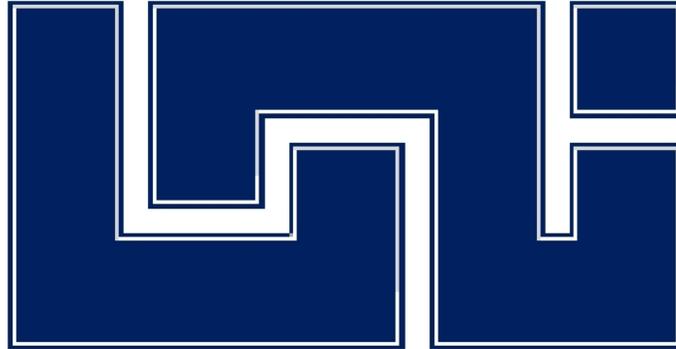


PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA



Líder en Ciencia y Tecnología

MONOGRAFIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS
INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Elaborado por: Br. Danilo Darién Portocarrero Ulmos 2010 - 35164
Br. Juan Carlos Silva Akhmedova 2010 - 34727
Br. Ronald José Silva Sequeira 2010 - 35030

Tutor: TeknL. Marco Munguía

Diciembre de 2018

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por todo su apoyo a lo largo de toda mi formación, a mi familia y a mi abuela Clarisa.

Danilo Portocarrero

Les dedico este proyecto a mi familia y profesores que dieron su mayor apoyo para la culminación de dicho proyecto.

Juan Akhmedova

Dios por permitirme llegar a este momento especial, él me ha dado la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo que he enfrentado durante estos años de carrera y en los meses de realización de este trabajo, sin su ayuda y bendición no estuviéramos alcanzando esta gran meta.

A mis Padres, quienes me han acompañado durante todo el trayecto, sin su esfuerzo no sería posible culminar esta etapa de mi vida, siempre han estado conmigo y me han ayudado en los momentos más difíciles, apoyándome incondicionalmente y animándome a seguir adelante en los momentos de debilidad.

A mi familia, amigos y a todas las personas que de una u otra manera me han acompañado en los momentos buenos y malos, y me han mostrado su cariño y apoyo incondicional.

Ronald Silva

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los pocos profesores que con dedicación y vocación despiertan el interés de los estudiantes en el maravilloso mundo de la ingeniería y al mismo tiempo nos guían en este difícil proceso de formación estudiantil, formando así profesionales capaces y consientes. Me permito además ofrecer un agradecimiento especial al profesor Marco Munguía, por su paciencia, compromiso y entrega.

Danilo Portocarrero

Agradezco al tutor que nos apoyó todo este tiempo, agradezco a los profesores que nos brindaron su tiempo y conocimiento, agradezco a la empresa Yota por facilitarnos la información y especialmente le agradezco a mi familia porque siempre estuvo ahí apoyandome con la realización de este proyecto.

Juan Akhmedova

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa de mis estudios, a la Universidad UNI-IES y la Facultad de Electrotecnia y Computación por abrir sus puertas para estudiar esta carrera, a los docentes que nos compartieron sus conocimientos día a día y así nos fueron formando como profesionales.

Agradezco especialmente el apoyo y dedicación del Ing. Marco Munguía, quien durante la realización de este trabajo demostró su paciencia y compromiso, guiándonos hasta la etapa final de esta Tesis.

Finalmente agradezco a todas las personas que de algún u otro modo participaron durante la realización de este trabajo de investigación.

Ronald Silva

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

RESUMEN

En el presente trabajo se proponen alternativas de optimización para la red de acceso de la compañía Yota de Nicaragua en las inmediaciones del Recinto Universitario Simón Bolívar de la UNI (RUSB-UNI). El diagnóstico de la red fue realizado mediante drivetest y walktest, identificándose la presencia de múltiples servidoras con buena intensidad de señal en el área de interés.

Posteriormente, se montó la red de Yota, específicamente los 4 sitios que dan cobertura al área donde se ubica el RUSB-UNI, haciendo uso de la herramienta RF Atoll.

Como primera propuesta de optimización, se realizó ajustes en el tilt eléctrico de las antenas transmisoras para disminuir la presencia de 4 o más servidoras en un mismo punto geográfico. No obstante, esta propuesta no fue validada por Yota de Nicaragua debido a la utilización de antenas dual-band. Esto también nos limitó a proponer alternativa de optimización basada en el azimuth de las antenas transmisoras. Finalmente se propone la reubicación de 3 transmisores en un nuevo sitio demostrándose mediante simulaciones y predicciones una disminución en el número de servidoras con buena intensidad de señal en un punto geográfico dado.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Arquitectura de WIMAX</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2: Puntos de Referencia de WIMAX.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3: Walktest 10 AM, día de semana.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4: Walktest 2 PM, día de semana.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5: Walktest 10 AM, Sábado.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6: Drivetest basado en RSSI en recinto universitario.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 7: Drivetest basado en CINR en recinto universitario.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8: Plantilla de tecnologías en Atoll.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 9: Configuración de coordenadas.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 10: importación de Mapas.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11: Mapa Importado.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12: Código de colores.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 13: Mapa Importado y con código de colores.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14: Ventana de sitios.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15: Campos de sitios.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 16: Ubicación de sitios.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 17: Zona de cómputo definida.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 18: Ventanas de importación de antena.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19: Configuración de celdas.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 20: Predicción por Overlapping zone de 1, 2, 3 y 4 transmisores.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 21: Predicción por Overlapping zone de 4 o más transmisores.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 22: Histograma basado en Overlapping zone de 4 o más transmisores...39</i>	
<i>Figura 23: Evaluación de propuesta de optimización (tilt eléctrico modificado)....43</i>	
<i>Figura 24: Histograma de presencia de transmisores (tilt eléctrico modificado)...43</i>	
<i>Figura 25: Evaluación de propuesta de optimización (Nuevo sitio).....45</i>	
<i>Figura 26: Histograma de presencia de transmisores (Nuevo sitio).....45</i>	

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Evolución del Estándar IEEE 802.16 (tomado de [2]).....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2: Bandas de Frecuencia asignadas para la operación de WIMAX.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 3: Combinaciones AMC para WIMAX (tomado [5]).....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4: Coordinación de cantidad de horas a utilizar para cada actividad.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 5: Parámetros técnicos de Yota de Nicaragua.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 6: Predicciones disponibles en atoll.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 7: Modificaciones de tilt eléctrico.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 8: Modificaciones de tilt eléctrico y azimuth, nuevo sitio.....</i>	<i>44</i>

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN.....	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABLAS	6
OBJETIVOS.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
JUSTIFICACIÓN	10
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO 1: TECNOLOGÍA WIMAX	12
1.1 Principales Características Técnicas.....	12
1.2 Evolución del Estándar 802.16	13
1.3 Bandas de Frecuencias	14
1.4 Arquitectura de WIMAX	16
CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA RED DE ACCESO	19
2.1 WalkTest	19
2.2 Coordinación del Walktest.....	19
2.3 Ejecución del Walktest.....	20
2.4 Análisis de resultados:	24
2.5 DriveTest.....	24
2.6 DriveTest RSSI	25
2.7 Drivetest CINR.....	26
CAPÍTULO 3: DISEÑO DE UNA RED WIMAX.....	27
3.1 Elección de plantilla de tecnología.....	27
3.2 Configuración de coordenadas	28
3.3 Importación de mapas Digitales.....	28
3.4 Configuración de sitios	31
3.5 Ubicación de Sitios.....	32
3.6 Zona de cómputo.....	33

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

3.7 Importación de Antenas 33

3.8 Configuración de celdas 35

3.9 Predicciones 36

3.10 Predicción de Overlapping Zone..... 38

CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN 41

4.1 Optimización por medio de cambio de tilt eléctrico 41

4.2 Optimización por instalación de nuevo sitio. 44

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46

5.1 Conclusiones..... 46

5.2 Recomendaciones..... 47

6. Bibliografía..... 48

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer alternativas de optimización a la red de acceso de Yota-Nicaragua en las inmediaciones del RUSB-UNI para mejorar el servicio de datos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comprender los principales elementos que componen la tecnología WiMAX móvil 802.16e para su descripción.
2. Utilizar herramientas de RF para la elaboración de un diagnóstico de la red de acceso de Yota de Nicaragua.
3. Definir los principales parámetros para la optimización de red de acceso en la tecnología 802.16e en las inmediaciones del RUSB-UNI.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente, existen ciertos percances indeterminados de la red de acceso Wimax, en el área de cobertura del recinto universitario que no permiten una experiencia óptima, en cuanto al desempeño de la misma.

Como estudiantes de la UNI y usuarios de Yota hemos gozado de la experiencia de navegar en nuestros hogares y en el campus, sin embargo, hemos observado y corroborado con otros usuarios Yota en los límites del recinto universitario, que el desempeño de la red disminuye significativamente con respecto a nuestra experiencia en el hogar y esto se mantiene tanto en interiores como exteriores.

Por tal motivo nos hemos propuesto realizar un diagnóstico de la red de acceso en el área del RUSB-UNI y una vez realizado el diagnóstico proponer alternativas de solución.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TICS) se han convertido en herramientas imprescindibles para el desarrollo de cualquier actividad humana en todas las interacciones económicas y sociales, logrando adaptarse a una gran diversidad de necesidades de la comunicación cotidiana, razón por la cual su demanda aumenta constantemente de manera exponencial.

En el mercado nicaragüense de las telecomunicaciones operan diversas empresas privadas, nacionales y extranjeras de distintos tamaños y capacidad de servicios. Entre estas se encuentra Yota, una empresa de origen ruso que fue pionera en introducir en Nicaragua la tecnología 4G WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) con tarifas accesibles a los niveles de ingreso de los usuarios meta.

La UNI -ubicada en un sector céntrico de la ciudad de Managua- representa una importante demanda potencial de ancho de banda, determinada por la alta tasa de uso del internet como herramienta indispensable que requiere la población universitaria para la investigación y las actividades de enseñanza-aprendizaje.

Ante el hecho que la UNI no ofrece opciones de acceso a internet de alta velocidad, los estudiantes optan por soluciones portables y económicas; entre las más utilizadas esta la provista por Yota, debido a su bajo precio. No obstante, Yota no ha logrado la cobertura eficiente en todas las áreas de Managua, entre ellas el área de la Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB-UNI).

En el presente estudio se diagnosticó mediante drivetest y walktest el comportamiento de la red de acceso y en base a los resultados obtenidos se propuso alternativas de optimización de la red haciendo uso de simulaciones y predicciones con la herramienta Atoll.

CAPÍTULO 1: TECNOLOGÍA WIMAX

Dentro de las denominadas tecnologías que cumplen con el estándar para ser llamadas 4 G, tenemos WiMAX. WiMAX (World Wide Interoperability for Microwave Access por sus siglas en inglés) se trata del nombre con el que se ha comercializado, aunque oficialmente en el ámbito IEEE se denomina WirelessMAN o IEEE 802.16.

Considerada en su momento, como una alternativa para la proveer internet en zonas rurales, tuvo su penetración e implementación en el mercado mundial entre 2005 y 2011. Fue ampliamente desplegada en Europa y Asia. En Centroamérica, fue implementada en 2009 por la empresa YOTA-Nicaragua de capital ruso.

