:

Ubicación De Los Transmisores En El Departamento De Masaya, Utilizando Las Coordenadas De La Tabla 9, Realizadas En ATOLL



Fuente: PROPIA

El número de antenas es directamente proporcional a la densidad, analizando la Figura 15 se percibe el caso particular del municipio de Tisma, el que cuenta característicamente con menor densidad poblacional, por lo cual debe tener menor número de antenas según muestra la simulación, mientras que la cabecera departamental tiene mayor concentración de antenas del departamento.

La zona sur-este del departamento en San Ignacio de la Concepción, por ser una zona con territorio muy accidentado no se puede suplir con las antenas que se encuentran dentro de las fronteras del departamento por lo cual se recurrió a antenas que se encuentran en las afueras del departamento.

Hay que destacar que la distribución de las antenas sobre el mapa de Masaya, se encuentra sobre las rutas más transitadas del departamento

respectivamente para poder cubrir zonas pobladas, el color verde de las antenas representa la parte noreste de la ciudad, las antenas en color celeste la cabecera departamental, mientras que las antenas en rojo son las que están fuera de la frontera del departamento, las cuales son necesarias para poder completar la cobertura dentro del departamento Masaya, la leyenda para esta imagen se encuentra en el Apéndice A.

9.2. EJECUCIÓN DE LA SIMULACIÓN DE LA RED LTE, PLANIFICADA EN ATOLL

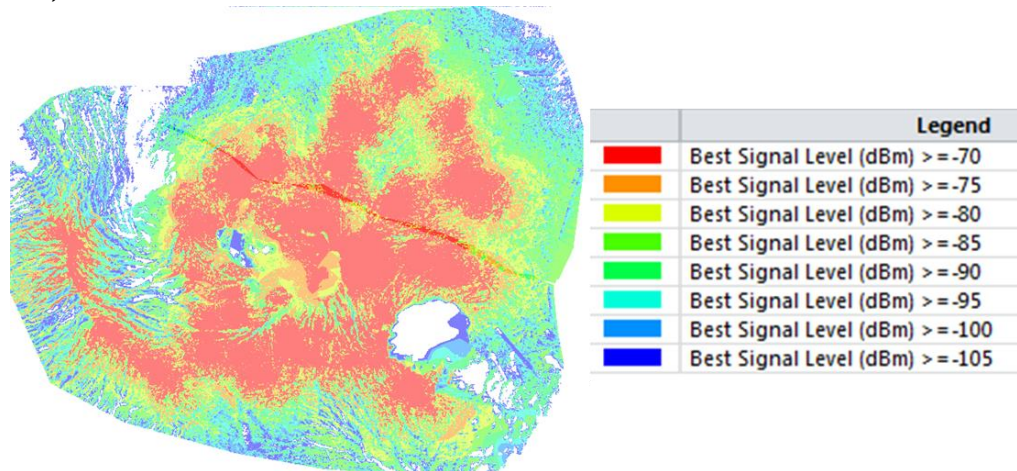
A continuación, se presenta la propuesta de la estructura de la red LTE FDD, con herramienta de software ATOLL, en el departamento de Masaya.

Para realizar esta simulación se utilizó la tecnología de telefonía móvil LTE FDD, con un ancho de banda de 10 MHz, con el Tipo de antena física Modelo: 65 deg 17 dBi 4 Tilt 700/800 MHz, MIMO estructurado con 2 antenas transmisoras y 2 antenas receptoras con un poder de transmisión mínimo de -40 dBm y máximo de 23 dBm respectivamente y el modelo de propagación Okumura-Hata para zonas rurales abiertas, además.

Después de ubicar los transmisores en sus respectivas coordenadas, se procedió a la simulación, comenzando por el análisis de los niveles de la señal para la zona de estudio representados en la siguiente figura.

Figura 16:

Simulación Del Modelo De Propagación Por Niveles De Señal Según Propuesta, Realizadas En ATOLL

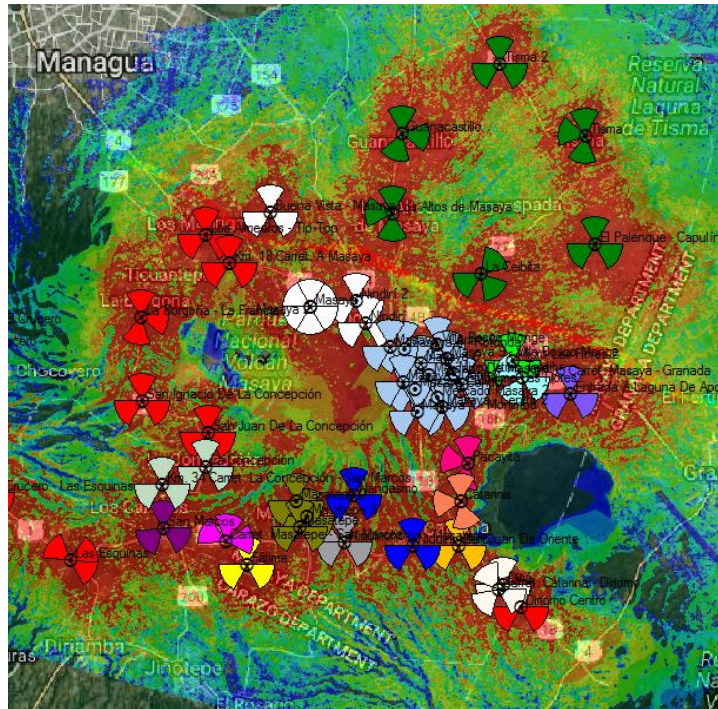


Fuente: PROPIA

En la figura 16 se observa que el mayor nivel de señal se encuentra en la parte central del área en estudio, que corresponde a la cabecera departamental y a los municipios con mayor densidad poblacional, el color rojo representa la mayor intensidad de señal, mientras que en azul se representa la menor intensidad de señal.

Figura 17:

Modelo De Propagación De Cobertura Por Nivel De Señal (DL) Según Propuesta, Realizadas En ATOLL



Fuente: PROPIA

En la figura 17 se observa que algunos sitios se encuentran fuera de las fronteras de departamento de Masaya como se mencionó anteriormente, estos fueron necesarios ubicarlos para garantizar la cobertura de la señal en todo el departamento, pero sobre la Laguna de Apoyo no se logró completar la cobertura debido a que el modelo de propagación de señal Okumura-Hata, no considera la reflexión sobre la superficie de la laguna, no obstante allí no es necesaria dicha cobertura por las características propias del área.

En la simulación se observa que se brinda cobertura a todo el departamento aun en las zonas representadas en verde con un nivel de señal mínimo de -90 dB, aunque en algunas zonas debido a su estructura geográfica no se puede garantizar buena señal o en su defecto no hay cobertura, en dicho lugar la demanda es mínima o nula respectivamente, por la misma condiciones geográficas por lo cual utilizando la topología descrita en la figura 16 se logró

realizar una planificación apropiada para el departamento de Masaya. No obstante, el software ATOLL permite realizar varios tipos de simulaciones, por tanto, ahora realizando un análisis a través de Effective Service Area Analysis (área de análisis de servicio efectivo).

Figura 18:

*Modelo De Propagación De Effective Service Area Analysis (DL+UL)
Según Propuesta, Realizadas En ATOLL*

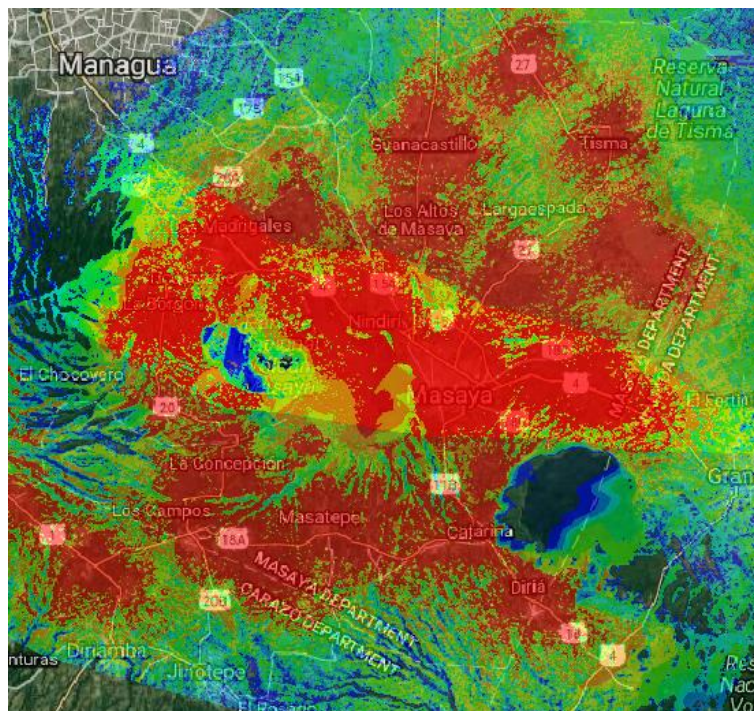


Fuente: PROPIA

En todo el departamento con algunas excepciones debido a la geografía el software ATOLL nos presenta un análisis de efectividad utilizando la topología de red mostrada, además de la cobertura por nivel de señal (DL) también se realizó un análisis de cobertura por transmisores (DL), mostrado en la figura 18, la cual confirma que se logra cubrir la cobertura en el departamento de Masaya.

Figura 19:

Modelo De Propagación De Cobertura Por Transmisores (DL) Según Propuesta, Realizadas En ATOLL



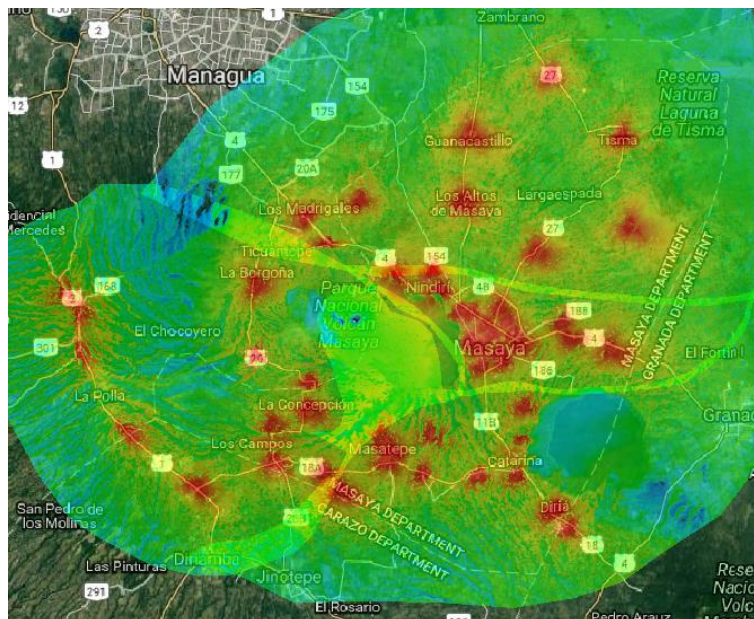
Fuente: PROPIA

Comparando la figura 19 con la figura 17 se observa analogía entre la cobertura por nivel de señal y la cobertura por transmisores, se subdividió el área total del departamento en tres debido a la poca velocidad del procesador que se utilizó para este proyecto, se menciona lo anterior, ya que es notorio el contraste en las figuras, cabe destacar que eso no influye en los cálculos realizados por la simulación.

Además, se realizó la simulación por análisis de efectividad de señal, que se muestra en la figura 20.

Figura 20:

Modelo De Propagación De Effective Signal Analysis (Análisis Efectivo De La Señal) (DL) Según Propuesta, Realizadas En ATOLL



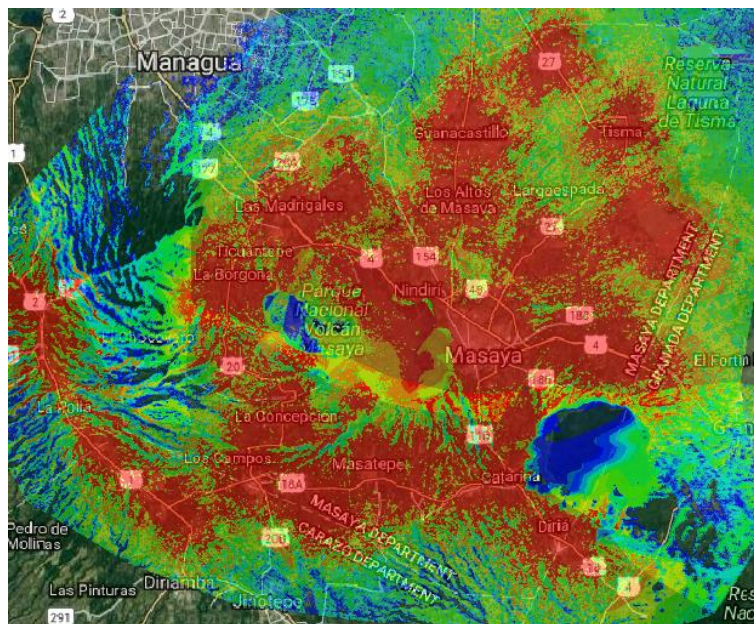
Fuente: PROPIA

En la figura 20 se observa la simulación del Análisis efectivo de la señal, comprobando que la topología utilizada para esta simulación es efectiva para garantizar cobertura en todo el departamento, ya que el análisis indica que en todo el departamento llega la señal en un rango de (-105 hasta -70) dBm.