1.1 Principales Características Técnicas

Entre las principales características técnicas de WiMAX se encuentran [1]:

- Cobertura radial de hasta 50 Km.
- Transmisión efectiva de 124 Mbps. Depende del estándar.
- Anchos de canal entre 1,5 y 20MHz
- Utiliza modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division), con 2,048 señales portadoras, que permiten altas velocidades de transferencia.
- Incorpora soporte para la tecnología smart antenna, la cual mejora la eficiencia espectral y la cobertura.
- Definida para las frecuencias de hasta 11GHz para conexiones con y sin línea de visión, y entre 10GHz y 66GHz para conexiones con línea de visión.
- Incluye mecanismos de modulación adaptativa, mediante los cuales la estación base y el equipo de usuario se conectan utilizando la mejor de las modulaciones posibles, en función de las características del enlace radio.
- Topología punto-multipunto y de malla.
- Bandas licenciadas y de uso libre.
- Aplicaciones para la transmisión de voz, vídeo y datos.
- Excelente desempeño de transmisión, garantizado vía QoS (quality of service)

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

1.2 Evolución del Estándar 802.16

El estándar 802.16 ocupa el espectro de frecuencias ampliamente, usando las frecuencias desde los 2 hasta los 11 Ghz para la comunicación de la última milla (de la estación base a los usuarios finales) y ocupando frecuencias entre 11 y 60 Ghz para las comunicaciones con línea vista entre las estaciones bases. En la Tabla 1, se muestran la evolución de este estándar.

Tabla 1: Evolución del Estándar IEEE 802.16 (tomado de [2]).

Estándar	Descripción
802.16-2001	Fixed broadband Wireless Access (10-66GHz)
802.16.2-2001	Practica recomendada para coexistencia
802.16c-2002	Perfiles de sistema para 10-66GHz
802.16a-2003	Capa física y definiciones de MAC para la banda de 2-11 GHz
P802.16b	Frecuencias exentas de licencia
P802.16d	Mantenimiento y perfiles de sistema para 2-11GHz(proyecto fusionado con 802.16-2004)
802.16-2004	Interfaz aérea para conexión a un punto de acceso fijo de banda ancha
	(paquete acumulativo de 802.16-2001, 802.16a, 802.16c y P802.16d)
P802.16.2a	Coexistencia con 2-11GHz y 23.5-43.5GHz(Proyecto fusionado con 802.16.2-2004)
802.16.2-2004	Practicas recomendadas para coexistencia (mantenimiento y paquete acumulativo de 802.16.2.2001 y P802.16.2 ^a)
802.16f-2005	Base de información para 802.16-2004
802.16-2004/Cor 1-2005	Correcciones para operaciones fijas (co-publicado con 802.16e-2005)
802.16e-2005	Sistema móvil de acceso inalámbrico de banda ancha (Mobile Broadband Wireless Access System).
802.16k-2007	Puenteo en redes 802.16(una ampliación de IEEE 802.1D)
802.16g-2007	Procedimientos plano de gestión y servicios

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

P802.16i	Gestión de la base de información móvil (Project Fusionado en 802.16-2009)
802.16-2009	Interfaz aérea para acceso a un punto fijo de banda ancha (paquete acumulativo de 802.16-2004, 802.16-2004/Cor 1, 802.16e, 802.16f,802.16g y P802.16i)
802.16j-2009	Retransmisión multisalto
802.16h-2010	Improved coexistence Mechanisms For License-Exempt Operation
802.16m-2011	Interfaz aérea avanzada con tasa de transferencia de 100Mbit/s móvil y 1Gbit/s sobre punto fijo.
P802.16n	Redes de mayor fiabilidad
P802.16p	Mejoras para soportar aplicaciones con conexión Maquina a Maquina (Machine to Machine)

1.3 Bandas de Frecuencias

Las redes WIMAX, al contrario que WLAN, deberán por lo general operar en bandas de frecuencia de uso licenciado, presentando políticas de QoS (Calidad de Servicio) y permitiendo mayor protección y calidad en las comunicaciones. El espectro accesible para WIMAX depende del área geográfica en la que se encuentre la red. En la Tabla 2, se muestra un resumen de las bandas de frecuencias destinadas a WIMAX, así como ancho de bandas, tamaño del FFT entre otros [1].

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Tabla 2: Bandas de Frecuencia asignadas para la operación de WIMAX.

Band Index	Frequency Band	Channel Bandwidth	OFDM FFT Size	Duplexing	Notes
Fixed WiMAX Profiles					
1	3.5 GHz	3.5MHz	256	FDD	Products already certified
		3.5MHz	256	TDD	
		7MHz	256	FDD	
		7MHz	256	TDD	
2	5.8GHz	10MHz	256	TDD	
Mobile WiMAX Profiles					
1	2.3GHz–2.4GHz	5MHz	512	TDD	Both bandwidths must be supported by mobile station (MS)
		10MHz	1,024	TDD	
		8.75MHz	1,024	TDD	
2	2.305GHz– 2.320GHz, 2.345GHz– 2.360GHz	3.5MHz	512	TDD	
		5MHz	512	TDD	
		10MHz	1,024	TDD	
3	2.496GHz– 2.69GHz	5MHz	512	TDD	Both bandwidths must be supported by mobile station (MS)
		10MHz	1,024	TDD	
4	3.3GHz–3.4GHz	5MHz	512	TDD	
		7MHz	1,024	TDD	
		10MHz	1,024	TDD	
5	3.4GHz–3.8GHz, 3.4GHz–3.6GHz, 3.6GHz–3.8GHz	5MHz	512	TDD	
		7MHz	1,024	TDD	
		10MHz	1,024	TDD	

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

1.4 Arquitectura de WIMAX

La arquitectura de WiMAX se desarrolla en una plataforma todo IP. En la Figura 1 se representa una red WiMAX, que consta de tres partes principales [2]:

1. MS o SS (Mobile Station o Subscriber Station): Es el equipo terminal del usuario que proporciona la conectividad entre el dispositivo final y una estación base.
2. ASN (Access Service Network): La red de servicio de acceso contiene todas las estaciones bases (BSs) y las pasarelas ASN (ASN-GWs). El ASN es un completo grupo de funciones de red necesarias para proveer acceso inalámbrico a todos los usuarios de la red Wimax.
3. CSN (Connectivity Service Network): La red de conectividad de servicios está compuesta por routers/switches además de un grupo de servidores, como el AAA server (Authentication Authorization Accounting), HA server (Home Agent), DHCP server, DNS server y PCRF server (Policy and Charging Rules Function).

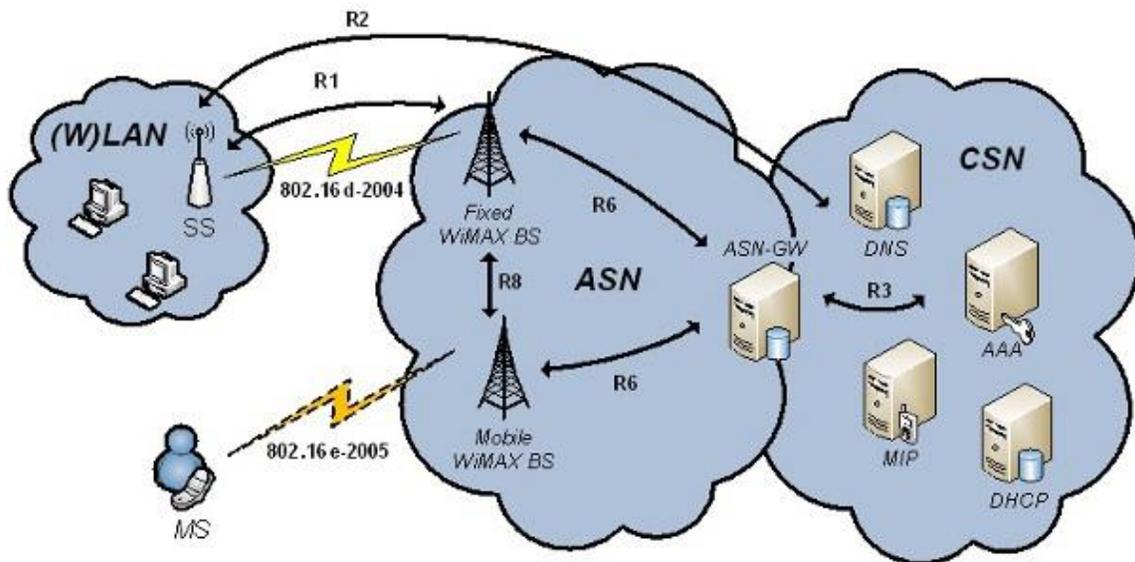


Figura 1. Arquitectura de WIMAX (tomado de [2])

1.4.1 Puntos de Referencia en WIMAX

El modelo de referencia de redes WIMAX define varios puntos de referencia entre las distintas entidades que componen la arquitectura de esta red. Esos puntos de

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

referencia logran puntos de interoperabilidad entre equipo de diferentes fabricantes. Hay seis puntos de referencias obligatorios (del R1 al R6) y dos opcionales (R7 y R8) (ver figura 2).

R1. Definido entre la estación de usuario y la ASN. Incluye protocolos en el plano de gestión además de definir el interfaz aire.

R2. Definido entre la estación de usuario y la CSN. Proporciona autenticación, autorización de servicio, configuración IP y gestión de la movilidad.

R3. Definido entre la ASN y la CSN. Soporta la gestión de la movilidad.

R4. Definido entre una ASN y otra ASN. Soporta la movilidad entrediferentes ASNs.

R5. Definido entre una CSN y otra CSN. Soporta el roaming entre diferentes NSPs.

R6. Definido entre una estación base y una ASN-GW. Gestiona túneles IP para eventos de movilidad.

R7. Interfaz lógica opcional entre la función de decisión y la función de aplicación en la ASN-GW.

R8. Interfaz opcional definida entre una estación base y otra. Facilita la existencia de handovers rápidos y sin fallos.

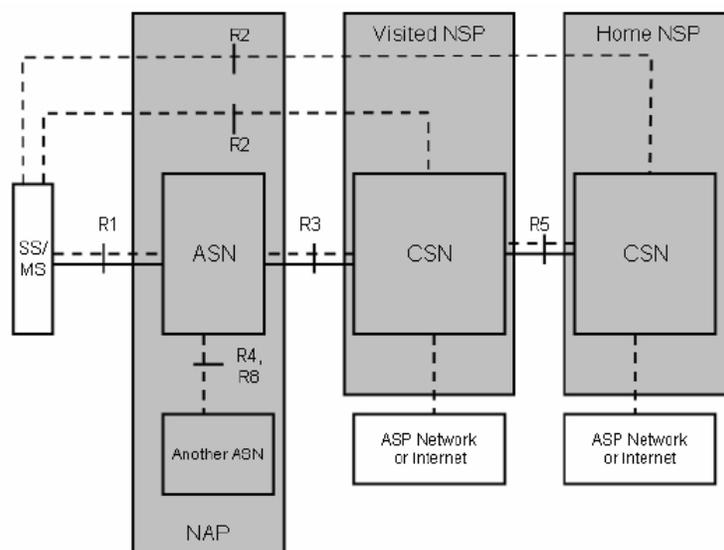


Figura 2: Puntos de Referencia de WIMAX (tomado de [4])

1.4.2 Capa Física de WIMAX

La capa física (PHY) de WIMAX está basada en multiplexado por división ortogonal de frecuencia (OFDM), lo que permite que WIMAX opere en modo NLOS. Tasa de transmisión pico de datos muy alta.

La tasa pico en la PHY puede ser de hasta 74Mbps cuando se trabaja a un espectro de 20MHz. Típicamente, utilizando un espectro de 10MHz usando un esquema TDD (Time-Division Duplexing), la tasa pico está cerca de los 25Mbps para tiempo de subida y de los 6.7Mbps para tiempo de bajada. Además, WIMAX tiene una arquitectura escalable de capa física que permite que la tasa de datos aumente fácilmente. Esta escalabilidad está apoyada en el modo OFDMA, donde el tamaño de la FFT (transformada rápida de Fourier) puede escalarse basado en el canal disponible.

Modulación y Codificación Adaptiva (AMC por sus siglas en ingles)

WIMAX soporta diferentes esquemas de modulación y esquemas de codificación para el control y corrección de errores. En este tipo de redes, el terminal del usuario envía información a la estación base servidora sobre la calidad del enlace de radio. Basada, en esta medición adaptivamente se selecciona adaptivamente la mejor combinación de codificación y Modulación.

El estándar de WIMAX, define 7 combinaciones de esquema de modulación y codificación. La tabla 3, nos muestra estas combinaciones.

Tabla 3: Combinaciones AMC para WIMAX (tomado [5])

Modulación	Codificación	bits/Símbolo
BPSK	1/2	0.5
QPSK	1/2	1
QPSK	3/4	1.5
16QAM	1/2	2
16QAM	3/4	3
64QAM	2/3	4
64QAM	3/4	4.5

CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA RED DE ACCESO

En este capítulo se muestran las herramientas y resultados obtenidos para diagnosticar el problema en la red de acceso en las inmediaciones del recinto universitario Simón Bolívar.

2.1 WalkTest

Primeramente, se procedió a realizar una solicitud a Yota de Nicaragua para que nos apoyaran con un drivetest, debido a que no contamos ni con el software ni con el hardware para realizarlo, desafortunadamente, dicha solicitud tiene que pasar por un proceso administrativo tequioso lo cual no genera respuestas inmediatas, por tal motivo procedimos a idear un walktest con las herramientas que tenemos a disposición:

- Computadora portátil
- Dongle Yota IGO
- GPS (Teléfono móvil)
- Aplicación Runstastic

2.2 Coordinación del Walktest

Tabla 4: Coordinación de cantidad de horas a utilizar para cada actividad.

	Actividad	Duración
1	Reunión de coordinación del walktest	1 hora
2	Walktest	1 hora
3	Análisis de los resultados	3 horas
4	Entrega de los resultados	2 días

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Para la realización del Walktest, coordinamos los siguientes parámetros:

- 1- Designar la ruta en la que realizaremos el Walktest y definir los puntos de interés de medición.
- 2- Realizar una descarga continua a lo largo de toda la ruta, desde un servidor FTP sin restricciones de ancho de banda, para evaluar el rendimiento real. El tipo de archivo era multimedia de video.
- 3- Registrar las velocidades según la ubicación geográfica.
- 4- Realizar la prueba dos días diferentes.
- 5- Analizar los resultados.

2.3 Ejecución del Walktest

Realizamos tres walktests, el primero fue realizado un día de semana a las 10:00 AM, posteriormente fue repetido a las 2:00 PM del mismo día, luego se realizó un tercer walktest el día sábado donde la afluencia de estudiantes es mínima, manteniendo la misma ruta, horario de las 10:00 AM y parámetros del primer walktest. Los walktest del día de semana buscaban ver si hay un impacto en la hora de realización del mismo. En tanto, el walktest del día sábado busca evidenciar el impacto del número de usuarios o carga de tráfico.

Para realizar la recolección de datos, grabamos nuestra ruta con el GPS del teléfono móvil y la aplicación "Runstastic", recopilando así la velocidad alcanzada y la calidad de conexión en cada uno de los 18 sitios de interés.

Los resultados para los 18 puntos de interés y los 3 walktests se muestran en las figuras 3, 4 y 5.

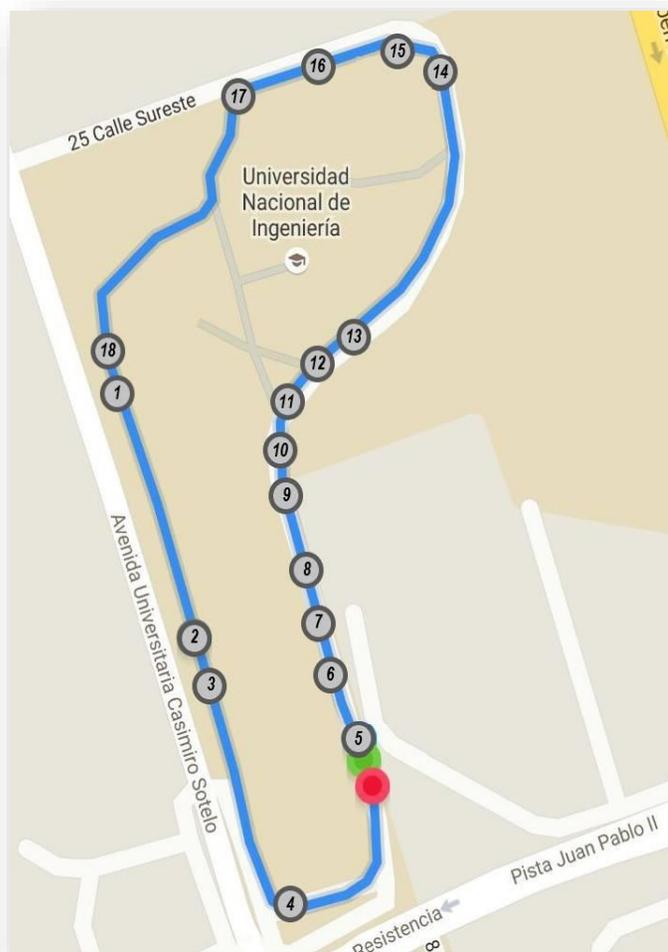
PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.



#	Sitio	RSSI	CINR	Velocidad de Descarga
1	Entrada IES	-74.39 dBm	10.29 dB	25.6 kB/s
2	Entrada UNI	-70.29 dBm	13.96 dB	3.5 kB/s
3	Edificio FEC	-66.23 dBm	17.83 dB	12.2 kB/s
4	Estatua Simón Bolívar	-56.36 dBm	24.8 2dB	77.8 kB/s
5	DBE	-66.85 dBm	19.18 dB	61.2 kB/s
6	Costado trasero FEC	-59.08 dBm	23.91 dB	39.9 kB/s
7	Piscina	-54.20 dBm	25.08 dB	12.6 kB/s
8	Química	-67.87 dBm	20.59 dB	44.6 kB/s
9	Posgrado	-68.18 dBm	17.46 dB	16.2 kB/s
10	Interno	-68.96 dBm	20.59 dB	12.2 kB/s
11	Cancha	-66.55 dBm	18.83 dB	10.2 kB/s
12	Costado trasero, edificio UNI	-66.76 dBm	14.63 dB	10.2 kB/s
13	Área verde detrás de edificio	-79.82 dBm	12.59 dB	10.2 kB/s
14	Lab. Operaciones Unitarias	-52.80 dBm	16.30 dB	53.9 kB/s
15	Curva	-57.13 dBm	10.66 dB	172 kB/s
16	Entrada parqueo IES	-85.73 dBm	11.41 dB	05.2 kB/s
17	Entrada principal parqueo	-88.10 dBm	08.32 dB	05.2 kB/s
18	Entrada IES final	-84.64 dBm	12.95 dB	05.2 kB/s

Figura 3: Walktest 10 AM, día de Semana

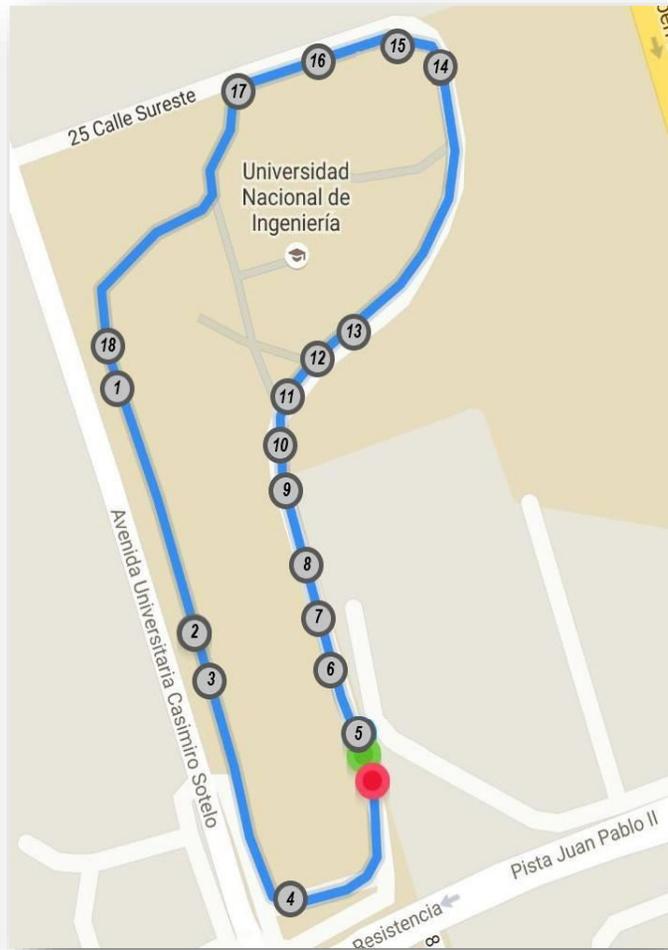
PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.



#	Sitio	RSSI	CINR	Velocidad de Descarga
1	Entrada IES	-72.39 dBm	09.89 dB	25.6 kB/s
2	Entrada UNI	-68.01 dBm	12.86 dB	4.5 kB/s
3	Edificio FEC	-66.00 dBm	17.83 dB	14.2 kB/s
4	Estatua Simón Bolívar	-57.18 dBm	25.30 dB	75.8 kB/s
5	DBE	-65.20 dBm	20.07 dB	68.2 kB/s
6	Costado trasero FEC	-58.89 dBm	23.33 dB	35.9 kB/s
7	Piscina	-54.20 dBm	24.88 dB	13.6 kB/s
8	Química	-66.85 dBm	20.67 dB	66.6 kB/s
9	Posgrado	-68.15 dBm	17.37 dB	14.2 kB/s
10	Interno	-68.28 dBm	18.55 dB	10.2 kB/s
11	Cancha	-66.25 dBm	18.83 dB	14.8 kB/s
12	Costado trasero, edificio UNI	-64.80 dBm	14.20 dB	11.2 kB/s
13	Área verde detrás de edificio	-77.22 dBm	12.23 dB	13.2 kB/s
14	Lab. Operaciones Unitarias	-54.10 dBm	15.96 dB	55.9 kB/s
15	Curva	-57.13 dBm	11.15 dB	147 kB/s
16	Entrada parqueo IES	-86.37 dBm	11.33 dB	06.2 kB/s
17	Entrada principal parqueo	-88.98 dBm	08.29 dB	06.2 kB/s
18	Entrada IES final	-83.23 dBm	12.95 dB	06.2 kB/s

Figura 4: Walktest 2 PM, día de Semana

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.