Para concluir con la simulación se presenta el modelo de propagación Overlapping Zone (Zona de solapamiento), en la figura 21 se utiliza la misma leyenda que en la figura 16, con un rango de nivel de señal desde (-105 hasta -70) dBm.

Figura 21:

Modelo De Propagación De Overlapping Zoner (DL) Según Propuesta, Realizadas En ATOLL



Fuente: PROPIA

En la figura 21 se representa las zonas de solapamiento en el departamento de Masaya y se observa que en todo el departamento la señal tiene niveles altos siendo el mayor valor de -70 dBm.

9.3. RECEPCIÓN DE LA SEÑAL EN EL DEPARTAMENTO DE MASAYA,

Para evaluar la topología de red LTE FDD, planificada para el departamento de Masaya, a través del software ATOLL basado en la efectividad de la señal, se procedió a hacer el análisis de Recepción de la señal, que a continuación se detalla.

Para poder realizar una evaluación efectiva de estas simulaciones es necesario verificar la recepción en la zona de interés, lo cual el software ATOLL trae integrado esta opción, por tanto, para comenzar con este procedimiento se

tomaran cuatro puntos sobre el mapa de Masaya donde se evaluará la recepción de la señal.

En la configuración del programa para la simulación se utilizó terminal MIMO, el tipo de servicio es High Speed Internet y la movilidad es de 50 km/h, los 2 primeros parámetros de simulación corresponden a tecnología LTE FDD, mientras que el tercero a la velocidad media de los vehículos.

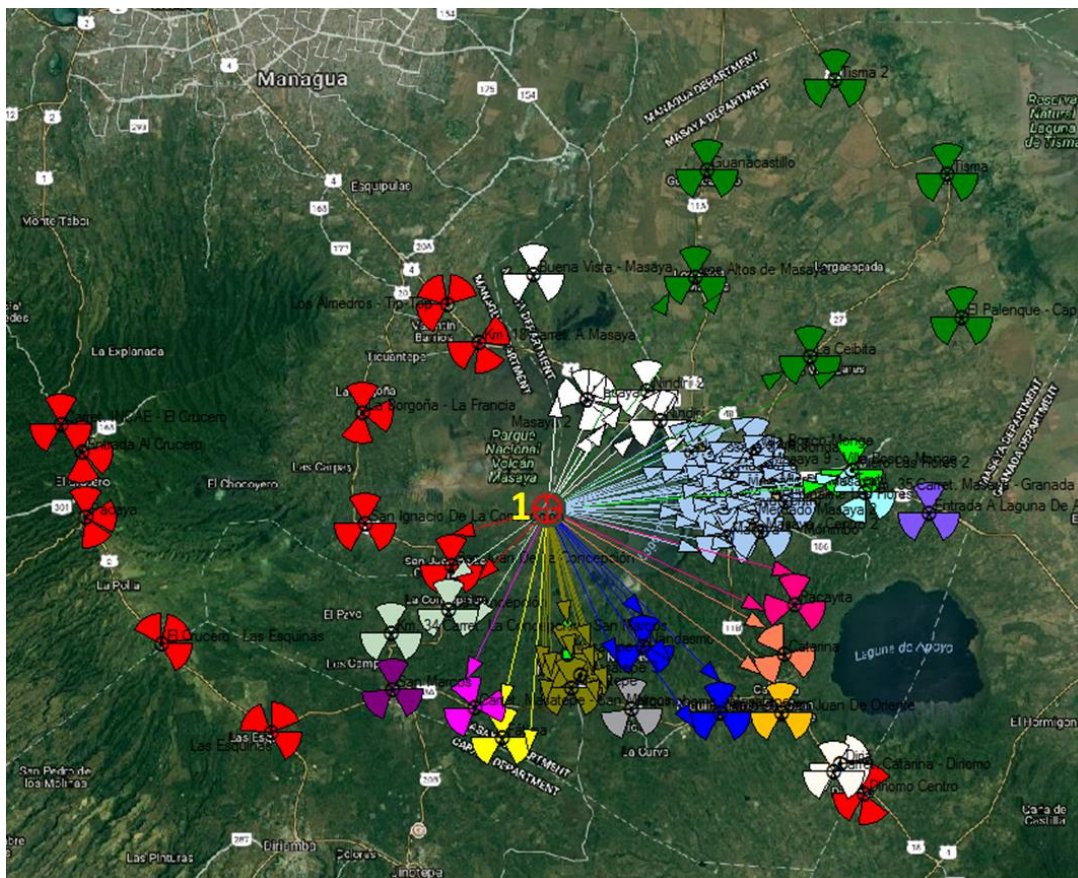
En los cuatros puntos donde se realizó el análisis de cobertura simulado se verificó que la transmisión de datos Downlink y Uplink activas.

Punto 1 de medición

A continuación, se detalla el primer punto de medición donde muestran la recepción de los transmisores según propuesta.

Figura 22:

Punto 1 Seleccionado Para Verificar La Recepción Según Propuesta, Realizadas En ATOLL



Fuente: PROPIA

En la Figura 22 se observan las ubicaciones de todas las antenas transmisoras, en la coordenada señalada con el símbolo de mira se verificará la recepción de la señal de los transmisores que cumplen con las características de distancia, topografía adecuada para proporcionar cobertura hasta la ubicación de interés denominado punto 1 que tiene coordenadas: Latitud: 86° 08' 52".96 W Longitud: 11° 57' 25".63 N.

Tabla 3: Nivel de señal

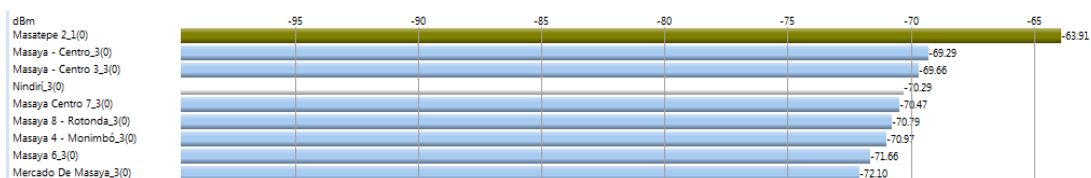
POTENCIA DE LA SEÑAL					
HORA	RED	dBm	asu	TIPO DE RED DE DATOS	KB/S
08:09	CLARO	-94	9	UMTS	1.3
08:09	CLARO	-95	9	UMTS	3
08:09	TIGO	-108	32	4G	0
08:09	TIGO	-110	30	4G	1.1
08:09	TIGO	-111	29	4G	0
08:10	TIGO	-109	31	4G	0
08:10	CLARO	-88	12	UMTS	0.4
08:10	CLARO	-88	12	UMTS	0

En la tabla 3 se muestran los niveles de señal tomados para este punto, utilizando un celular Redmi Note 8 Pro, V11.0.3.0. QGGEUXM, se observa que la empresa Tigo es la que tiene cobertura 4G, pero la empresa Claro es la que tiene mayor nivel de señal.

El software permite conocer los transmisores más cercanos y su nivel de señal lo que se observa en la siguiente figura.

Figura 23:

Recepción Del Nivel De Señal De Los Transmisores En Las Coordenadas Del Punto 1



Fuente: PROPIA

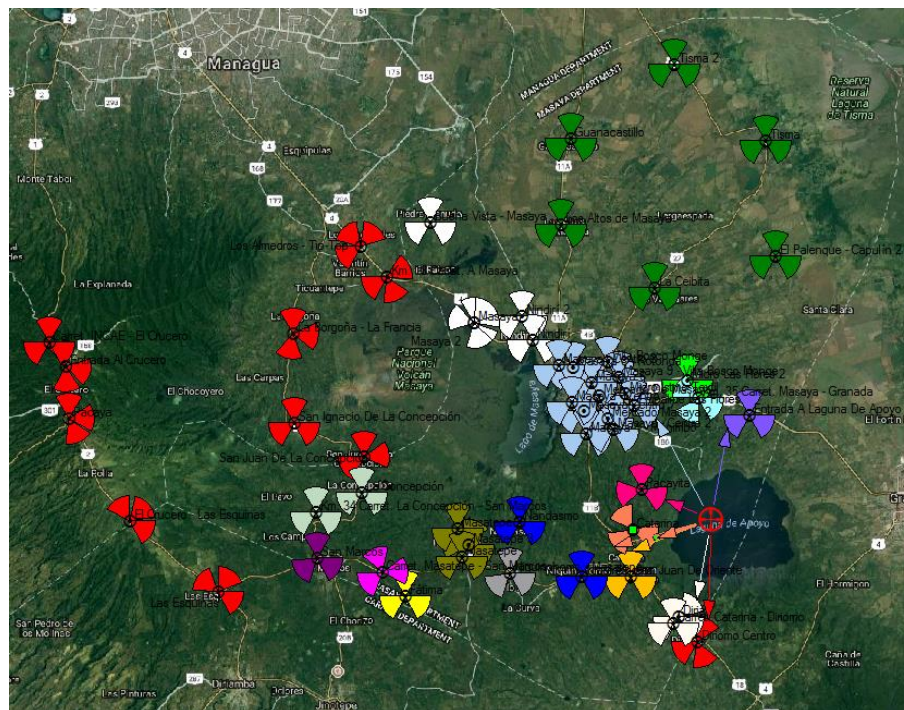
En la figura 23 correspondiente al punto 1 de la figura 21, el transmisor con mayor señal de transmisión es Masatepe 2_1 de la torre de transmisión Masatepe 2 con un nivel de señal de -63.91 dBm, por lo tanto, la cobertura en el sitio es aceptable, debido a la magnitud de potencia de recepción y transmisión la señal.

Punto 2 de medición

A continuación, se detalla el segundo punto de medición donde muestran la recepción de los transmisores según propuesta.

Figura 24:

Punto 2 Seleccionado Para Verificar La Recepción En El Departamento De Masaya



Fuente: PROPIA

En la Figura 24 se observan las ubicaciones de todas las antenas transmisoras, en la coordenada señalada con el símbolo de mira se verificará la recepción de la señal de los transmisores que cumplen con las características de distancia, topografía adecuada para proporcionar cobertura hasta la ubicación de interés denominado punto1 que tiene coordenadas: Latitud: $86^{\circ} 2' 23'' .99$ W y Longitud: $11^{\circ} 55' 32'' .24$ N, el punto fue seleccionado sobre la Laguna de Apoyo, para verificar la recepción sobre todo el departamento.

Tabla 4: Nivel de señal

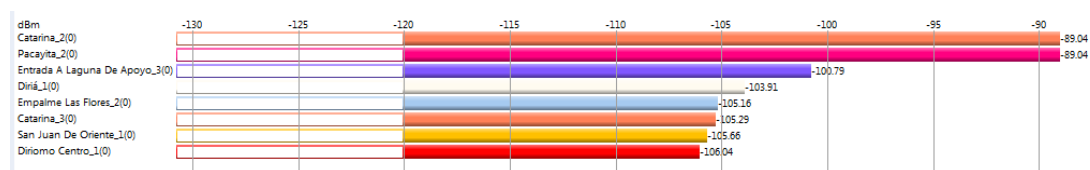
POTENCIA DE LA SEÑAL					
HORA	RED	dBm	asu	TIPO DE RED DE DATOS	KB/S
09:04	TIGO	-104	36	4G	0.3
09:04	TIGO	-102	38	4G	0.3
09:05	TIGO	-106	34	4G	0.4
09:05	CLARO	-108	32	4G	0.2
09:05	CLARO	-110	30	4G	0.2

En la tabla 4 se muestran los niveles de señal tomados para este punto, utilizando un celular Redmi Note 8 Pro, V11.0.3.0. QGGEUXM, se observa que las empresas Tigo y Claro constan con cobertura 4G, pero la empresa Tigo es la que tiene mayor nivel de señal.