#	Sitio	RSSI	CINR	Velocidad de Descarga
1	Entrada IES	-74.39 dBm	12.44 dB	23.6 kB/s
2	Entrada UNI	-70.29 dBm	11.96 dB	5.5 kB/s
3	Edificio FEC	-66.23 dBm	16.83 dB	10.2 kB/s
4	Estatua Simón Bolívar	-56.36 dBm	22.86 dB	79.8 kB/s
5	DBE	-66.85 dBm	16.11 dB	63.2 kB/s
6	Costado trasero FEC	-59.08 dBm	23.91 dB	41.9 kB/s
7	Piscina	-54.20 dBm	22.08 dB	12.6 kB/s
8	Química	-67.87 dBm	20.29 dB	39.3 kB/s
9	Posgrado	-68.18 dBm	15.46 dB	19.2 kB/s
10	Interno	-68.96 dBm	20.33 dB	09.2 kB/s
11	Cancha	-66.55 dBm	16.83 dB	10.2 kB/s
12	Costado trasero, edificio UNI	-66.76 dBm	11.93 dB	10.2 kB/s
13	Área verde detrás de edificio	-79.82 dBm	10.21 dB	10.2 kB/s
14	Lab. Operaciones Unitarias	-52.80 dBm	13.05 dB	58.9 kB/s
15	Curva	-57.13 dBm	12.36 dB	139 kB/s
16	Entrada parqueo IES	-85.73 dBm	11.41 dB	06.2 kB/s
17	Entrada principal parqueo	-88.10 dBm	08.32 dB	05.2 kB/s
18	Entrada IES final	-84.64 dBm	14.95 dB	06.2 kB/s

Figura 5: Walktest 10 AM, día sábado

2.4 Análisis de resultados:

Como logramos apreciar, la red presenta bajo rendimiento en las inmediaciones del recinto universitario, ya que los valores promedio de descarga del operador Yota en otras áreas de Managua promedian los 512 kB/s (4Mbps) en velocidad de descarga, en tanto, en la UNI los valores oscilan entre 5.2 y 172.5 kB/s, siendo el valor promedio de velocidad experimentado en este recorrido de 30 kB/s, manteniéndose tanto en día de semana como en fin de semana, donde la carga de tráfico es exponencialmente menor, no habiendo diferencia significativa con respecto al aumento de velocidad para el enlace de bajada entre los dos días, nosotros esperábamos que debido a una menor presencia de usuarios en el recinto universitario, pudiésemos experimentar mayores velocidades, sin embargo, al observar que las velocidades promedio para cada uno de los tres días son de 30.43 kB/s, 31.18 kB/s y 30.38 kB/s respectivamente, no se identificó un cambio significativo, además de estar muy lejos de las velocidades promedio que se experimentan en otras áreas de Managua, evidenciando de esta manera que se presentan problemas en la entrega del servicio en las inmediaciones del recinto universitario.

De igual manera, evidenciamos que los niveles de señal de CINR no son óptimos para establecer un enlace adecuado, por tanto, buscara una servidora con mejores niveles de RSSI, resultando este fenómeno, debido a la alta presencia de muchos sectores con niveles óptimos de potencia (RSSI) en el área del RUSB-UNI.

2.5 DriveTest

Una vez realizado el walktest, nos acercamos a Yota de Nicaragua con nuestros resultados, para solicitar su apoyo con la facilitación de un drivetest con equipos certificados, y de esta manera ser capaces de medir el desempeño de la red de manera precisa en parámetros de RSSI y CINR, a lo que respondieron anuentes a colaborar siempre y cuando le facilitáramos los resultados de nuestro trabajo, a continuación, presentaremos los resultados:

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

2.6 DriveTest RSSI

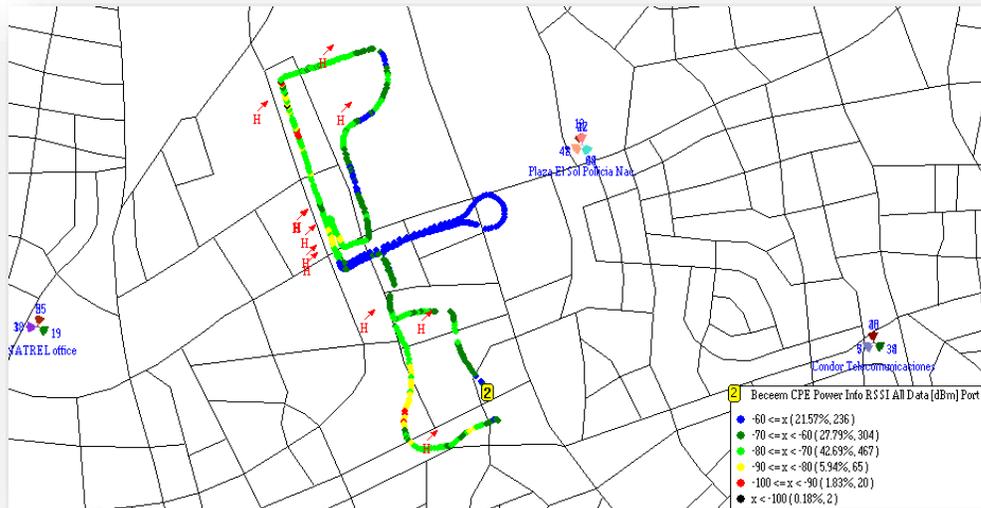


Figura 6: Drivetest basado en RSSI en recinto universitario.

El indicador de intensidad de señal recibida o RSSI por sus siglas en inglés, es la intensidad de señal medida en dBm que logra recibir un dispositivo final, en la tecnología Wimax se consideran valores aceptables entre -80 a -50 dBm para lograr entregar el servicio [6].

Como podemos observar en la figura 6, los niveles de RSSI en más de un 90% de las muestras, se encuentran con niveles inferiores a 80 dBm, lo cual indica que la intensidad de la señal es adecuada para establecer un enlace estable en esta tecnología, por lo tanto, no podemos evidenciar ningún problema como resultado de esta variable medida en el drivetest. Cabe señalar, que aun utilizando equipos no certificados para walktest, los resultados son muy similares a los de este drivetest para el RSSI.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

2.7 Drivetest CINR

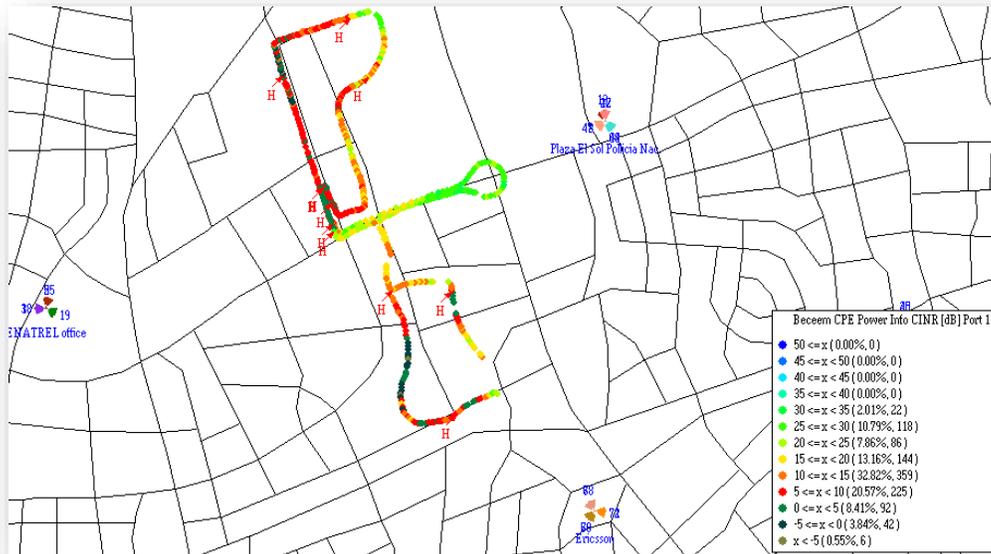


Figura 7: Drivetest basado en CINR en recinto universitario.

CINR (Carrier to interference + Noise ratio) es una razón que relaciona la potencia de la portadora transmitida, en proporción con los niveles de ruido e interferencia que corrompen a la misma, esta prueba de campo mostrará los niveles de ruido e interferencia que presenta nuestra área de cobertura en relación a nuestra portadora [6].

Como podemos ver en la figura 7, tenemos un 66.19% de las muestras recopiladas en nuestra zona de interés con los niveles de CINR menores o iguales a 15 dB, podemos observar que la mayor concentración de estos niveles se encuentra dentro del recorrido realizado en el recinto universitario Simón Bolívar. Una vez más, este resultado se corresponde con lo encontrado para la CINR en los walktest.

En [7], se encontró que se considera como un buen rango para la CINR 20 dB o mayor. Por el contrario, si la CINR tuviera un valor inferior a este, causaría en el modem realizar un intento de cambio de estación base [6-7]. Este fenómeno fue evidenciado durante los walktest realizados en el recinto, y denominado en este documento como “ping-poneo”.

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE UNA RED WIMAX

Una vez que diagnosticamos el problema vía walktest y drivetest, procedimos a montar los 4 sitios de la red de Yota que cubren nuestra zona de interés en la herramienta Atoll.

Atoll propone algoritmos para realizar el diseño de redes inalámbricas, a manera de ejemplificación usaremos el algoritmo perteneciente al estándar WIMAX, dicho algoritmo fue usado para realizar el estudio y algunas simulaciones del presente trabajo [8].

Toda propuesta de optimización no se realiza directamente a la red física, sino, que se debe de simular en una herramienta RF, para poder evaluar el comportamiento de desempeño de dichas optimizaciones antes de ser llevadas a la práctica. Para simular esta red hacemos uso de la herramienta Atoll de Forsk.[8]

A continuación, se muestra el procedimiento de configuración típico para una red de tecnología Wimax en el software Atoll, así como algunas funcionalidades que nos permite esta herramienta:

3.1 Elección de plantilla de tecnología

El primer paso para crear una red usando el software Atoll, es seleccionar qué tipo de tecnología se simulará, para ello el software presenta plantillas para diversas tecnologías soportadas. Esto se realiza en la pestaña **File >New>From a Document Template**.

Para nuestro estudio seleccionaremos la tecnología Wimax 802.16e, por ser la tecnología utilizada por Yota de Nicaragua.

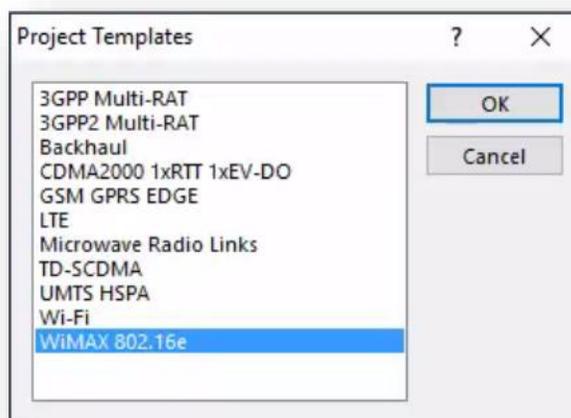


Figura 8: Plantilla de tecnologías en Atoll

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

3.2 Configuración de coordenadas

El software Atoll puede realizar simulaciones en cualquier parte del mundo; por tal motivo permite configuración de coordenadas de geo-referencia en cualquier parte del globo terráqueo. Para nuestra región se usó la zona WGS 84/ UTM Zone 16N, correspondiente a la zona geográfica de Nicaragua, esto se configura desde la pestaña **Tools> Options**.

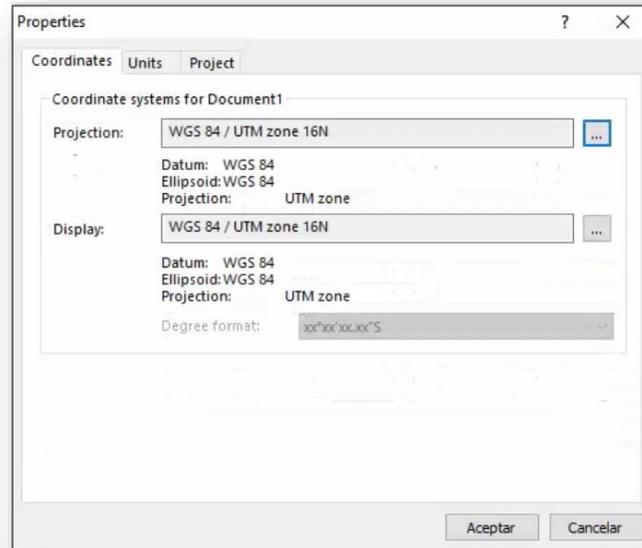


Figura 9: Configuración de coordenadas.

3.3 Importación de mapas Digitales

La herramienta de simulación Atoll, hace uso de mapas digitales de elevación (Digital Elevation Models - DEM), los cuales son una representación visual y matemática de valores de elevación sobre el nivel del mar, que permite caracterizar el relieve y los accidentes geográficos de la zona.

Dichos mapas son desarrollados por software especializados para esta tarea y representados por archivos digitales. Tales mapas son de vital importancia ya que aportan información necesaria para hacer los cálculos de la difracción en los modelos de propagación.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Para nuestro proyecto en particular los mapas digitales de Nicaragua fueron facilitados por nuestra universidad, para el desarrollo de este proyecto investigativo. Dicha información fue importada al software usando varios archivos, que entre ellos incluían información sobre los cuerpos de agua, calles principales, entre otros. Dentro del software para invocar estos archivos se busca **la pestaña File > Import** para encontrar la ubicación de tales archivos dentro del directorio en la computadora

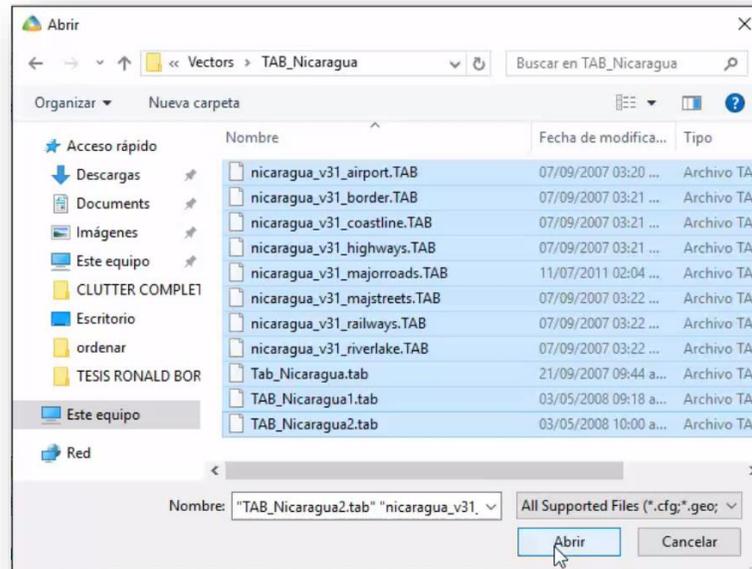


Figura 10: importación de Mapas.

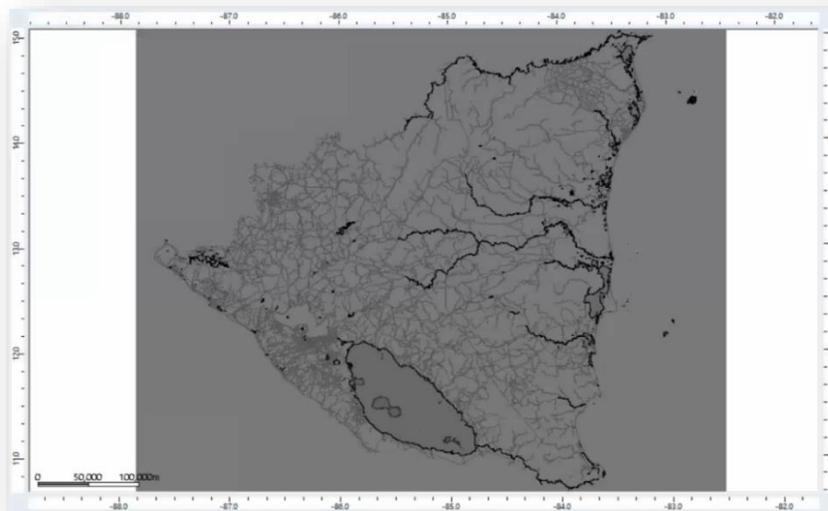


Figura 11: Mapa Importado.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Posteriormente seleccionamos la configuración de código de colores que mostrará el relieve de nuestro mapa en **Ventana de terreno > Click derecho > Propiedades > Clutter hights**:

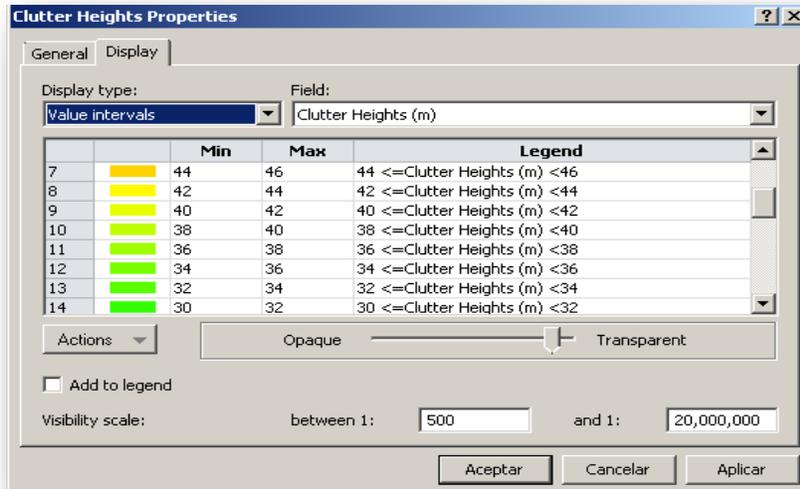


Figura 12: Código de colores.

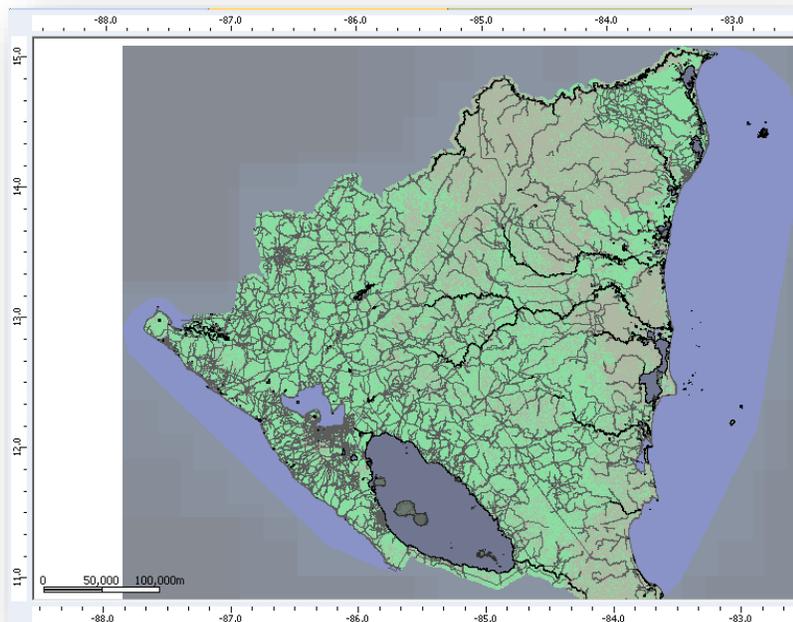


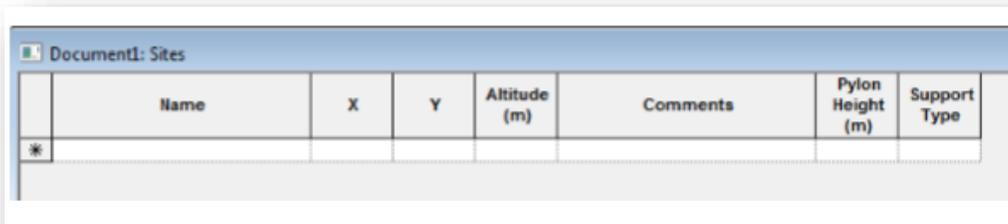
Figura 13: Mapa Importado y con código de colores.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

3.4 Configuración de sitios

La interfaz del software Atoll posee la ventana llamada “Explorer”, donde se pueden verificar y configurar todas las opciones de la red, desde su modelo de propagación, mapas digitales y demás parámetros técnicos a considerar en el diseño, por medio de un directorio raíz desplegable, igualmente haciendo uso del “click derecho” para mostrar parámetros adicionales referentes a la opción seleccionada.

El primer paso es obtener los campos requeridos para crear un sitio en el software. La información corresponde a la tabla “**Sites**” que se puede encontrar desde la ventana **Explorer>Data>Sites>Click Derecho>Open Table**.

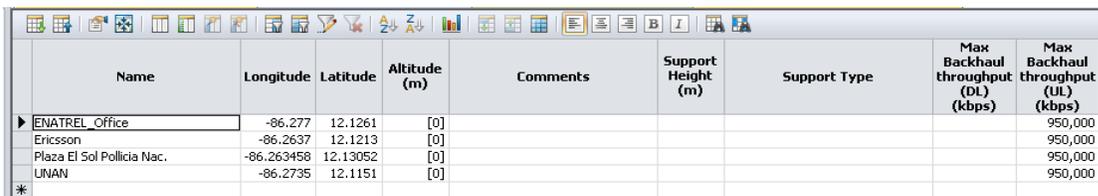


Name	X	Y	Altitude (m)	Comments	Pylon Height (m)	Support Type
*						

Figura 14: Ventana de sitios.

Luego recomendamos hacer uso del mapeo de los campos y copiar para luego pegar en una hoja de cálculo de Microsoft Excel (archivo .csv), para posteriormente importarlos a Atoll, o bien, ingresarlos manualmente desde Atoll.

En nuestro ejemplo hemos usado los sitios: “Ericsson”, “Enatrel”, “Plaza el Sol” y “UNAN” donde definimos el nombre que se le otorga al sitio y la geo-referencia según el formato de coordenadas y comentarios adicionales.



Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Comments	Support Height (m)	Support Type	Max Backhaul throughput (DL) (kbps)	Max Backhaul throughput (UL) (kbps)
ENATREL_Office	-86.277	12.1261	[0]					950,000
Ericsson	-86.2637	12.1213	[0]					950,000
Plaza El Sol Policia Nac.	-86.263458	12.13052	[0]					950,000
UNAN	-86.2735	12.1151	[0]					950,000
*								

Figura 15: Campos de sitios.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

3.5 Ubicación de Sitios

La ubicación de sitios representa el uso de geo-referencia para poder ser mostrado en el software. El tipo de coordenadas compatibles con Atoll ya se modificó en el apartado de configuración de opciones de coordenadas. El único proceso para su importación es respetar dicho formato de geo-referencia y suministrar el archivo con toda la información de los sitios necesarios. A través de **Data>Sites>Open Table>Click Derecho>Import>Seleccionar Archivo .csv>Import.**

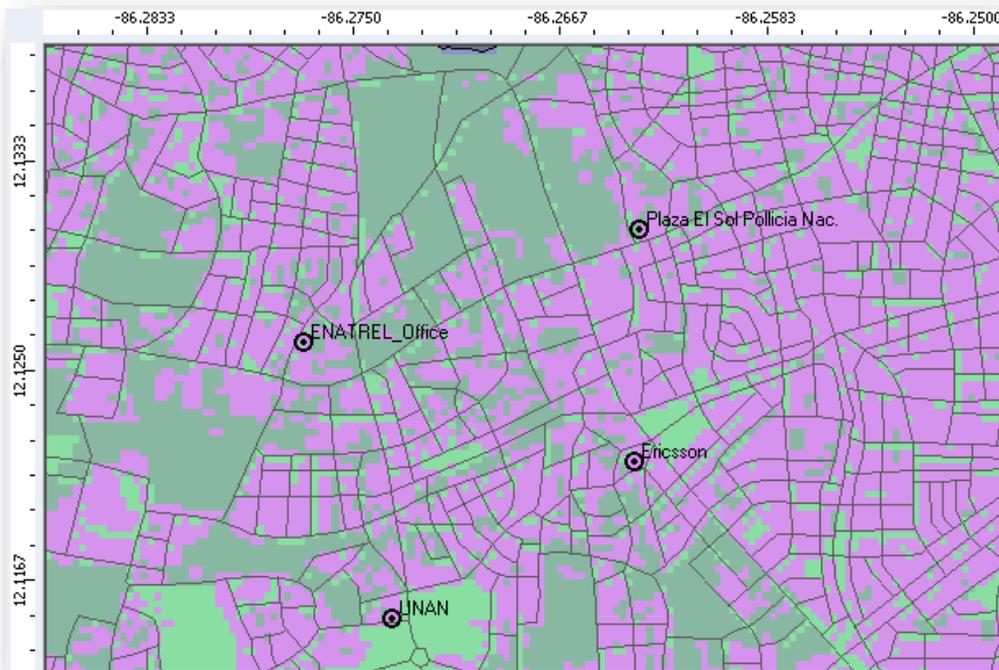


Figura 16: Ubicación de sitios.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

obtener un archivo en formato .csv con toda la información de un modelo de antena seleccionado.