Los niveles de señal en estas coordenadas se muestran en la siguiente imagen.

Figura 25:

Recepción Del Nivel De Señal De Los Transmisores En Las Coordenadas Del Punto 2



Fuente: PROPIA

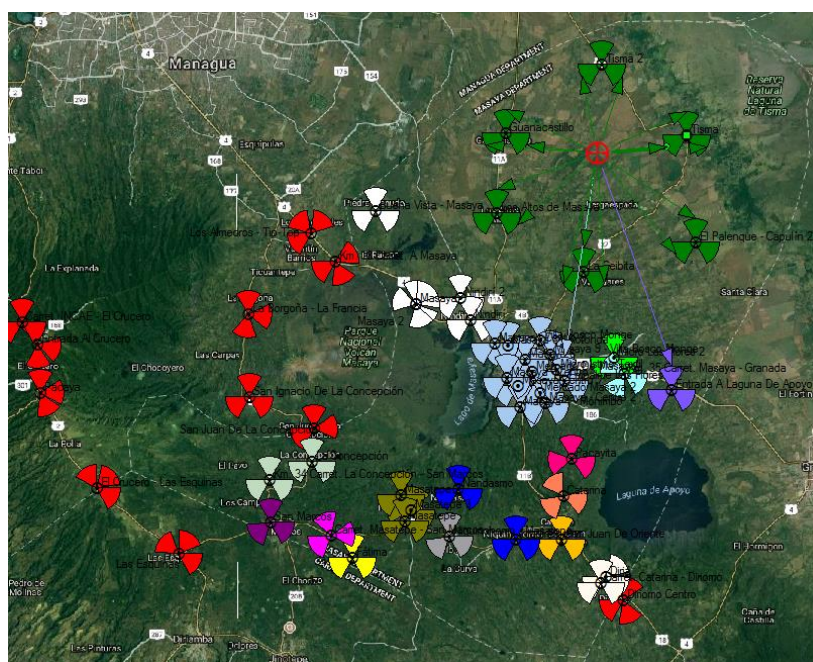
En la figura 25 correspondiente al punto 2, los transmisores con mayor señal de transmisión son Pacayita_2 y Catarina_2 correspondientes a las torres de transmisión Pacayita_2 y Catarina_2 con un nivel de señal de -89.04 dBm, por lo tanto, la cobertura en el sitio es aceptable, debido a la magnitud de potencia de recepción y transmisión la señal.

Punto 3 de medición

A continuación, se detalla el tercer punto de medición donde muestran la recepción de los transmisores según propuesta.

Figura 26:

Punto 3 Seleccionado Para Verificar La Recepción En El Departamento De Masaya



Fuente: PROPIA

En la Figura 26 se observan las ubicaciones de todas las antenas transmisoras, en la coordenada señalada con el símbolo de mira se verificará la recepción de la señal de los transmisores que cumplen con las características de distancia, topografía adecuada para proporcionar cobertura hasta la ubicación de interés denominado punto 3 que tiene coordenadas: Latitud: $86^{\circ} 03' 24''.42$ W y Longitud: $12^{\circ} 4' 26''.56$ N, el seleccionado se ubica en la parte norte del departamento de Masaya, en la parte menos poblada garantizando de esta manera la cobertura en todo el departamento.

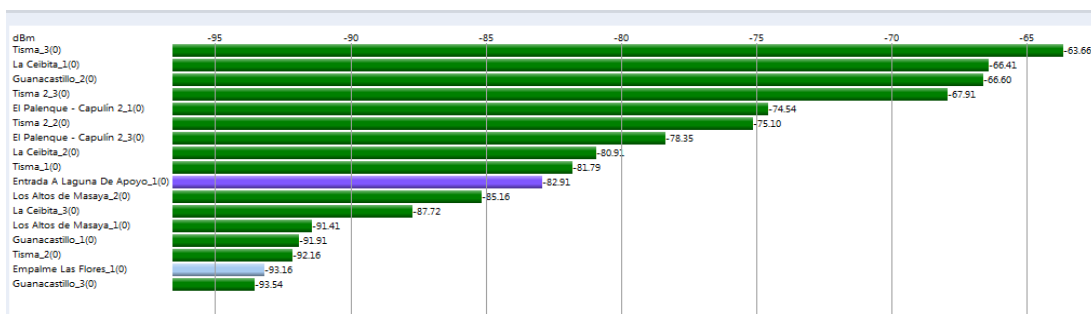
Tabla 5: Nivel de señal

POTENCIA DE LA SEÑAL					
HORA	RED	dBm	asu	TIPO DE RED DE DATOS	KB/S
10:03	CLARO	-107	3	UMTS	4.9
10:03	TIGO	-94	9	UMTS	2.8

En la tabla 5 se muestran los niveles de señal tomados para este punto, utilizando un celular Redmi Note 8 Pro, V11.0.3.0. QGGEUXM, se observa que las empresas Tigo y Claro no constan con cobertura 4G, pero la empresa Tigo es la que tiene mayor nivel de señal.

Figura 27:

Recepción Del Nivel De Señal De Los Transmisores En Las Coordenadas Del Punto 3



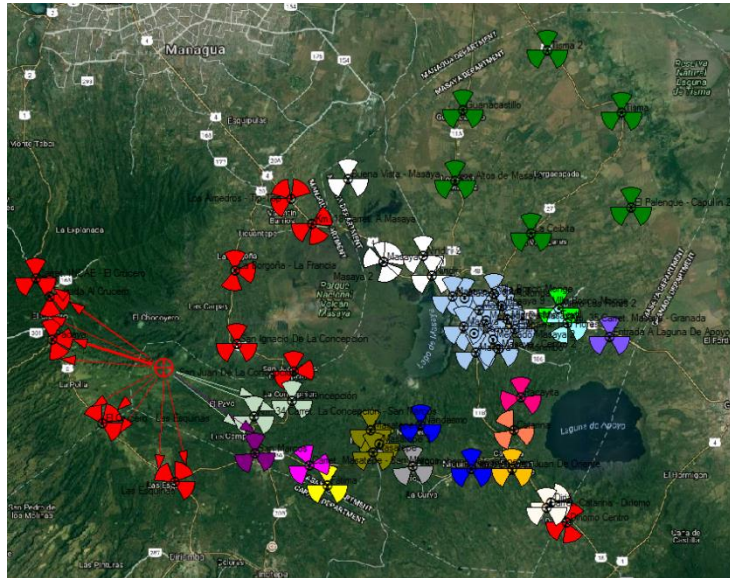
Fuente: PROPIA

En la figura 27 correspondiente al punto 3 de la figura 26, el transmisor con mayor señal de transmisión es Tisma_3 correspondientes a la torre de transmisión Tisma_3 con un nivel de señal de -63.66 dBm, por lo tanto, la cobertura en el sitio es aceptable, debido a la magnitud de potencia de recepción y transmisión la señal.

Punto 4 de medición

A continuación, se detalla el cuarto punto de medición donde muestran la recepción de los transmisores según propuesta.

Figura 28: Punto 4 Seleccionado Para Verificar La Recepción En El Departamento De Masaya



Fuente: PROPIA

En la figura 28 se observan las ubicaciones de todas las antenas transmisoras, en la coordenada señalada con el símbolo de mira se verificara la recepción de la señal de los transmisores que cumplen con las características de distancia, topografía adecuada para proporcionar cobertura hasta la ubicación de interés denominado punto 4 que tiene coordenadas: Latitud: 86°15'7".52 W y Longitud: 11°57'14".13 N, el seleccionado se ubica en la parte norte del departamento de Masaya, en la parte menos poblada garantizando de esta manera la cobertura en todo el departamento.

Tabla 6: Nivel de señal

POTENCIA DE LA SEÑAL					
HORA	RED	dBm	asu	TIPO DE RED DE DATOS	KB/S
07:10	TIGO	-114	26	4G	0
07:10	CLARO	-103	37	4G	0
07:10	CLARO	-100	40	4G	0.4
07:11	TIGO	-113	27	4G	0
07:11	TIGO	-113	27	4G	0

En la tabla 6 se muestran los niveles de señal tomados para este punto, utilizando un celular Redmi Note 8 Pro, V11.0.3.0. QGGEUXM, se observa que las empresas Tigo y Claro constan con cobertura 4G, pero la empresa Claro es la que tiene mayor nivel de señal.

Figura 29: Recepción Del Nivel De Señal De Los Transmisores En Las Coordenadas Del Punto 4



Fuente: PROPIA

En la figura 29 correspondiente al punto 4 de la figura 28, el transmisor con mayor señal de transmisión es Pacaya_2 correspondientes a la torre de transmisión Pacaya_2 con un nivel de señal de -94.40 dBm, por lo tanto, la cobertura en el sitio es aceptable, debido a la magnitud de potencia de recepción y transmisión la señal.

Discusión

Las simulaciones son una herramienta muy útil para la planificación de gestión empresarial y análisis de fenómenos físicos, en este caso la planificación de la red LTE FDD en el departamento de Masaya, cabe aclarar que la simulación es una estimación idealizada pero muy aproximada a la realidad, debido a la variación de distintos factores, por ejemplo, cambios climatológicos, construcción de estructuras verticales o variaciones topográficas.

En todas las simulaciones realizadas en este trabajo se observa cobertura en todo el departamento con un nivel de señal cerca de -70 dBm, a lo largo de las pistas principales del departamento y aproximadamente -90 dBm en las zonas con poca densidad poblacional, también la efectividad de la señal como la efectividad del área de servicio indica que con la distribución de los transmisores se garantiza buena efectividad en el departamento, considerando el volcán Masaya como una zona como fuera del área de interés para llevar servicio de internet utilizando la

tecnología LTE y de igual manera como la Laguna de Apoyo, a través del análisis de la recepción en varios puntos del departamento se corrobora que la cobertura dentro del departamento de Masaya.

Además, comparando el Effective Service Area Analysis (DL+ UL) con la recepción por nivel de señal, se encontró que donde el software no pudo garantizar cobertura del Effective Service Area Analysis (DL + UL) tampoco hay downlink de la señal, permitiendo de esta manera evaluar la topología existente en el departamento

En este trabajo se presenta el modelo de terreno digital donde se observa que más del 50% del terreno del departamento está por debajo de los 300 metros de altitud, siendo la parte sur del departamento la que sobre pasa este nivel, teniendo presente la altitud la densidad poblacional y la distribución de la población en los diferentes municipios en base a su densidad poblacional, se puede entender las coordenadas de ubicación geográficas de las torres de telecomunicación, es notorio que donde hay mayor densidad poblacional corresponde un mayor número de torres de transmisores para de esta manera suplir la demanda en dichos municipios.

Por otro lado, entrando a las simulaciones, se comenzó realizando la cobertura por nivel de señal en la cual se garantiza buen nivel de señal en todo el departamento, para lo cual se orientaron los transmisores para garantizar buen nivel de señal en todo el departamento, para lo cual se orientaron los transmisores para garantizar cobertura en la mayor parte del departamento.

Después de ingresar los datos de la población en el software se realizó la simulación de análisis efectivo del área de servicio, donde se puede observar los lugares con cobertura y los que no se alcanzó con el tipo de tecnología aquí seleccionada, la mayor zona donde no se logró dar cobertura es el Parque Nacional Volcán Masaya y en algunas pocas regiones en el área sur del departamento que se justifica debido a su poca densidad poblacional.

Mientras que la cobertura según el número de transmisiones es muy buena con la excepción sobre la Laguna de Apoyo. También utilizando el modelo de

propagación de análisis de efectividad de la señal se observa que dicho análisis determina buena señal en todo el departamento.

Con base en estas simulaciones se realizó el análisis por recepción de la señal determinando que en la mayor parte del departamento hay buena recepción buen downlink y uplink pero haciendo correlación con la simulación de análisis de efectividad por área de servicio se encuentra que donde el software no presentó análisis de efectividad en esa región y tampoco hay downlink

XII. CONCLUSIONES

Para concluir con este estudio en primer lugar se logró describir la topología de red en el departamento de Masaya, encontrando que con un total de 54 torres se logra cubrir todo el departamento, teniendo presente que para la zona montañosa de San Ignacio se tuvo que hacer uso de torres ubicadas sobre la cordillera del Crucero y observando que en las zonas con mayor densidad poblacional es necesario una mayor cantidad de transmisores, debido al alto tráfico,

Por otra parte, en segundo lugar, la cobertura observada con el software ATOLL es en todo el departamento, variando su potencia entre -105 dBm a -75 dBm, en las zonas próximas a las torres, dándonos cuenta que la media de la potencia de la señal es de -90 dBm, el cual es un valor aceptable para los receptores de los abonados,

En tercer lugar, el análisis de efectividad de la señal, demuestra que todo el departamento está cubierto por la distribución de esta señal, permitiendo así, no exista todos los abonados puedan tener acceso a los servicios disponibles en la tecnología de 4ta generación LTE.

En cuarto lugar se realizó la comprobación de los niveles de señal en el departamento de Masaya tomando como muestra cuatro puntos a lo largo del departamento, comenzando por San Ignacio, después llegando a Los Cerdas, subiendo a Catarina para terminar en Tisma, no se realizaron mediciones en el centro de Masaya, ya que el objetivo de este trabajo es demostrar que no hay

cobertura en los municipios del departamento, mientras que en la zona central está más que claro, que se ha enfocado más esfuerzos en garantizar la mejor recepción de la señal y en la tecnología actual por la alta demanda de abonados, que habitan en la zona.

En quinto lugar, se realizaron mediciones con un celular Redmi Note 8 Pro, V11.0.3.0. QGGEUXM, en estos cuatro puntos, demostrando así, que en la zona de Tisma y los Cerdas aún no ha llegado hasta este momento la tecnología de cuarta generación LTE

XIII. RECOMENDACIONES

Para próximas investigaciones se recomienda aplicar instrumentos de satisfacción del abonado, con el interés de conocer su percepción sobre el servicio brindado por las empresas de telecomunicaciones celulares del país, ya que el cliente es la razón fundamental de la empresa

Se recomienda utilizar un Analizador de señal celular ETM 770-LTE 2G-3G-4G, el cual Mida y registre la intensidad, calidad y otros parámetros de la señal celular 2G / 3G / LTE 4G y que Admite 4G LTE Band 28, 700Mhz y Band 5, 850Mhz, con la finalidad de validar la simulación por medio de la toma directa de datos en los puntos muestreados.

Una vez realizado el muestreo y su análisis, aplicar la planificación para la implementación de la tecnología LTE, en todo el Departamento de Masaya, que contribuirá que los abonados tengan una mejor conectividad y mayor velocidad en la navegación en sus dispositivos móviles

Dado la importancia que tiene este trabajo se recomienda realizar estudios con los siguientes modelos: Modelo de propagación COST-231 Walfisch-Ikegami y Waslfich-Bertoni, se proponen estos modelos para ver cuales tienen mayor fiabilidad comparándolo con el modelo Okumura-Atta

XIV. BIBLIOGRAFÍA

Abdelgalil M. E. & Nabi, A. B., (2014) LTE Performance and Analysis using Atoll Simulation, Khartoum: Al-Neelain University,

Aguinaga Mora, M. E., & Fajardo Valenzuela, E. E. (2016, noviembre). Prácticas de laboratorio para el componente curricular: “Tecnologías de Redes Celulares”, utilizando la herramienta Atoll, para la carrera de Ingeniería en Telemática de la UNAN- León. Agosto 2015 – Noviembre 2016.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/5329/1/231336.pdf>.

Álvarez Pérez, A. (2007). Planificación Radioeléctrica con ATOLL de una red UMTS para la ciudad de Sevilla. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Obtenido de
https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11519/descargar_fichero/PDF%252F3.+Planificaci%C3%B3n+radioel%C3%A9ctrica+con+Atoll.pdf

Carmona Sánchez, A. (2008). Planificación mediante ATOLL de red WIMAX móvil para los centros de la Universidad de Sevilla. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/5329/1/231336.pdf>

Carr, J. J. (2002). RF Components and Circuits. Gran Bretaña, Reino Unido: Joseph J. Carr and Elsevier Science Ltd.

Dahlman, E., Parkvall, S., & Johan, S. (2016). 4G LTE-Advanced Pro and The Road to 5G. London, United Kingdom: Academic Press.

Domínguez González, R. (2009) Métodos para el aumento de la capacidad UMTS en Atoll, Sevilla, España: Universidad de Sevilla,

Fajardo Valenzuela, E. E., & Aguinaga Mora, M. E. (Noviembre de 2016). Prácticas de laboratorio para el componente curricular: “Tecnologías de Redes Celulares”, utilizando la herramienta ATOLL, para la carrera de Ingeniería en Telemática de la UNAN-León. León, Nicaragua-

Fernández López, I. (2013-2014). PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONADO DE UNA RED LTE. Escuela técnica superior de ingeniería de telecomunicaciones de Barcelona. (t. BCN, Ed.) Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya UPC.

Obtenido de

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21660/Proyecto_Final_Carrera_Ignacio_Fernandez.pdf

Figueroa de la Cruz, M. M. (2008). Introducción a los sistemas de telefonía celular. Buenos Aires, Argentina: Hispano Americana S.A. - H.A.S.A.

Forsk. (2014). User Manual Radio versión 3.2.1. Blagnac, France: Forsk.

Ge, X., Qiu, Y., Chen, J., Huang, Meidong, XU, H., . . . Thompson, J. (2016). Wireless Fractal Cellular Networks.

Graham, A. W., Kirkman, N. C., & Paul, P. M. (2007). Mobile Radio Networks Design in VHF and UHF Bands. Southern Gate, Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.

Kumar Das, S. (2010). Mobile Handset Design. Southern Gate, Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.

Lempiäinen, J., & Manninen, M. (2002). Radio Interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS. New York, USA: Kluwer Academic Publishers.

Lempiäinen, J., & Manninen, M. (2004). UMTS Radio Network Planning, Optimization and QoS Management. New York, United States of America: Kluwer Academic Publishers.

López Díaz, E. J. (2012). Análisis de las Estrategias de Gestión del Espectro Radioeléctrico en un Sistema LTE con la herramienta ATOLL. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.

Maritza Cecibel, c. (2012). Análisis de la propuesta de evolución de redes 3G y su convergencia a la tecnología 4G para redes de telefonía móvil. Tesis previa a la obtención del título de. (d. i. quintuña., ed.) cuenca, ecuador: universidad politécnica salesiana. Obtenido de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2072/13/UPS-CT002379.pdf>

Mishra, A. R. (2010). Cellular Technologies for Emerging Markets 2G, 3G, and Beyond. Southern Gate, Chichester, West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons Ltd.

Mpirical Limited. (2013). LTE 4G Network Design and Planning Optimization (Student Guide). England: Mpirical Limited.

OTÁROLA CORREA, D. A., & CAMPOS GONZALES , F. (2015). MODERNIZACIÓN DE LA RED DE ACCESO DE UN. LIMA, PERÚ. Obtenido de <https://1library.co/document/y6evwmnz-modernizacion-red-acceso-operador-movil-caso-lima-metropolitana.html>

Rivas, R. L. (8 de Mayo de 2012). Yota inicia expansión de su señal. El 19 digital. Recuperado el 11 de 12 de 2014

Rodriguez A., C. E. & Arias Olivas, M., (2015) Simulación y Análisis de una Red LTE en Ambientes Urbanos de la Ciudad de Managua, Managua: Universidad Nacional de Ingeniería,

Barrera Salamea, Daniela E. (2015), Simulación y Análisis de Cobertura para tecnología LTE en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca,

Sauter, M. (2011). From GSM to LTE, An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband. South Gate, Chichester, West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons, Ltd.

Sesia, S., Toufik, I., & Baker, M. (Edits.). (2011). LTE-The UMTS Long Term Evolution from theory to practice (2nd ed.). WILEY. Obtenido de <http://www.cs.odu.edu/~rnagella/LTE-simulation/Wiley.LTE.The.UMTS.Long.Term.Evolution.From.Theory.to.Practice.2nd.Edition.0470660252.pdf>

Shaik, R. B. & Chaitanya, K. (2012), Simulations of GSM Mobile Networks Planning Using ATOLL Planning Tool, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT),

Telefónica I+D y AHCJET. (2005). Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la sociedad de la información. División de Relaciones Corporativas y Comunicación de Telefónica I+D.

Trinchera de la Noticia. (11 de 4 de 2014). La primera red celular se instaló en 1994 en Nicaragua. Trinchera de la Noticia. Recuperado el 11 de 12 de 2014, de <http://www.trincheraonline.com/2014/04/11/la-primera-red-celular-se-instalo-en-1994-en-nicaragua/>

Utrilla Salazar, D. (2014). QoS. en redes móviles de cuarta generación. Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao.

Walke, B. H. (2002). Mobile Radio Networks. Southern Gate, Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.

XV. ANEXOS

15.1. APENDICE A

Tablas principales

En la tabla 7 en anexos, se muestra las coordenadas geográficas de cada torre y el municipio donde se encuentran, de la empresa Movistar en el 2014 en el departamento de Masaya con su respectiva altitud, con las antenas a una altura de 42 metros las cuales soportan microondas ubicando 53 torres distribuidas en el departamento de Masaya.

Tabla de emplazamientos (Sites Table)

En esta tabla se encuentra información de cada uno de los emplazamientos, tales como altitud, ubicación, tipo de soporte entre otros.

Tabla 7: Emplazamientos (Sites) en ATOLL¹

Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Support Height (m)	Support Type
Masaya 2	86°8'22,56"X W	12°0'26,64"N	308	42	Microwave Tower
Buena Vista - Masaya	86°9'27,72"W	12°2'56,4"N	178	42	Microwave Tower
Carret. Catarina - Diriomo	86°3'22,32"W	11°52'58,44"N	349	42	Microwave Tower
Carret. INCAE - El Crucero	86°19'4,44"W	11°59'58,56"N	855	42	Microwave Tower
Carret. Masatepe - San Marcos	86°10'40,44" W	11°54'16,56"N	477	42	Microwave Tower
Catarina	86°4'22,08"W	11°55'18,48"N	609	42	Microwave Tower
Diriá	86°3'14,4"W	11°53'7,44"N	360	42	Microwave Tower
Diriomo Centro	86°2'45,96"W	11°52'30,72"N	337	42	Microwave Tower

¹ Las características de cada sitio fueron facilitadas por el profesor Rodrigo Campo, la altitud fue proporcionada por el software ATOLL utilizando el clotter de terreno

Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Support Height (m)	Support Type
El Crucero - Las Esquinas	86°17'3,12"W	11°55'33,6"N	781	42	Microwave Tower
El Palenque - Capulín 2	86°0'45"W	12°2'3,84"N	84	42	Microwave Tower
Empalme Las Flores	86°4'19,92"W	11°58'23,16"N	259	42	Microwave Tower
Entrada A Laguna De Apoyo	86°1'25,68"W	11°58'7,68"N	190	42	Microwave Tower
Entrada Al Crucero	86°18'38,52"W	11°59'24,36"N	930	42	Microwave Tower
Fátima	86°10'7,32"W	11°53'40,2"N	471	42	Microwave Tower
Guanacastillo	86°5'54,6"W	12°5'0,96"N	172	42	Microwave Tower
Km. 18 Carret. A Masaya	86°10'33,96"W	12°1'35,4"N	302	42	Microwave Tower
Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos	86°12'21,96"W	11°55'45,84"N	557	42	Microwave Tower
Km. 35 Carret. Masaya - Granada	86°2'43,44"W	11°58'33,6"N	196	42	Microwave Tower
La Borgoña - La Francia	86°12'55,8"W	12°0'11,88"N	344	42	Microwave Tower
La Ceibita	86°3'48,96"W	12°1'17,4"N	217	42	Microwave Tower
La Concepción	86°11'11,76"W	11°56'14,64"N	529	42	Microwave Tower
Las Esquinas	86°14'49,2"W	11°53'47,4"N	669	42	Microwave Tower
Los Almedros - Tip-Top	86°11'12,12"W	12°2'20,76"N	250	42	Microwave Tower
Los Altos de Masaya	86°6'9,72"W	12°2'52,8"N	210	42	Microwave Tower
Masatepe	86°8'41,64"W	11°54'38,52"N	449	42	Microwave Tower
Masatepe 2	86°8'47,4"W	11°55'20,64"N	423	42	Microwave Tower
Masatepe 3	86°8'30,84"W	11°54'55,44"N	447	42	Microwave Tower
Masaya	86°8'22,4"W	12°0'26,6"N	308	42	Microwave Tower
Masaya - Centro	86°5'53,88"W	11°58'27,48"N	235	42	Microwave Tower
Masaya - Centro 2	86°4'51,24"W	11°57'47,52"N	266	42	Microwave Tower
Masaya - Centro 3	86°6'14,04"W	11°59'23,28"N	230	42	Microwave Tower
Masaya 4 - Monimbó	86°5'32,64"W	11°57'40,32"N	262	42	Microwave Tower
Masaya 6	86°5'25,08"W	11°58'57"N	246	42	Microwave Tower
Masaya 8 - Rotonda	86°5'52,8"W	11°59'19,68"N	238	42	Microwave Tower

Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Support Height (m)	Support Type
					Tower
Masaya 9 - Villa Bosco Monge	86°4'43,68"W	11°59'5,28"N	236	42	Microwave Tower
Masaya Centro 7	86°5'35,88"W	11°58'15,24"N	242	42	Microwave Tower
Mercado De Masaya	86°5'12,84"W	11°58'38,28"N	252	42	Microwave Tower
Mercado Masaya 2	86°4'59,88"W	11°58'3,72"N	260	42	Microwave Tower
Micro Istmo Textil	86°4'32,88"W	11°58'40,08"N	251	42	Microwave Tower
Micro Las Flores 2	86°2'58,92"W	11°58'59,52"N	186	42	Microwave Tower
Nandasmo	86°7'14,16"W	11°55'29,28"N	417	42	Microwave Tower
Nindirí	86°6'53,64"W	12°0'0"N	216	42	Microwave Tower
Nindirí 2	86°7'8,76"W	12°0'36,72"N	210	42	Microwave Tower
Niquinohomo	86°5'40,2"W	11°54'8,28"N	458	42	Microwave Tower
Niquinohomo - Masatepe	86°7'28,92"W	11°54'14,4"N	455	42	Microwave Tower
Pacaya	86°18'35,28"W	11°58'6,24"N	881	42	Microwave Tower
Pacayita	86°4'9,84"W	11°56'18,6"N	409	42	Microwave Tower
San Ignacio De La Concepción	86°12'53,64"W	11°57'58,32"N	526	42	Microwave Tower
San Juan De La Concepción	86°11'8,88"W	11°57'7,56"N	441	42	Microwave Tower
San Juan De Oriente	86°4'26,04"W	11°54'9"N	478	42	Microwave Tower
San Marcos	86°12'19,8"W	11°54'38,16"N	555	42	Microwave Tower
Tisma	86°1'0,48"W	12°4'55,56"N	49	42	Microwave Tower
Tisma 2	86°3'18,36"W	12°6'50,04"N	80	42	Microwave Tower
Villa Bosco Monge	86°4'58,8"W	11°59'27,6"N	245	42	Microwave Tower

Tabla de trasmisores (Transmitters Table)

En la tabla 8 se muestran los transmisores con la polarización de 65 grados y una banda de frecuencia de 700/800 MHz que es la banda que se está usando en Nicaragua para LTE, también se muestra la altura de cada transmisor los cuales se encuentran entre 18 a 48 metros sobre el nivel del suelo dependiendo la geografía de la zona y también el azimut de cada transmisor

La tabla de transmisores contiene propiedades de cada uno de los transmisores desplegados en la red, tales como el tipo de transmisor y el tipo de antena que se está usando.

Tabla 8: transmisores (Transmitters) en ATOLL

Transmitter	Active	Antenna	Height (m)	Azimuth (°)
Masaya 2_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	166
Masaya 2_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	284
Masaya 2_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	37
Buena Vista - Masaya_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Buena Vista - Masaya_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Buena Vista - Masaya_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Carret. Catarina - Diriomo_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Carret. Catarina - Diriomo_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Carret. Catarina - Diriomo_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Carret. INCAE - El Crucero_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Carret. INCAE - El Crucero_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Carret. INCAE - El Crucero_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Carret. Masatepe - San Marcos_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	342
Carret. Masatepe - San Marcos_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	86
Carret. Masatepe - San Marcos_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	234
Catarina_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	327
Catarina_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	107

Transmitter	Active	Antenna	Height (m)	Azimuth (°)
Catarina_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	230
Diriá_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	45
Diriá_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Diriá_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Diriomo Centro_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	25
Diriomo Centro_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	160
Diriomo Centro_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
El Crucero - Las Esquinas_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	46
El Crucero - Las Esquinas_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
El Crucero - Las Esquinas_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	330
El Palenque - Capulín 2_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
El Palenque - Capulín 2_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
El Palenque - Capulín 2_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Empalme Las Flores_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Empalme Las Flores_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Empalme Las Flores_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Entrada A Laguna De Apoyo_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Entrada A Laguna De Apoyo_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Entrada A Laguna De Apoyo_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Entrada Al Crucero_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	350
Entrada Al Crucero_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	105
Entrada Al Crucero_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	177
Fátima_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Fátima_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Fátima_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Guanacastillo_1	True	65deg 17dBi 4Tilt	30	0

Transmitter	Active	Antenna	Height (m)	Azimuth (°)
		700/800MHz		
Guanacastillo_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Guanacastillo_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Km. 18 Carret. A Masaya_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	63
Km. 18 Carret. A Masaya_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	156
Km. 18 Carret. A Masaya_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Km. 35 Carret. Masaya - Granada_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	300
Km. 35 Carret. Masaya - Granada_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Km. 35 Carret. Masaya - Granada_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	209
La Borgoña - La Francia_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
La Borgoña - La Francia_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	97
La Borgoña - La Francia_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	191
La Ceibita_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
La Ceibita_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
La Ceibita_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
La Concepción_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
La Concepción_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
La Concepción_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Las Esquinas_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	35
Las Esquinas_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Las Esquinas_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	307
Los Almedros - Tip-Top_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	317
Los Almedros - Tip-Top_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	41

Transmitter	Active	Antenna	Height (m)	Azimuth (°)
Los Almedros - Tip-Top_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Los Altos de Masaya_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Los Altos de Masaya_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Los Altos de Masaya_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Masatepe_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Masatepe_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Masatepe_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Masatepe 2_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Masatepe 2_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Masatepe 2_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Masatepe 3_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	17
Masatepe 3_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Masatepe 3_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	271
Masaya_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Masaya_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	68
Masaya_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	142
Masaya - Centro_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Masaya - Centro_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Masaya - Centro_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Masaya - Centro 2_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Masaya - Centro 2_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Masaya - Centro 2_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Masaya - Centro 3_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Masaya - Centro 3_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Masaya - Centro 3_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Masaya 4 - Monimbó_1	True	65deg 17dBi 4Tilt	21	0

Transmitter	Active	Antenna	Height (m)	Azimuth (°)
		700/800MHz		
Masaya 4 - Monimbó_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Masaya 4 - Monimbó_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Masaya 6_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Masaya 6_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Masaya 6_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Masaya 8 - Rotonda_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Masaya 8 - Rotonda_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Masaya 8 - Rotonda_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Masaya 9 - Villa Bosco Monge_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Masaya 9 - Villa Bosco Monge_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Masaya 9 - Villa Bosco Monge_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Masaya Centro 7_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Masaya Centro 7_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Masaya Centro 7_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Mercado De Masaya_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Mercado De Masaya_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Mercado De Masaya_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Mercado Masaya 2_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Mercado Masaya 2_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Mercado Masaya 2_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Micro Istmo Textil_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Micro Istmo Textil_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Micro Istmo Textil_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Micro Las Flores 2_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Micro Las Flores 2_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120

Transmitter	Active	Antenna	Height (m)	Azimuth (°)
Micro Las Flores 2_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Nandasmo_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Nandasmo_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
Nandasmo_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	240
Nindirí_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Nindirí_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Nindirí_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Nindirí 2_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Nindirí 2_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Nindirí 2_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Niquinohomo_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Niquinohomo_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Niquinohomo_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Niquinohomo - Masatepe_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Niquinohomo - Masatepe_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Niquinohomo - Masatepe_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	230
Pacaya_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
Pacaya_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	87
Pacaya_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	157
Pacayita_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Pacayita_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	114
Pacayita_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	259
San Ignacio De La Concepción_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
San Ignacio De La Concepción_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
San Ignacio De La Concepción_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
San Juan De La Concepción_1	True	65deg 17dBi 4Tilt	21	0

Transmitter	Active	Antenna	Height (m)	Azimuth (°)
		700/800MHz		
San Juan De La Concepción_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
San Juan De La Concepción_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
San Juan De Oriente_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
San Juan De Oriente_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
San Juan De Oriente_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
San Marcos_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	30	0
San Marcos_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	48	120
San Marcos_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	36	231
Tisma_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Tisma_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Tisma_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Tilma 2_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Tisma 2_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Tisma 2_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
Villa Bosco Monge_1	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	21	0
Villa Bosco Monge_2	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	18	120
Villa Bosco Monge_3	True	65deg 17dBi 4Tilt 700/800MHz	32	240
		Antenna		Azimuth (°)

Tabla de celdas (Cells Table)

En la tabla 9 se muestra los nombres y números de celdas las cuales están operando en la tecnología LTE en una banda de frecuencia E-UTRA Band 1-10 MHz, ubicando por cada torre tres transmisores, además mostrando el estado de los transmisores como activados.

La tabla de celdas tiene información de cada una de las celdas desplegadas en el proyecto, entre las que se destacan: la banda de frecuencias, el tipo de celda, el tamaño, información sobre la gestión de interferencia entre celdas, entre otras.

Tabla 9: Tabla de celdas en ATOLL:

Transmiten	Name	Active	Order	Layer	Cell Type	Frequency Band
Masaya 2_1	Masaya 2_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 2_2	Masaya 2_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 2_3	Masaya 2_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Buena Vista - Masaya_1	Buena Vista - Masaya_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Buena Vista - Masaya_2	Buena Vista - Masaya_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Buena Vista - Masaya_3	Buena Vista - Masaya_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Carret. Catarina - Diriomo_1	Carret. Catarina - Diriomo_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Carret. Catarina - Diriomo_2	Carret. Catarina - Diriomo_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Carret. Catarina - Diriomo_3	Carret. Catarina - Diriomo_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Carret. INCAE - El Crucero_1	Carret. INCAE - El Crucero_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Carret. INCAE - El Crucero_2	Carret. INCAE - El Crucero_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Carret. INCAE - El Crucero_3	Carret. INCAE - El Crucero_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Carret. Masatepe - San Marcos_1	Carret. Masatepe - San Marcos_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Carret. Masatepe - San Marcos_2	Carret. Masatepe - San Marcos_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Carret. Masatepe - San Marcos_3	Carret. Masatepe - San Marcos_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Catarina_1	Catarina_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Catarina_2	Catarina_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Catarina_3	Catarina_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Diriá_1	Diriá_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Diriá_2	Diriá_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Diriá_3	Diriá_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz

Transmitem	Name	Active	Order	Layer	Cell Type	Frequency Band
				Layer		10MHz
Diriomo Centro_1	Diriomo Centro_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Diriomo Centro_2	Diriomo Centro_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Diriomo Centro_3	Diriomo Centro_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
El Crucero - Las Esquinas_1	El Crucero - Las Esquinas_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
El Crucero - Las Esquinas_2	El Crucero - Las Esquinas_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
El Crucero - Las Esquinas_3	El Crucero - Las Esquinas_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
El Palenque - Capulín 2_1	El Palenque - Capulín 2_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
El Palenque - Capulín 2_2	El Palenque - Capulín 2_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
El Palenque - Capulín 2_3	El Palenque - Capulín 2_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Empalme Las Flores_1	Empalme Las Flores_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Empalme Las Flores_2	Empalme Las Flores_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Empalme Las Flores_3	Empalme Las Flores_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Entrada A Laguna De Apoyo_1	Entrada A Laguna De Apoyo_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Entrada A Laguna De Apoyo_2	Entrada A Laguna De Apoyo_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Entrada A Laguna De Apoyo_3	Entrada A Laguna De Apoyo_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Entrada Al Crucero_1	Entrada Al Crucero_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Entrada Al Crucero_2	Entrada Al Crucero_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Entrada Al Crucero_3	Entrada Al Crucero_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Fátima_1	Fátima_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Fátima_2	Fátima_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Fátima_3	Fátima_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Guanacastillo_1	Guanacastillo_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Guanacastillo_2	Guanacastillo_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Guanacastillo_3	Guanacastillo_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Km. 18 Carret. A Masaya_1	Km. 18 Carret. A Masaya_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Km. 18 Carret. A	Km. 18 Carret. A	True	1	Macro	LTE	E-UTRA Band 1 -