Luego de descargar el archivo de la antena se recomienda realizar un proceso de filtrado, debido que los modelos de transmisores traen consigo mucha información adicional, en función de todas las bandas de frecuencias, tilts eléctricos, ganancias soportadas por la antena. Además, Atoll no permite más de veinte tipos de antenas en una única importación. Por esta razón recomendamos, filtrar solo las antenas que se usarán en su diseño.

Luego de filtrar el archivo .csv se procede a importarlo. Atoll a través del manual recomienda ciertos métodos; nosotros recomendamos usar **Data>Antennas>ClickDerecho>OpenTable**. Posteriormente desde la tabla de referencia de antenas hacer **ClickDerecho>Import>Seleccionar Archivo.csv>Import**. Es de vital importancia siempre configurar el campo Field Separator y verificar que las entradas Source y Destination sean las mismas. Para una correcta importación de antenas la ventana tendría que lucir como la figura 6.

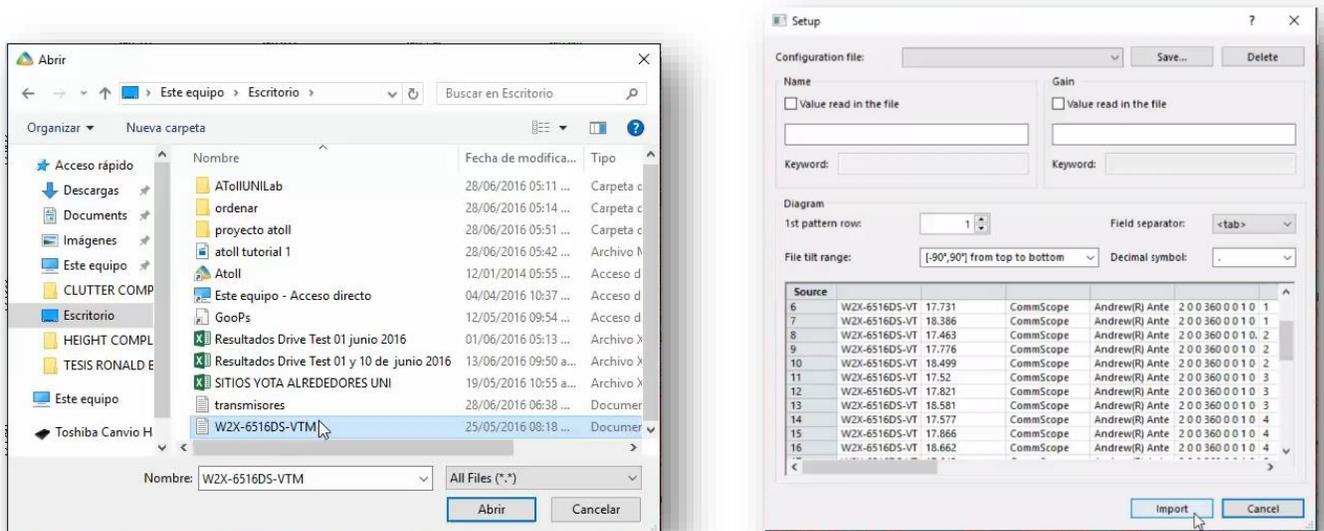


Figura 18: Ventanas de importación de antena

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

3.8 Configuración de celdas

Para que el software pueda crear las primeras simulaciones es necesario configurar las celdas, que es donde se definen parámetros como la frecuencia de operación, potencia de transmisión, entre otros. Para tener acceso a esta configuración accedemos en: **Data>Transmitters>ClickDerecho>Cells>OpenTable**. La figura 19 muestra los valores utilizados en nuestras simulaciones.

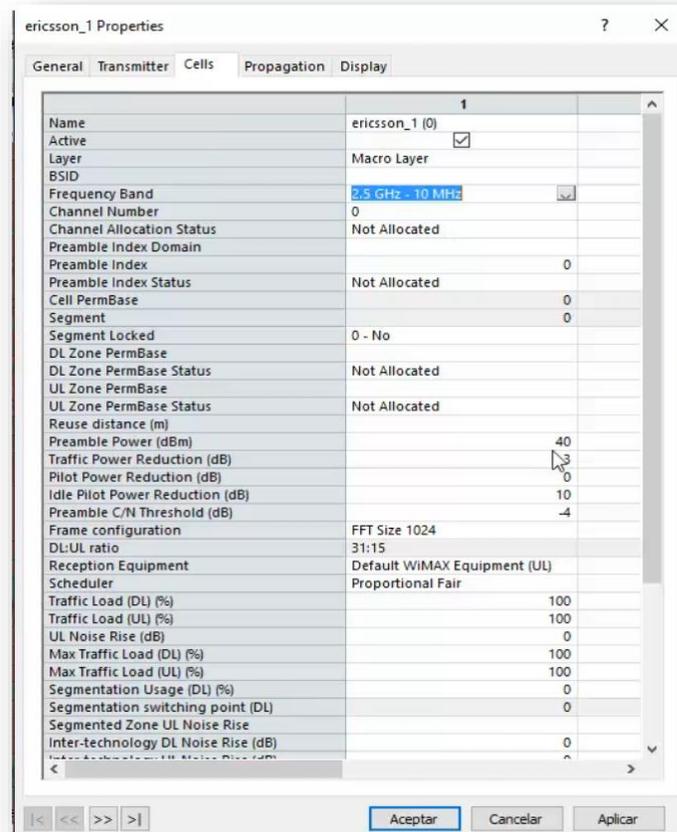


Figura 19: Configuración de celdas.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Para configuración de esta simulación utilizamos los parámetros técnicos proporcionados por Yota de Nicaragua:

Tabla 5: Parámetros técnicos de Yota de Nicaragua.

Nº	Parámetro	Valor
1	Frecuencia	2.5 – 2.7 GHz
2	Tipo de Antena	Andrew 2.3 – 2.7 GHz
3	Estaciones Base	Sitios Yota
4	Azimuth	XXXX- Confidencialidad Yota
5	Altura Móvil (mts)	1.5
6	Altura BS (mts)	30
7	Tilt	XXXX- Confidencialidad Yota
8	Vecinos	Automático
9	Preamble Index	XXXX- Confidencialidad Yota
10	Canalización	5 canales
11	Preamble Power	36 dBm
12	WiMAX Equipment	Default (DL)

3.9 Predicciones

El software Atoll permite hacer dos tipos de predicción de cobertura, unas que permiten analizar los niveles de señal y otras que permiten analizar la calidad de la señal. El primer tipo solo se basan en predicciones de señal, mientras que el segundo tipo dependen de las condiciones de carga de la red y de las interferencias. En la tabla 5 se muestra un resumen de las predicciones disponibles en Atoll.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Tabla 6: Predicciones disponibles en Atoll.

Nombre	Dependencia del tráfico	Descripción
Coverage by Transmitter	No	Permite predecir el área de cobertura de un transmisor analizando el mejor transmisor en cada pixel del mapa.
Coverage by Signal Level	No	Permite predecir las zonas de cobertura por la intensidad de la señal del transmisor en cada pixel del mapa.
Effective Signal Analysis(DL) Effective Signal Analysis(UL)	No	Permite analizar el nivel de distintos tipos de señales LTE tanto en el downlink como uplink.
Overlapping Zone	No	Permite calcular las zonas donde existe cobertura de dos o más transmisores.
Coverage by Best Bearer(DL) Coverage by Best Bearer(UL)	Si	Permite calcular y mostrar los mejores servicios portadores de radio bearers disponibles basándose en $C/(I+N)$ en cada pixel.
Coverage by Throughput(DL) Coverage by Throughput(UL)	Si	Permite calcular y mostrar niveles de throughput en cada pixel del mapa, tanto en downlink como uplink.
Coverage by $C/(I+N)$ Level(DL) Coverage by $C/(I+N)$ Level(UL)	Si	Permite analizar los niveles de interferencia y de portadora a interferencia y ruido.
Coverage by Quality Indicator(DL) Coverage by Quality Indicator(UL)	Si	Permite calcular y mostrar la probabilidad de error de bloques (BLER) en cada pixel del mapa.

Después de diseñar nuestra red en Atoll con los parámetros brindados por la compañía Yota, procedemos a realizar la predicción por overlapping zone para poder visualizar aquellos puntos en el mapa con la presencia de 4 o más portadoras, es deseable que en cada punto del mapa no se encuentren más de 3 portadoras.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

3.10 Predicción de Overlapping Zone

Al realizar una predicción por Overlapping Zone (Zona de superposición), nos permite evaluar cuántos transmisores convergen en la misma zona geográfica transmitiendo en la misma gama de frecuencias, derivándose en problemas de interferencia.

La figura 20 muestra el resultado de la predicción de Overlapping Zone, mostrándonos la presencia por cada pixel en el mapa de cuantas servidoras se encuentran presentes convergiendo en un mismo punto. Cada color mostrado en la figura representa un numero de servidoras distinto, siendo el color rojo (4 o más servidoras), la condición no deseable para cualquier red.

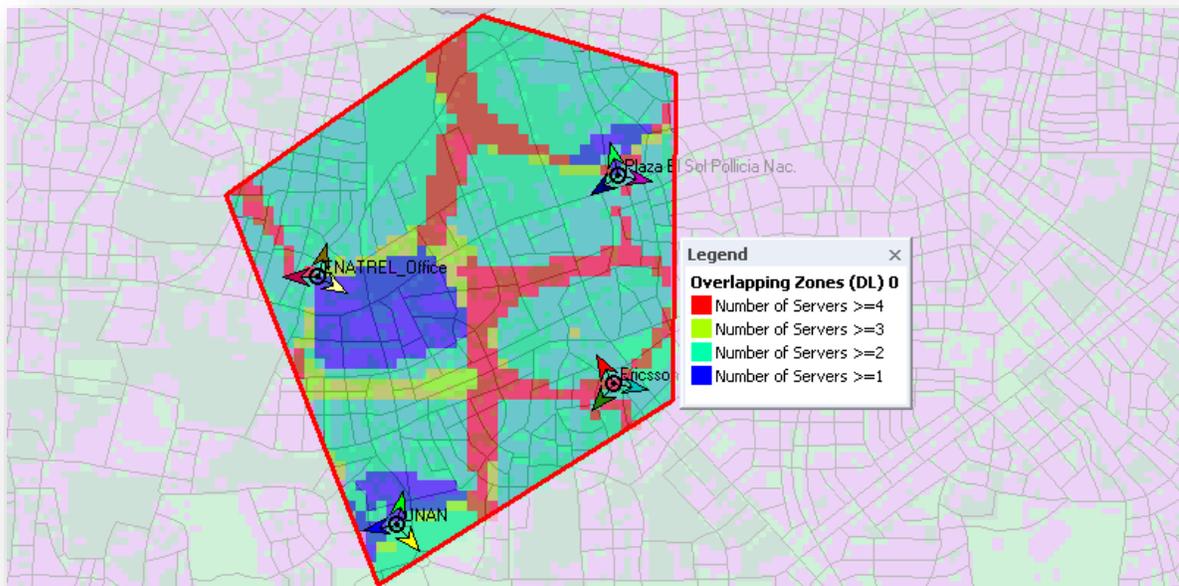


Figura 20: Predicción por Overlapping zone de 1, 2, 3 y 4 transmisores.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