Transmitem	Name	Active	Order	Layer	Cell Type	Frequency Band
Masaya_2	Masaya_2(0)			Layer		10MHz
Km. 18 Carret. A Masaya_3	Km. 18 Carret. A Masaya_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_1	Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_2	Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_3	Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Km. 35 Carret. Masaya - Granada_1	Km. 35 Carret. Masaya - Granada_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Km. 35 Carret. Masaya - Granada_2	Km. 35 Carret. Masaya - Granada_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Km. 35 Carret. Masaya - Granada_3	Km. 35 Carret. Masaya - Granada_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
La Borgoña - La Francia_1	La Borgoña - La Francia_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
La Borgoña - La Francia_2	La Borgoña - La Francia_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
La Borgoña - La Francia_3	La Borgoña - La Francia_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
La Ceibita_1	La Ceibita_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
La Ceibita_2	La Ceibita_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
La Ceibita_3	La Ceibita_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
La Concepción_1	La Concepción_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
La Concepción_2	La Concepción_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
La Concepción_3	La Concepción_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Las Esquinas_1	Las Esquinas_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Las Esquinas_2	Las Esquinas_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Las Esquinas_3	Las Esquinas_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Los Almedros - Tip-Top_1	Los Almedros - Tip-Top_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Los Almedros - Tip-Top_2	Los Almedros - Tip-Top_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Los Almedros - Tip-Top_3	Los Almedros - Tip-Top_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Los Altos de	Los Altos de	True	1	Macro	LTE	E-UTRA Band 1 -

Transmitem	Name	Active	Order	Layer	Cell Type	Frequency Band
Masaya_1	Masaya_1(0)			Layer		10MHz
Los Altos de Masaya_2	Los Altos de Masaya_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Los Altos de Masaya_3	Los Altos de Masaya_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masatepe 2_1	Masatepe 2_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masatepe 2_2	Masatepe 2_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masatepe 2_3	Masatepe 2_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masatepe 3_1	Masatepe 3_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masatepe 3_2	Masatepe 3_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masatepe 3_3	Masatepe 3_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masatepe_1	Masatepe_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masatepe_2	Masatepe_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masatepe_3	Masatepe_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya - Centro 2_1	Masaya - Centro 2_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya - Centro 2_2	Masaya - Centro 2_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya - Centro 2_3	Masaya - Centro 2_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya - Centro 3_1	Masaya - Centro 3_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya - Centro 3_2	Masaya - Centro 3_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya - Centro 3_3	Masaya - Centro 3_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya - Centro_1	Masaya - Centro_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya - Centro_2	Masaya - Centro_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya - Centro_3	Masaya - Centro_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 4 - Monimbó_1	Masaya 4 - Monimbó_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 4 - Monimbó_2	Masaya 4 - Monimbó_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 4 - Monimbó_3	Masaya 4 - Monimbó_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 6_1	Masaya 6_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 6_2	Masaya 6_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 6_3	Masaya 6_3(0)	True	1	Macro	LTE	E-UTRA Band 1 -

Transmiten	Name	Active	Order	Layer	Cell Type	Frequency Band
				Layer		10MHz
Masaya 8 - Rotonda_1	Masaya 8 - Rotonda_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 8 - Rotonda_2	Masaya 8 - Rotonda_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 8 - Rotonda_3	Masaya 8 - Rotonda_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 9 - Villa Bosco Monge_1	Masaya 9 - Villa Bosco Monge_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 9 - Villa Bosco Monge_2	Masaya 9 - Villa Bosco Monge_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya 9 - Villa Bosco Monge_3	Masaya 9 - Villa Bosco Monge_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya Centro 7_1	Masaya Centro 7_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya Centro 7_2	Masaya Centro 7_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya Centro 7_3	Masaya Centro 7_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya_1	Masaya_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya_2	Masaya_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Masaya_3	Masaya_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Mercado De Masaya_1	Mercado De Masaya_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Mercado De Masaya_2	Mercado De Masaya_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Mercado De Masaya_3	Mercado De Masaya_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Mercado Masaya 2_1	Mercado Masaya 2_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Mercado Masaya 2_2	Mercado Masaya 2_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Mercado Masaya 2_3	Mercado Masaya 2_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Micro Istmo Textil_1	Micro Istmo Textil_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Micro Istmo Textil_2	Micro Istmo Textil_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Micro Istmo Textil_3	Micro Istmo Textil_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Micro Las Flores 2_1	Micro Las Flores 2_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Micro Las Flores 2_2	Micro Las Flores 2_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Micro Las Flores 2_3	Micro Las Flores 2_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Nandasmo_1	Nandasmo_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Nandasmo_2	Nandasmo_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz

Transmiten	Name	Active	Order	Layer	Cell Type	Frequency Band
				Layer		10MHz
Nandasmo_3	Nandasmo_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Nindirí_2_1	Nindirí_2_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Nindirí_2_2	Nindirí_2_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Nindirí_2_3	Nindirí_2_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Nindirí_1	Nindirí_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Nindirí_2	Nindirí_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Nindirí_3	Nindirí_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Niquinohomo - Masatepe_1	Niquinohomo - Masatepe_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Niquinohomo - Masatepe_2	Niquinohomo - Masatepe_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Niquinohomo - Masatepe_3	Niquinohomo - Masatepe_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Niquinohomo_1	Niquinohomo_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Niquinohomo_2	Niquinohomo_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Niquinohomo_3	Niquinohomo_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Pacaya_1	Pacaya_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Pacaya_2	Pacaya_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Pacaya_3	Pacaya_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Pacayita_1	Pacayita_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Pacayita_2	Pacayita_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Pacayita_3	Pacayita_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Ignacio De La Concepción_1	San Ignacio De La Concepción_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Ignacio De La Concepción_2	San Ignacio De La Concepción_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Ignacio De La Concepción_3	San Ignacio De La Concepción_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Juan De La Concepción_1	San Juan De La Concepción_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Juan De La Concepción_2	San Juan De La Concepción_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Juan De La Concepción_3	San Juan De La Concepción_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Juan De	San Juan De	True	1	Macro	LTE	E-UTRA Band 1 -

Transmiten	Name	Active	Order	Layer	Cell Type	Frequency Band
Oriente_1	Oriente_1(0)			Layer		10MHz
San Juan De Oriente_2	San Juan De Oriente_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Juan De Oriente_3	San Juan De Oriente_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Marcos_1	San Marcos_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Marcos_2	San Marcos_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
San Marcos_3	San Marcos_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Tisma 2_1	Tisma 2_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Tisma 2_2	Tisma 2_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Tisma 2_3	Tisma 2_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Tisma_1	Tisma_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Tisma_2	Tisma_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Tisma_3	Tisma_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Villa Bosco Monge_1	Villa Bosco Monge_1(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Villa Bosco Monge_2	Villa Bosco Monge_2(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz
Villa Bosco Monge_3	Villa Bosco Monge_3(0)	True	1	Macro Layer	LTE	E-UTRA Band 1 - 10MHz

Uso de ATOLL en mapas

Cada uno de los mapas tiene un significado diferente en ATOLL. Según su uso, los mapas se clasifican en:

- Datos geográficos utilizados en cálculos de propagación: Digital Terrain Model, Clutter Classes y Clutter Heights.
- Datos geográficos utilizados en el dimensionado de la red: Traffic Maps.
- Datos geográficos utilizados en estadísticas: Population Maps y Custom Maps.
- Datos geográficos para fines visuales: Scanned Maps, Online Maps, entre otros.

En la tabla 10 se muestra la densidad poblacional de Masaya para cada municipio, observando que la densidad poblacional total del departamento es de 474,8 habitantes por kilómetro cuadrado para una superficie de 610,8 kilómetros cuadrados, mientras que el municipio de mayor densidad poblacional es la cabecera departamental Masaya con 952,0 habitantes por kilómetro cuadrado, de aquí se observa que hay mayor cantidad de abonados en este municipio de Masaya de esta manera se justifica la cantidad de antenas distribuidas en cada municipio.

Tabla 10: Densidad poblacional de Masaya

	Población Total	Superficie km²	Densidad de Población Población/km²
Masaya	289 988	610,8	474,8
Tisma	10 681	126,2	84,7
Nindirí	38 355	142,9	268,4
Niquinohomo	14 847	31,7	468,5
La Concepción	31 950	65,7	486,5
San Juan de Oriente	4 734	9,2	514,6
Masatepe	31 583	59,4	531,7
Nandasmo	10 732	17,6	608,7
Catarina	7 524	11,5	654,8
Masaya	139 582	146,6	952,0

Podemos observar en la tabla 6 los municipios del departamento de Masaya con su población, su superficie territorial y su respectiva densidad poblacional, aquí se puede observar que el municipio con mayor población es la cabecera departamental Masaya, con una población de 139 582 población y una densidad poblacional de 952 pobladores por kilómetro cuadrado, mientras que el municipio San Juan de Oriente tiene una población de 4 734 pobladores pero su densidad



















































poblacional es relativamente alta comparándola con la cabecera departamental, pero eso se debe a su poca superficie la cual es de 9,2 km², por otro lado Tisma tiene mayor población siendo de 10 681 pobladores pero su densidad poblacional es la más pequeña de la región de 84,7 pobladores por kilómetro cuadrado, esto se debe a que su superficie es relativamente grande comparando con los demás municipios de la región, esto nos ayudó a analizar y comprender las razones de porque existe este tipo de distribución de las antenas en el departamento.
























































15.2. APENDICE B

Leyenda de los transmisores según la distribución de las antenas sobre el mapa de Masaya

Figura 1: Leyenda De Los Transmisores Según La Distribución De Las Antenas Sobre El Mapa De Masaya

		Value	Legend
1		Masaya 2_1	Masaya 2_1
2		Masaya 2_2	Masaya 2_2
3		Masaya 2_3	Masaya 2_3
4		Buena Vista - Masaya_1	Buena Vista - Masaya_1
5		Buena Vista - Masaya_2	Buena Vista - Masaya_2
6		Buena Vista - Masaya_3	Buena Vista - Masaya_3
7		Carret. Catarina - Diriomo_1	Carret. Catarina - Diriomo_1
8		Carret. Catarina - Diriomo_2	Carret. Catarina - Diriomo_2
9		Carret. Catarina - Diriomo_3	Carret. Catarina - Diriomo_3
10		Carret. INCAE - El Crucero_1	Carret. INCAE - El Crucero_1
11		Carret. INCAE - El Crucero_2	Carret. INCAE - El Crucero_2
12		Carret. INCAE - El Crucero_3	Carret. INCAE - El Crucero_3
13		Carret. Masatepe - San Marcos_1	Carret. Masatepe - San Marcos_1
14		Carret. Masatepe - San Marcos_2	Carret. Masatepe - San Marcos_2
15		Carret. Masatepe - San Marcos_3	Carret. Masatepe - San Marcos_3
16		Catarina_1	Catarina_1
17		Catarina_2	Catarina_2
18		Catarina_3	Catarina_3
19		Diriá_1	Diriá_1
20		Diriá_2	Diriá_2
21		Diriá_3	Diriá_3
22		Diriomo Centro_1	Diriomo Centro_1
23		Diriomo Centro_2	Diriomo Centro_2
24		Diriomo Centro_3	Diriomo Centro_3
25		El Crucero - Las Esquinas_1	El Crucero - Las Esquinas_1
26		El Crucero - Las Esquinas_2	El Crucero - Las Esquinas_2
27		El Crucero - Las Esquinas_3	El Crucero - Las Esquinas_3
28		El Palenque - Capulín_2_1	El Palenque - Capulín_2_1
29		El Palenque - Capulín_2_2	El Palenque - Capulín_2_2
30		El Palenque - Capulín_2_3	El Palenque - Capulín_2_3
31		Empalme Las Flores_1	Empalme Las Flores_1
32		Empalme Las Flores_2	Empalme Las Flores_2
33		Empalme Las Flores_3	Empalme Las Flores_3
34		Entrada A Laguna De Apoyo_1	Entrada A Laguna De Apoyo_1
35		Entrada A Laguna De Apoyo_2	Entrada A Laguna De Apoyo_2
36		Entrada A Laguna De Apoyo_3	Entrada A Laguna De Apoyo_3
37		Entrada Al Crucero_1	Entrada Al Crucero_1
38		Entrada Al Crucero_2	Entrada Al Crucero_2
39		Entrada Al Crucero_3	Entrada Al Crucero_3
40		Fátima_1	Fátima_1
41		Fátima_2	Fátima_2
42		Fátima_3	Fátima_3
43		Guanacastillo_1	Guanacastillo_1
44		Guanacastillo_2	Guanacastillo_2
45		Guanacastillo_3	Guanacastillo_3
46		Km. 18 Carret. A Masaya_1	Km. 18 Carret. A Masaya_1
47		Km. 18 Carret. A Masaya_2	Km. 18 Carret. A Masaya_2
48		Km. 18 Carret. A Masaya_3	Km. 18 Carret. A Masaya_3
49		Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_1	Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_1
50		Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_2	Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_2
51		Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_3	Km. 34 Carret. La Concepción - San Marcos_3