A continuación, en la figura 21 mostramos las zonas donde convergen 4 o más servidoras. El área dentro del círculo azul es donde está ubicado el RUSB-UNI:

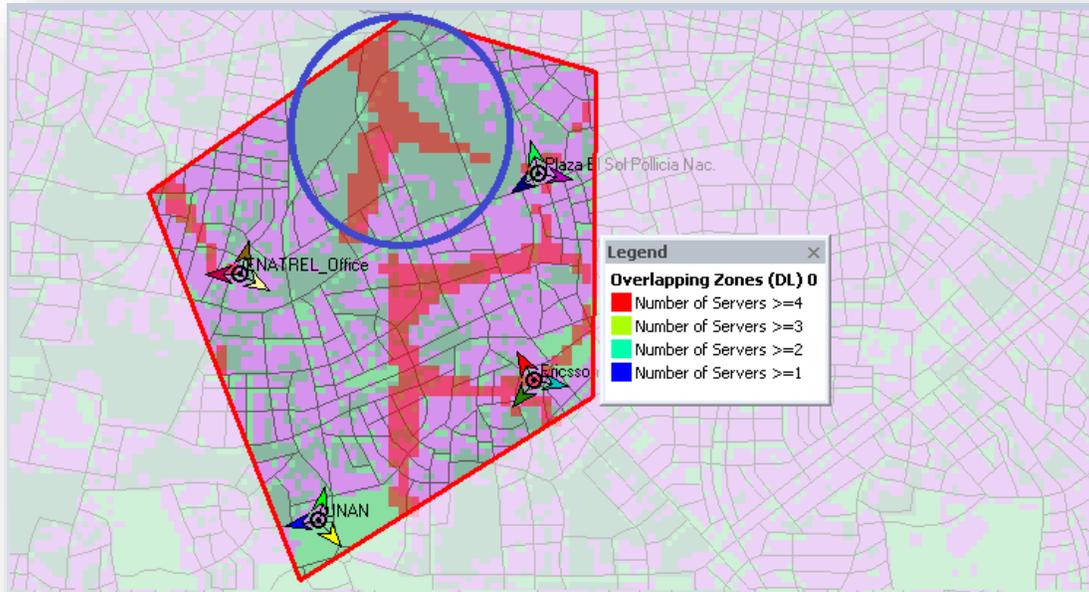


Figura 21: Predicción por Overlapping zone de 4 o más transmisores.

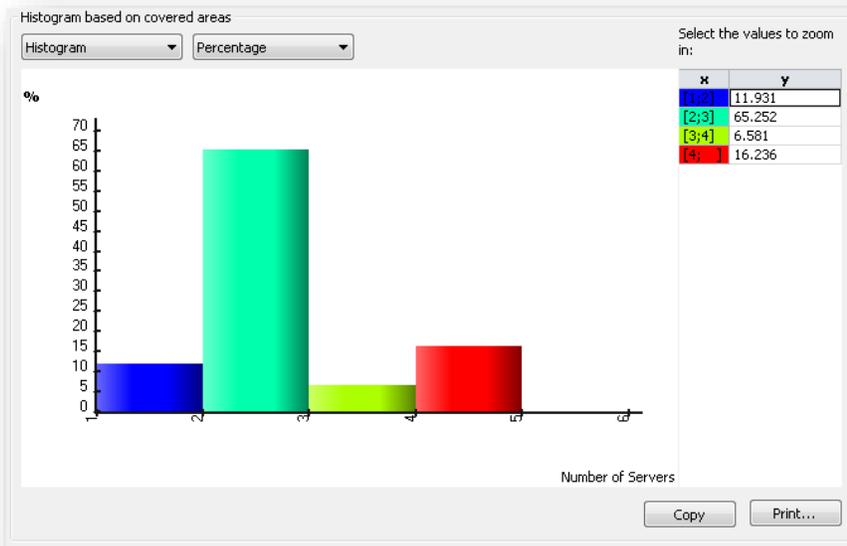


Figura 22: Histograma basado en Overlapping zone de 4 o más transmisores.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

La figura 22 muestra el histograma de la predicción por overlapping zone. Esta nos muestra que el 16.236% de nuestra zona de cálculo presentan 4 o más servidoras, y una buena parte de este porcentaje afecta el área donde está ubicado el RUSB-UNI (Ver círculo azul en la figura 21).

Gracias a este diagnóstico, podemos intuir que el principal causante de los percances que muestra nuestras malas experiencias como usuarios finales de la red Wimax, es debido a la alta presencia de transmisores con niveles óptimos de potencia en la zona del recinto universitario.

CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN

Luego de haber diagnosticado mediante walktest, drivetest, y predicciones con el software Atoll, en este capítulo se muestran las propuestas de optimización para corregir el problema de interferencia por múltiples servidoras.

Para corregir este problema, podemos llegar a realizar dos tipos de optimizaciones, una que nos permita variar el azimuth y otra que nos permita variar el tilt eléctrico, sin embargo, modificar el azimuth es muy poco deseado por los operadores, debido a que esto implica contratar personal especializado para realizar ajustes físicos a la antena. No obstante, dado que estas antenas cuentan con tilt eléctrico, el cual es una optimización que se puede ejecutar vía software, procedimos a proponer esta optimización:

4.1 Optimización por medio de cambio de tilt eléctrico

En optimización de redes inalámbricas, el tilt eléctrico representa la inclinación (en dirección vertical) del haz de propagación radioeléctrica, gracias a este parámetro podemos direccionar de manera precisa nuestro transmisor para cubrir nuestra área de interés.

En cada emplazamiento existen 6 transmisores, de esos transmisores, por pareja comparten el mismo azimuth y tilt eléctrico, la empresa decidió arreglarlo de esta manera debido a que el ancho del haz de las antenas utilizadas es de 65° , debido a que contamos con este tipo de antena, decidimos realizar una propuesta de optimización por tilt eléctrico tomando en cuenta que mantendremos los azimuths pero modificaremos los tilts eléctricos, de tal manera que una antena cubra el área cercana al emplazamiento y la otra la elevamos para que cubra el área lejana en la misma dirección, a continuación en la tabla 5 se muestra la optimización.

Cómo podemos ver, los emplazamientos de “Plaza el sol 3” y “Plaza el sol 6” tenían el mismo tilt eléctrico. Luego de la optimización, “Plaza el sol 3” quedo con un tilt eléctrico bajo, de tal manera que cubra el área cercana a la radio base y “Plaza el sol 6” lo hemos dejado con tilt eléctrico alto para que cubra el área lejana de la radio base a este método le llamamos “near field/far field”. Este mismo proceso se aplicó con los demás sectores de interés.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Tabla 7: Modificaciones de tilt eléctrico.

Estación	Tilt Eléctrico Original	Tilt Eléctrico Simulación
Plaza el sol 3	2	2
Plaza el sol 6	2	7
Ericcson 1	5	2
Ericcson 4	5	7
Enatrel office 1	4	2
Enatrel office 4	4	7
Plaza el sol 1	4	2
Plaza el sol 4	2	7
Plaza el sol 2	5	2
Plaza el sol 5	5	7
Ericcson 3	2	2
Ericcson 6	2	7
Unan 1	5	2
Unan 4	2	7

Luego de haber modificado nuestros valores de tilt eléctrico en nuestra simulación de red Wimax, a continuación, mostramos predicciones de overlapping zone para evaluar el resultado de la optimización. En la figura 23 y 24 se muestran los resultados de la predicción por overlapping zone y su respectivo histograma. Se puede observar, que se logró reducir las zonas de overlapping zone en un 71.9% con respecto al overlapping zone de la red actual.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

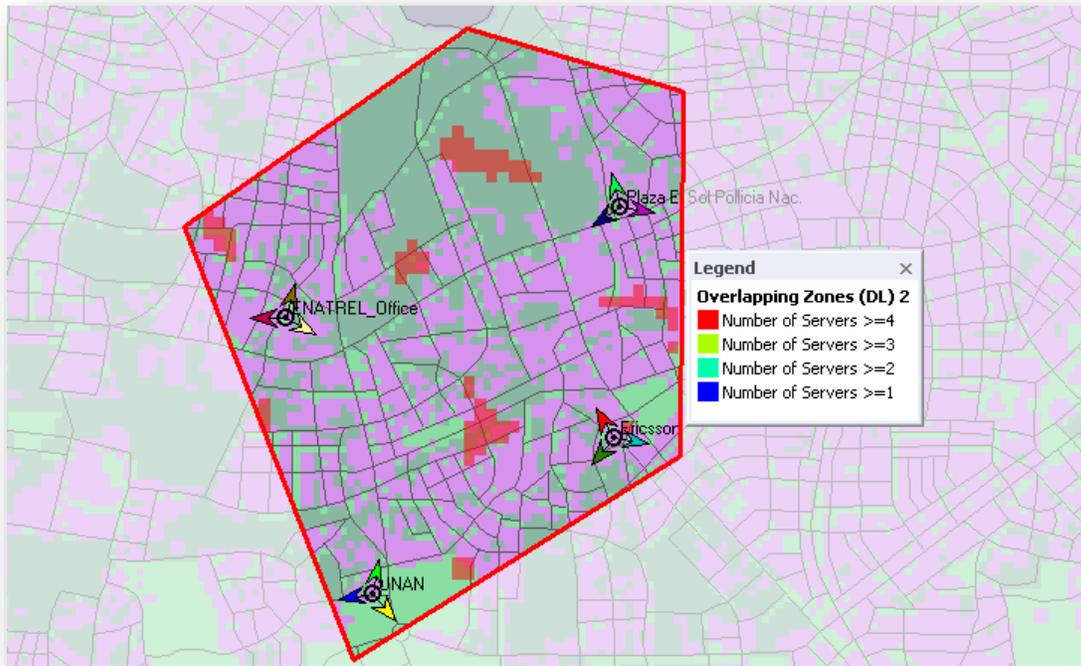


Figura 23: Evaluación de propuesta de optimización (tilt eléctrico modificado).

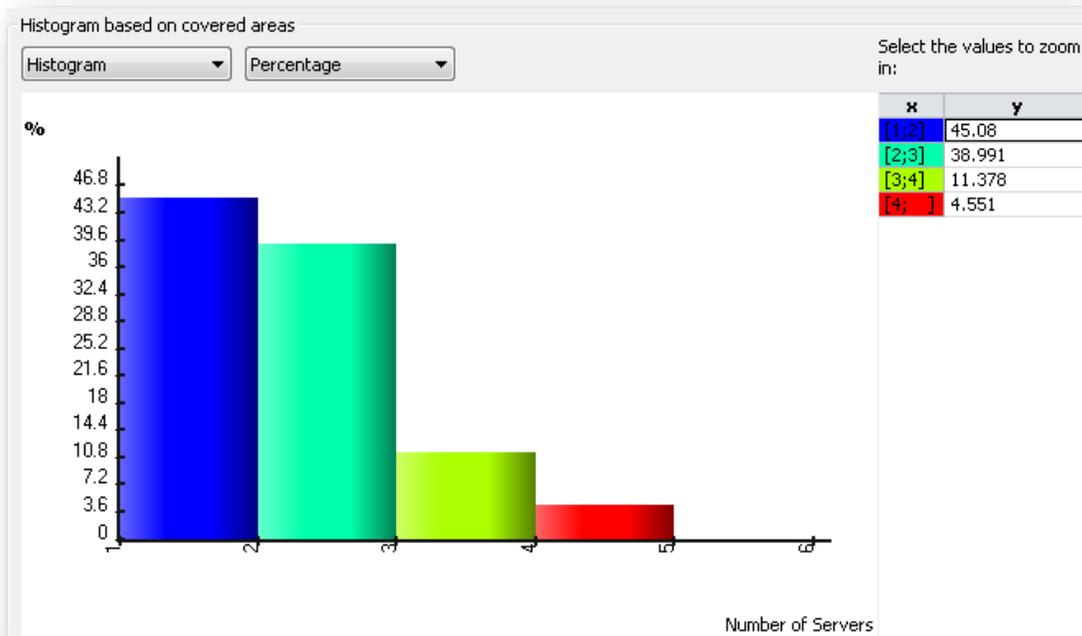


Figura 24: Histograma de presencia de transmisores (tilt eléctrico modificado).