52		Km. 35 Carret. Masaya - Granada_1	Km. 35 Carret. Masaya - Granada_1
53		Km. 35 Carret. Masaya - Granada_2	Km. 35 Carret. Masaya - Granada_2
54		Km. 35 Carret. Masaya - Granada_3	Km. 35 Carret. Masaya - Granada_3
55		La Borgoña - La Francia_1	La Borgoña - La Francia_1
56		La Borgoña - La Francia_2	La Borgoña - La Francia_2
57		La Borgoña - La Francia_3	La Borgoña - La Francia_3
58		La Ceibita_1	La Ceibita_1
59		La Ceibita_2	La Ceibita_2
60		La Ceibita_3	La Ceibita_3
61		La Concepción_1	La Concepción_1
62		La Concepción_2	La Concepción_2
63		La Concepción_3	La Concepción_3
64		Las Esquinas_1	Las Esquinas_1
65		Las Esquinas_2	Las Esquinas_2
66		Las Esquinas_3	Las Esquinas_3
67		Los Almedros - Tip-Top_1	Los Almedros - Tip-Top_1
68		Los Almedros - Tip-Top_2	Los Almedros - Tip-Top_2
69		Los Almedros - Tip-Top_3	Los Almedros - Tip-Top_3
70		Los Altos de Masaya_1	Los Altos de Masaya_1
71		Los Altos de Masaya_2	Los Altos de Masaya_2
72		Los Altos de Masaya_3	Los Altos de Masaya_3
73		Masatepe_1	Masatepe_1
74		Masatepe_2	Masatepe_2
75		Masatepe_3	Masatepe_3
76		Masatepe 2_1	Masatepe 2_1
77		Masatepe 2_2	Masatepe 2_2
78		Masatepe 2_3	Masatepe 2_3
79		Masatepe 3_1	Masatepe 3_1
80		Masatepe 3_2	Masatepe 3_2
81		Masatepe 3_3	Masatepe 3_3
82		Masaya_1	Masaya_1
83		Masaya_2	Masaya_2
84		Masaya_3	Masaya_3
85		Masaya - Centro_1	Masaya - Centro_1
86		Masaya - Centro_2	Masaya - Centro_2
87		Masaya - Centro_3	Masaya - Centro_3
88		Masaya - Centro 2_1	Masaya - Centro 2_1
89		Masaya - Centro 2_2	Masaya - Centro 2_2
90		Masaya - Centro 2_3	Masaya - Centro 2_3
91		Masaya - Centro 3_1	Masaya - Centro 3_1
92		Masaya - Centro 3_2	Masaya - Centro 3_2
93		Masaya - Centro 3_3	Masaya - Centro 3_3
94		Masaya 4 - Monimbó_1	Masaya 4 - Monimbó_1
95		Masaya 4 - Monimbó_2	Masaya 4 - Monimbó_2
96		Masaya 4 - Monimbó_3	Masaya 4 - Monimbó_3
97		Masaya 6_1	Masaya 6_1
98		Masaya 6_2	Masaya 6_2
99		Masaya 6_3	Masaya 6_3
100		Masaya 8 - Rotonda_1	Masaya 8 - Rotonda_1
101		Masaya 8 - Rotonda 2	Masaya 8 - Rotonda 2

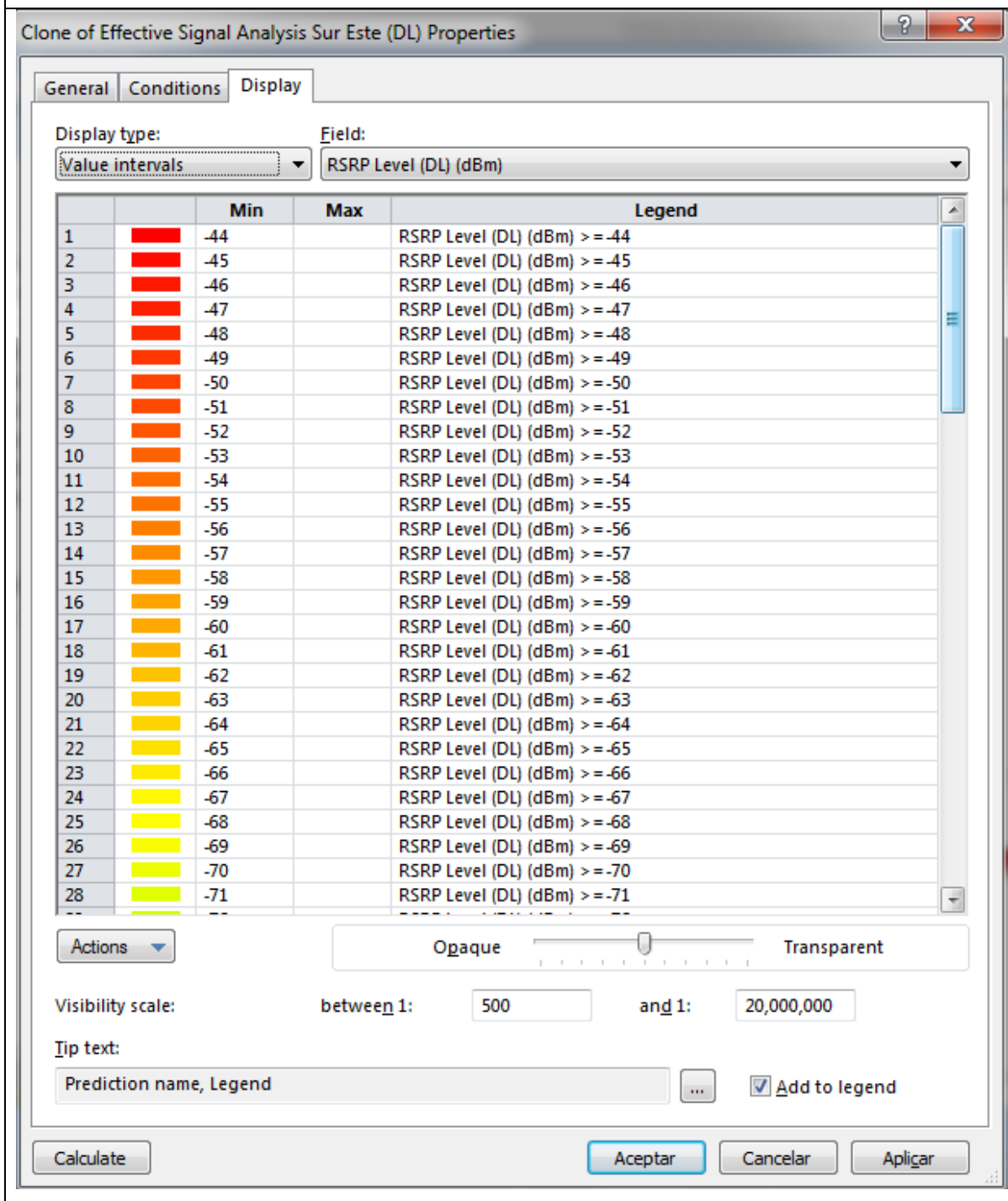
102		Masaya 8 - Rotonda_3	Masaya 8 - Rotonda_3
103		Masaya 9 - Villa Bosco Monge_1	Masaya 9 - Villa Bosco Monge_1
104		Masaya 9 - Villa Bosco Monge_2	Masaya 9 - Villa Bosco Monge_2
105		Masaya 9 - Villa Bosco Monge_3	Masaya 9 - Villa Bosco Monge_3
106		Masaya Centro 7_1	Masaya Centro 7_1
107		Masaya Centro 7_2	Masaya Centro 7_2
108		Masaya Centro 7_3	Masaya Centro 7_3
109		Mercado De Masaya_1	Mercado De Masaya_1
110		Mercado De Masaya_2	Mercado De Masaya_2
111		Mercado De Masaya_3	Mercado De Masaya_3
112		Mercado Masaya 2_1	Mercado Masaya 2_1
113		Mercado Masaya 2_2	Mercado Masaya 2_2
114		Mercado Masaya 2_3	Mercado Masaya 2_3
115		Micro Istmo Textil_1	Micro Istmo Textil_1
116		Micro Istmo Textil_2	Micro Istmo Textil_2
117		Micro Istmo Textil_3	Micro Istmo Textil_3
118		Micro Las Flores 2_1	Micro Las Flores 2_1
119		Micro Las Flores 2_2	Micro Las Flores 2_2
120		Micro Las Flores 2_3	Micro Las Flores 2_3
121		Nandasmo_1	Nandasmo_1
122		Nandasmo_2	Nandasmo_2
123		Nandasmo_3	Nandasmo_3
124		Nindirí_1	Nindirí_1
125		Nindirí_2	Nindirí_2
126		Nindirí_3	Nindirí_3
127		Nindirí 2_1	Nindirí 2_1
128		Nindirí 2_2	Nindirí 2_2
129		Nindirí 2_3	Nindirí 2_3
130		Niquinohomo_1	Niquinohomo_1
131		Niquinohomo_2	Niquinohomo_2
132		Niquinohomo_3	Niquinohomo_3
133		Niquinohomo - Masatepe_1	Niquinohomo - Masatepe_1
134		Niquinohomo - Masatepe_2	Niquinohomo - Masatepe_2
135		Niquinohomo - Masatepe_3	Niquinohomo - Masatepe_3
136		Pacaya_1	Pacaya_1
137		Pacaya_2	Pacaya_2
138		Pacaya_3	Pacaya_3
139		Pacayita_1	Pacayita_1
140		Pacayita_2	Pacayita_2
141		Pacayita_3	Pacayita_3
142		San Ignacio De La Concepción_1	San Ignacio De La Concepción_1
143		San Ignacio De La Concepción_2	San Ignacio De La Concepción_2
144		San Ignacio De La Concepción_3	San Ignacio De La Concepción_3
145		San Juan De La Concepción_1	San Juan De La Concepción_1
146		San Juan De La Concepción_2	San Juan De La Concepción_2
147		San Juan De La Concepción_3	San Juan De La Concepción_3
148		San Juan De Oriente_1	San Juan De Oriente_1
149		San Juan De Oriente_2	San Juan De Oriente_2
150		San Juan De Oriente_3	San Juan De Oriente_3
151		San Marcos 1	San Marcos 1
152		San Marcos_2	San Marcos_2
153		San Marcos_3	San Marcos_3
154		Tisma_1	Tisma_1
155		Tisma_2	Tisma_2
156		Tisma_3	Tisma_3
157		Tisma 2_1	Tisma 2_1
158		Tisma 2_2	Tisma 2_2
159		Tisma 2_3	Tisma 2_3
160		Villa Bosco Monge_1	Villa Bosco Monge_1
161		Villa Bosco Monge_2	Villa Bosco Monge_2
162		Villa Bosco Monge_3	Villa Bosco Monge_3

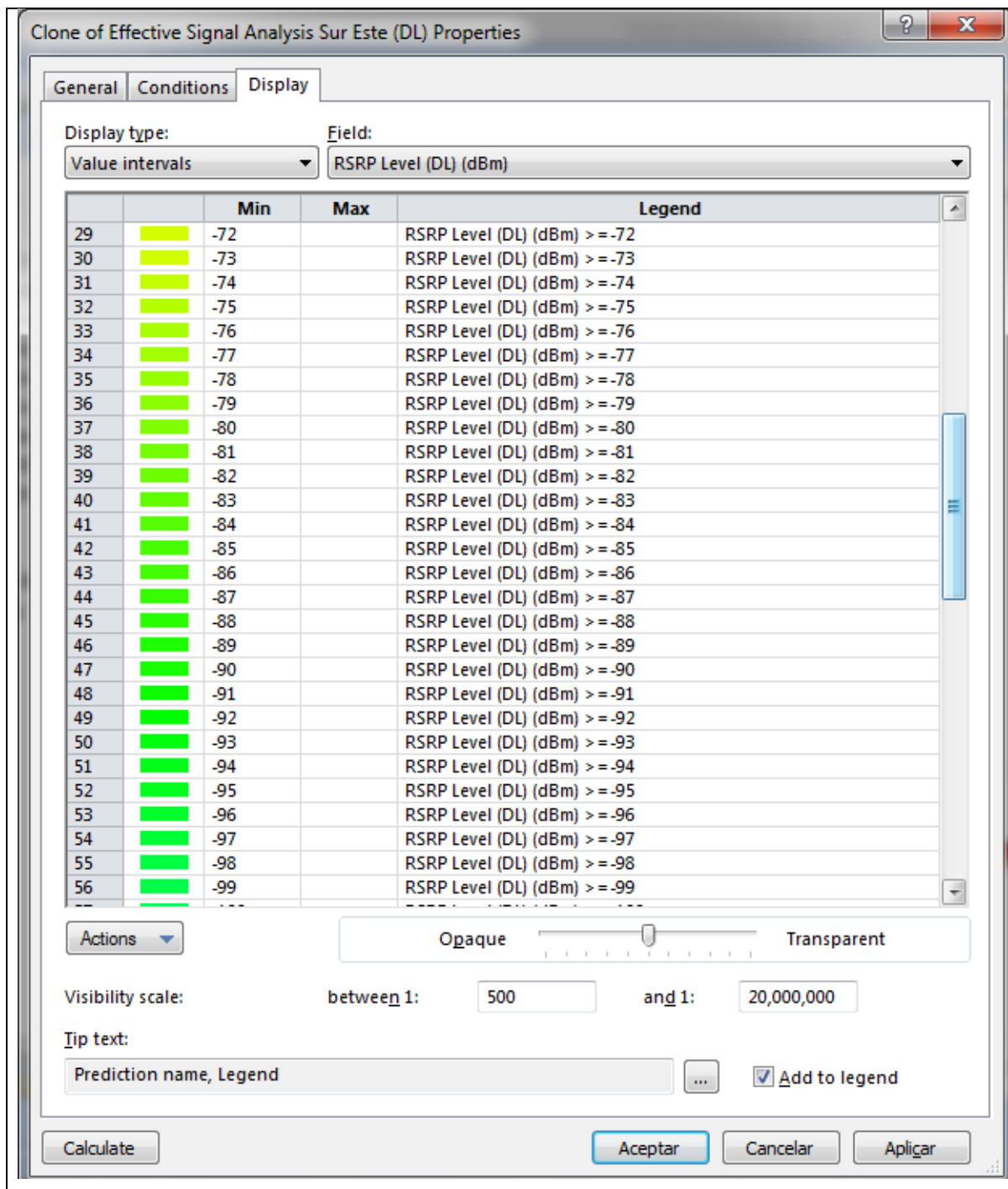
Fuente: PROPIA

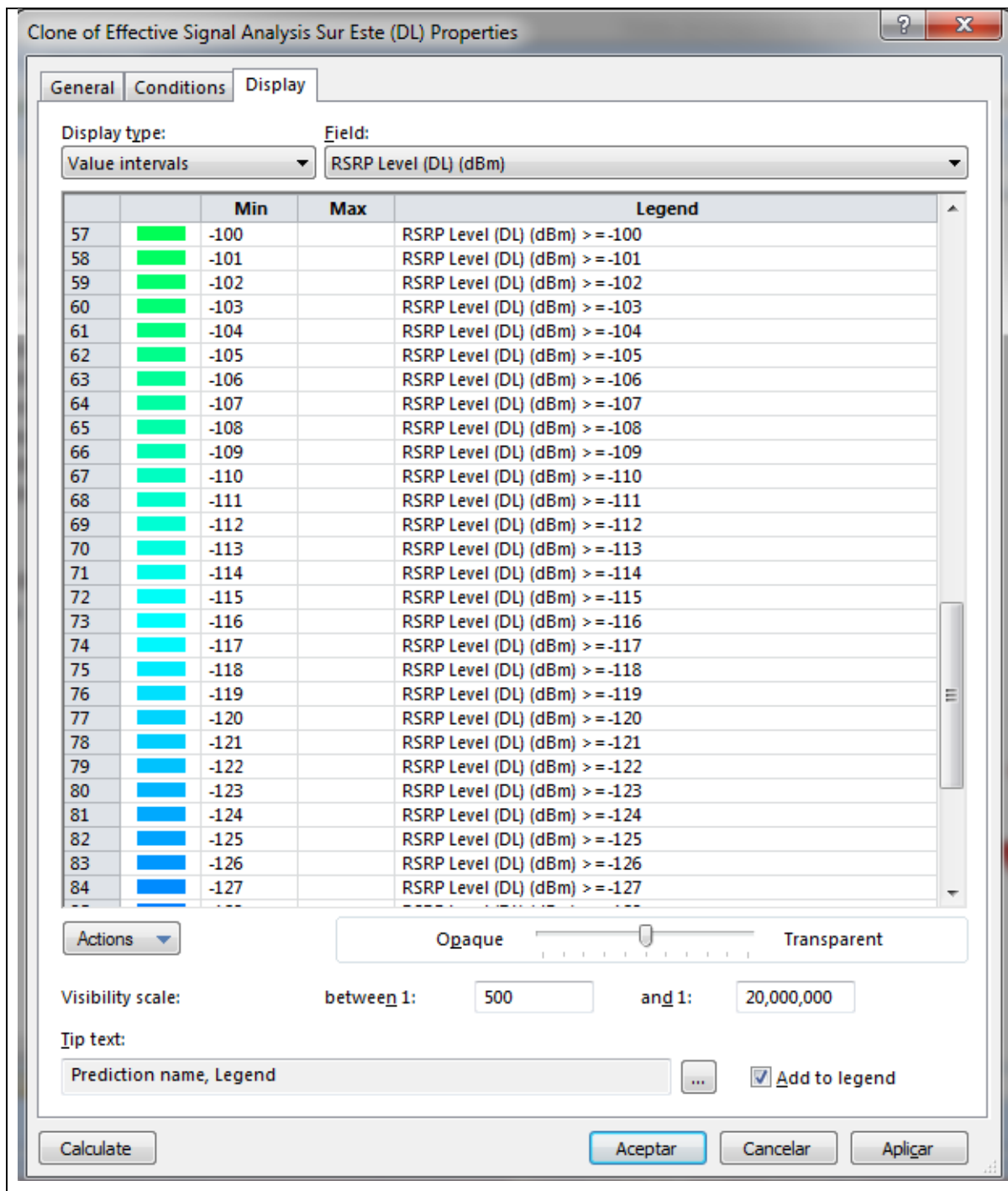
15.3. APENDICE C

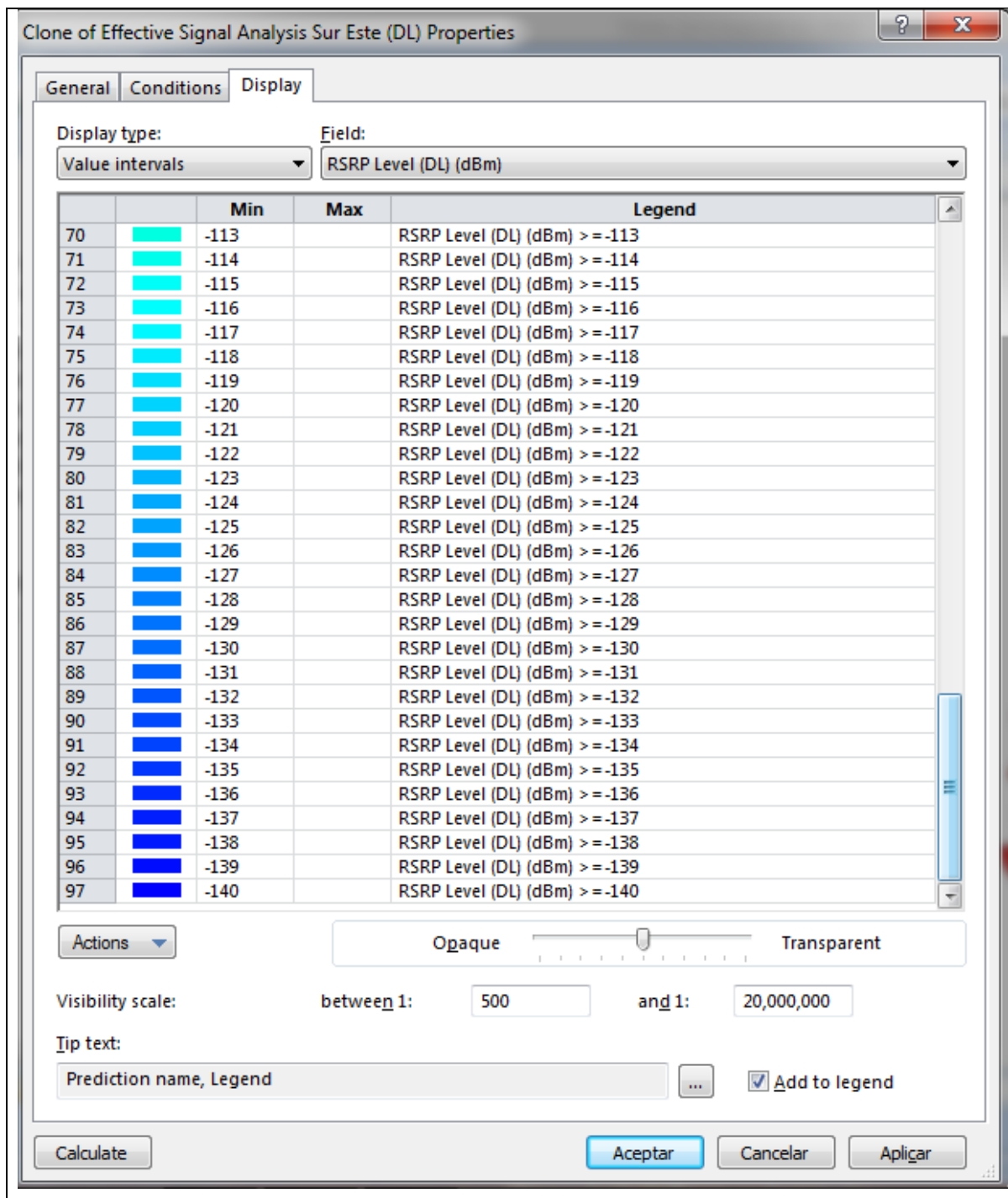
Leyenda del Modelo de propagación de Effective Signal Analysis (análisis efectivo de la señal) (DL) representados sobre el mapa del departamento de Masaya

Figura 2 Leyenda Del Modelo De Propagación De Effective Signal Analysis



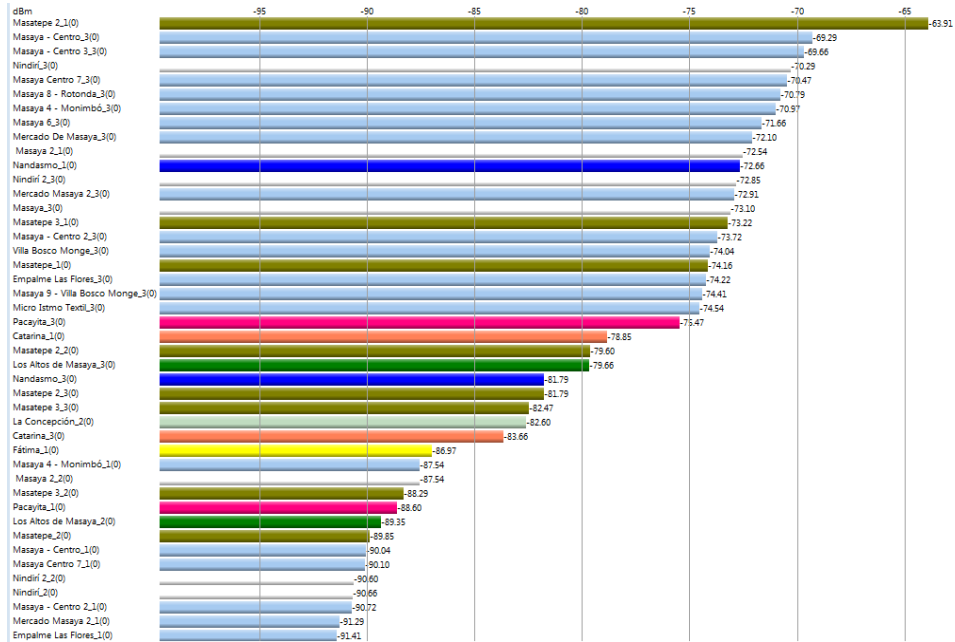






Fuente: PROPIA

Figura 3 Intensidad De Señal Según El Modelo De Propagación Propuesto De Los Transmisores En Las Coordenadas Del Punto 1



Fuente: PROPIA

f