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

Dicha propuesta es óptima, ya que las modificaciones de tilt eléctrico pueden ejecutarse vía software, siendo esta una opción tanto efectiva como de bajo costo. Sin embargo, al presentar esta propuesta de optimización al personal de contacto del operador Yota de Nicaragua, nos comentaron que ellos utilizan antenas dual-band en su infraestructura de red, estas son antenas que operan en dos bandas de frecuencia utilizando la misma antena. Por tanto, en lugar de que cada sitio tenga 6 antenas independientes, realmente son 3 antenas, por lo que la modificación de tilt eléctrico de manera independiente, no es posible. Debido a esto, una propuesta optimización por azimuth o tilt mecánico tampoco es viable.

4.2 Optimización por instalación de nuevo sitio.

Debido a que nuestra propuesta de optimización anterior fue descartada debido a la falta de viabilidad por tipo de antena, propondremos la siguiente solución:

Desmontar 3 de los sectores que actualmente cubren el recinto universitario, específicamente los transmisores “Ericcson 4”, “Enatrel office 4” y “Plaza el Sol 4”, para luego ubicarlos en las inmediaciones de “Radio Ya” aprovechando su infraestructura de torre ya existente para desplegar equipos de telecomunicaciones. Una vez creado el nuevo sitio podemos definir el azimuth y los tilt eléctricos de cada transmisor, cabe señalar que las modificaciones a estos parámetros fueron seleccionadas de tal manera que se pudiera reducir la mayor cantidad de overlapping zone, luego de realizar pruebas exhaustivas, quedamos con estas configuraciones que mostramos en la siguiente tabla.

Tabla 8: Modificaciones de tilt eléctrico y azimuth, nuevo sitio.

Sitio anterior	Sitio Nuevo	Tilt eléctrico	Azimuth
Ericcson 4	Radio ya 1	2	290
Enatrel office 4	Radio ya 3	7	28
Plaza el sol 4	Radio ya 5	3	155

Las figuras 25 y 26 muestran los resultados de predicción de overlapping zone y su respectivo histograma. Como podemos ver tenemos una reducción de overlapping zone de 4 o más servidoras de equivalente a un 73.5 % de reducción. Esto muestra que la instalación de una nueva estación sería una solución apropiada para optimizar la red de Yota actual en el campus RUSB – UNI, no obstante, sería una opción muy costosa de implementar para el operador.

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE YOTA DE NICARAGUA EN LAS INMEDIACIONES DEL RUSB-UNI.

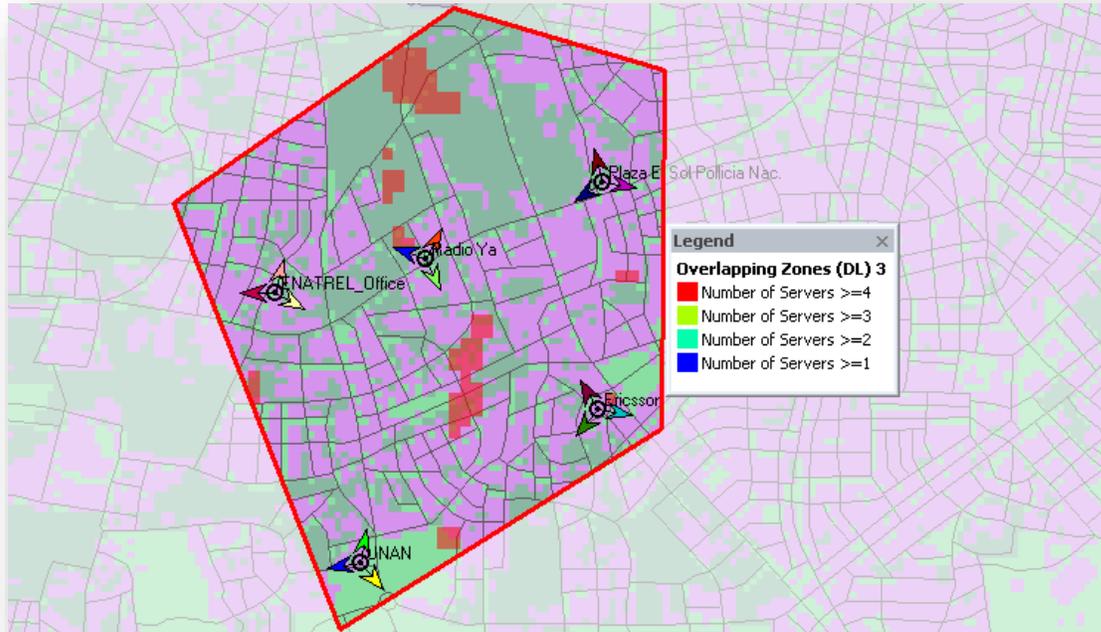


Figura 25: Evaluación de propuesta de optimización (Nuevo sitio).

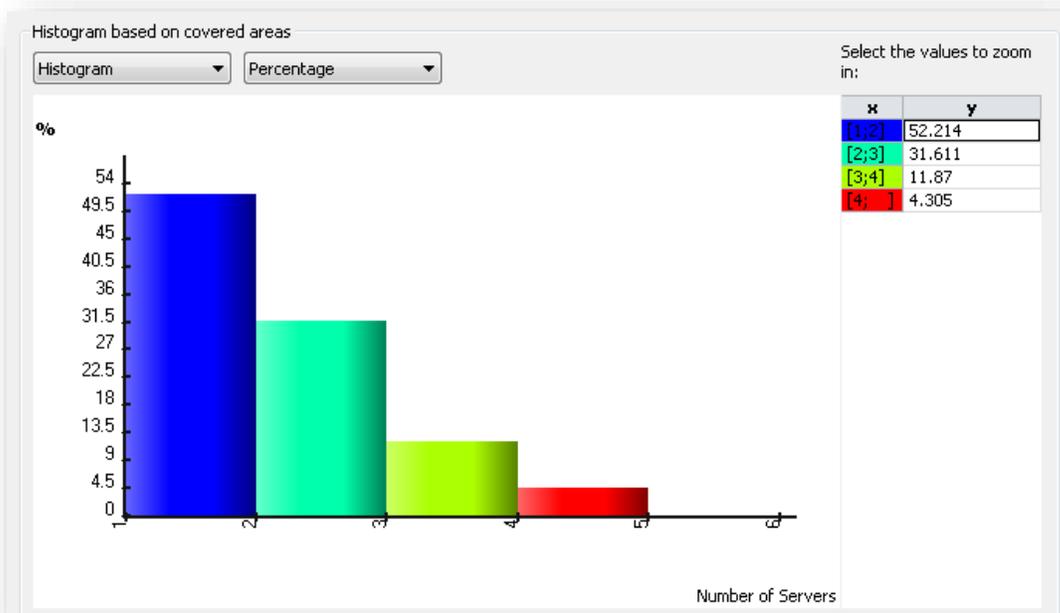


Figura 26: Histograma de presencia de transmisores (Nuevo sitio).

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En la presente monografía se presentan propuestas de optimización para la red de acceso de Yota de Nicaragua en las inmediaciones del Recinto Universitario Simón Bolívar.

Primeramente, se ejecutó un walktest, evidenciando problemas de conectividad en las inmediaciones del recinto universitario, lo que repercute en los valores promedio de velocidad de descarga obtenidos en los walktest. Sin embargo, este resultado no fue concluyente, por tal motivo se realizó un drivetest de RSSI y CINR con equipos de la empresa Yota de Nicaragua, encontrando que los valores de RSSI están en los niveles deseados. No obstante, se obtuvo que un 66.16% de las muestras obtenidas en el recorrido muestran valores por debajo de 15 dB para el CINR, siendo esta la causa de los problemas de conectividad experimentados durante los walktest.

Una vez diagnosticado el problema, procedimos a diseñar una red con las configuraciones proporcionadas por Yota para esta red en la herramienta Atoll, una vez montada la red con esta configuración, evidenciamos por medio de predicción por overlapping zone, que el problema es ocasionado por la presencia de 4 o más servidoras en un 16.236% de nuestra área de interés definida en el software.

Una vez visto esto, propusimos una primera optimización basada en tilt eléctrico, utilizando una metodología la cual definimos como “cercano/lejano” reduciendo la convergencia de 4 o más servidoras en un 71.9%. Sin embargo, al presentar nuestra propuesta a la empresa Yota de Nicaragua, nos informaron que son antenas dual-band, las cuales no permite cambios de tilt eléctrico independientes a cada uno de los transmisores. Esto también ocasiona, que una posible propuesta de optimización de tilt mecánico o azimuth, aunque sean válidas, no sean viables en este caso.

Finalmente, se propone la reubicación de 3 transmisores de los diferentes sitios que cubren nuestra zona de interés y emplazándolos en las inmediaciones de la Radio Ya debido a que presta la infraestructura de torre para desplegar equipos de telecomunicaciones. Con esta alternativa se logró una reducción de un 73.5% de la presencia de 4 o más servidoras en el área de interés definida en Atoll.

5.2 Recomendaciones

- 1- Ya que el walktest fue realizado de manera empírica, creemos que sería recomendable que la Universidad Nacional de Ingeniería contara con equipos de walktest certificados, de tal manera que los estudiantes puedan incorporar este elemento a sus prácticas dentro de su formación académica.
- 2- Recomendamos basados en nuestra experiencia, el trabajar de cerca con el operador de la empresa de telecomunicaciones que experimenta el problema, ya que facilita en gran medida el trabajo. Sin embargo, hay que armarse de abundante paciencia, debido a que los tiempos de respuesta no están en pos del desarrollo de las monografías, si no, a sus propios procesos internos.

6. Bibliografía

- [1]. J. Andrews, A. Ghosh, R. Muhamed, "Fundamentals of WiMax understanding broadband wireless Networking", Prentice Hall, 2007.
- [2]. J. Benavente Carmona. Implementación red inalámbrica WiMAX-Wifi, Universidad de Oberta Cataluña, TFC, 2015.
- [3]. Referencia Web: <http://www.intechopen.com/books/trends-in-telecommunications-technologies/quality-of-service-differentiation-in-wimax-networks>
- [4]. Referencia Web: <http://redeswifi1.blogspot.com/p/511-arquitectura-de-una-red-wimax.html>
- [5]. L. Nuaymi, "WIMAX: Technology for broadband Wireless Access John Wiley & sons, 2007.
- [6]. Xiaoyong Yu, "ESTIMATION OF CINR AND RSSI IN A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM", 2006.
- [7]. Referencia Web: <https://forum.vividwireless.com.au/forum/faqs/faq-what-are-rssi-and-cinr-all-about>
- [8]. Manual de Atoll 3.1.0, AtollTM LTE Features, Forsk 2011.