

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y  
AMBIENTAL**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**“ANÁLISIS DE ACCESO A INTERNET DE BANDA ANCHA VIA  
MICROONDAS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA AIRMAX AL CLIENTE  
MOLITALIA – SUCURSAL CHICLAYO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

CRUZ VIVAR, HENRY ABAD

**Villa El Salvador**

**2015**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios y mi familia**

Que siempre han demostrado su iniciativa por lograr encaminarme en mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis Padres y hermanos por su ayuda incondicional.

A mi Señora e hijo por ser el motor y motivo de mi perseverancia aún en momentos de decaimiento pero que supimos superarlo como toda familia unida.

A mis Profesores de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones por todas sus enseñanzas y sus evaluaciones porque solo así logré aprender mucho más y entender todo el conocimiento adquirido en cada clase.

## ÍNDICE

	Pág.
INDICE .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	09
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	11
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA .....	11
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.3.1. ESPACIAL .....	12
1.3.2. TEMPORAL .....	12
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.5. OBJETIVO.....	12
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
2. MARCO TEÓRICO .....	13
2.1 ANTECEDENTES.....	13
2.2 BASES TEORICAS .....	14
2.2.1 POTENCIA DE RECEPCIÓN .....	14
2.2.2 PERDIDA POR LLUVIA, GASES Y FACTORES .....	14
2.2.3 PERDIDAS DE ESPACIO LIBRE .....	15
2.2.4 PERDIDAS EN LOS RADIOENLACES DE MICROONDAS .....	15
2.2.5 CALCULO DEL PUNTO DE REFLEXION .....	15
2.2.6 ZONAS DE FRESNEL .....	16
2.2.7 PROTOCOLO TDMA DE AIRMAX .....	17
2.2.8 TOPOLOGÍA .....	18
2.2.9 ARQUITECTURA 802.11.....	19

2.2.10 LAS ANTENAS .....	19
2.2.11 CLASIFICACION DE LAS ANTENAS .....	21
2.2.12 CONECTORES .....	23
2.2.13 TIPOS DE ENLACES .....	24
2.2.14 MODULACION EN MICROONDAS .....	26
2.2.15 ENLACES EN MICROONDAS TERRESTRES.....	27
2.3 MARCO CONCEPTUAL .....	28
3. DISEÑO/DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	35
3.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	35
3.2 ANALISIS DEL SISTEMA DE RADIOENLACES.....	39
3.3 PRUEBAS DE ENVIO DE PAQUETES DE VOZ Y DATA.....	65
3.4 REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS .....	66
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES .....	67
BIBLIOGRAFÍA .....	68
ANEXOS .....	69

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 01: Tipos de Antenas en Microondas.....	20
FIGURA 02: Formas de Irradiación en Antenas .....	20
FIGURA 03: Antena Sectorial.....	21
FIGURA 04: Antena Omnidireccional.....	22
FIGURA 05: Antena Panel .....	22
FIGURA 06: Conector Pigtail.....	23
FIGURA 07: Power Over Ethernet .....	24
FIGURA 08: Enlace Punto a Punto .....	24
FIGURA 09: Enlace Multipunto .....	25
FIGURA 10: Modulación en Microondas .....	26
FIGURA 11: Enlace en Microondas Terrestres .....	28
FIGURA 12: Esquema General de la Instalación .....	35
FIGURA 13: Vista Satelital de la EBC Camino Pimentel.....	35
FIGURA 14: Vista Real de la EBC Camino Pimentel .....	36
FIGURA 15: Vistas desde la parte superior de la Torre EBC .....	36
FIGURA 16: Imagen de NanoStation en Cliente Molitalia - Chiclayo .....	38
FIGURA 17: Sectores de Cobertura EBC Camino Pimentel - Chiclayo .....	38
FIGURA 18: Distintas formas de pruebas de envío de paquetes en simultaneo...	63
FIGURA 19: Ejemplo de envío de paquetes mediante una IP de la EBC .....	64
FIGURA 20: Envío de 15000 paquetes de Voz y Data en ms .....	65
FIGURA 21: Envío y recepción de paquetes en 1ms o 2ms para conectividad ....	65

## INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación lleva por Título **“ANÁLISIS DE ACCESO A INTERNET DE BANDA ANCHA VIA MICROONDAS UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA AIRMAX AL CLIENTE MOLITALIA – SUCURSAL CHICLAYO”**, para optar el Título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, presentado por el Bachiller Henry Abad Cruz Vivar.

Desde sus inicios el hombre ha tenido la necesidad de comunicarse. Esta idea se ha extendido con el paso de los años, y gracias a los continuos desarrollos y avances de la tecnología ha sido posible que dicha inquietud no se vea limitada, hasta el punto que no es necesario que dos sitios se encuentren próximos para poder lograr una comunicación entre ellos.

En la actualidad las Redes Inalámbricas han tomado una notable importancia puesto que ha despertado el interés de muchos en lo que respecta a poder comunicar diferentes equipos de cómputo sin la necesidad de utilizar redes cableadas, es decir de manera inalámbrica cuando están separadas a gran distancia. También cabe mencionar que la necesidad de compartir información entre los integrantes de una organización dio origen a las denominadas redes informáticas. En sus inicios, por distintas limitaciones, el área de cobertura de estas redes estaba acotada al ámbito local. Los radioenlaces de microondas permiten la transmisión económica, eficiente y simultánea de grandes volúmenes de información sin importar su naturaleza (video, audio o datos), en condiciones que muchas veces son adversas para los medios cableados.

Que dos lugares distantes puedan estar comunicados es un hecho de gran importancia, puesto que permite reducir el tiempo en que la información deseada llega de un extremo a otro. Anteriormente para lograr comunicar 2 ciudades, y más aún 2 continentes, era necesario disponer de cierto tiempo considerable, si no era totalmente imposible; sin embargo en la actualidad es factible conseguir una satisfactoria transmisión de información minimizando el tiempo y aprovechando al máximo el mismo.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El Primer Capítulo comprende el Planteamiento del Problema, el Segundo Capítulo el Desarrollo del marco teórico y el Tercer Capítulo corresponde al desarrollo del Proyecto (Trabajo, caso, proyecto de negocios).

El Autor.

## **CAPITULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Empresa Molitalia tiene su red operativa en la ciudad de Lima (oficina central), teniendo en sus oficinas todo el mecanismo y centrando todas las sedes comerciales de Lima y Provincias. Ahora cuando se tiene que crear una nueva Sede en Provincias se tiene el inconveniente de tener que crear una conexión de datos e información desde el interior del País hacia la central ubicada en Lima.

Otro inconveniente muy usual en Provincias al crear una nueva Sede es que se tiene que levantar la data del día a día en el máximo de una semana (para el caso de la empresa molitalia) puesto que su información tiene que ser llevada vía red hacia la central ubicada en Lima.

En el transcurso del contrato con la operadora local el cual le ofrece una interconexión vía Fibra Óptica desde su Sede en Chiclayo hacia su Sede Central en Lima le informa a su vez que esto demora entre unos 2 o 3 meses aproximadamente (por problemas de tendido de Fibra).

Es en ese momento que el Operador Local le ofrece a la Empresa Molitalia una interconexión alternativa y provisional mediante un Radioenlace vía microondas que le permitirá mantener su información actualizada y conectada a su Sede Central en el cual no tendrá problemas de actualización y levantamiento de datos.

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.**

Molitalia, es una empresa líder en el mercado en ventas de alimentos y golosinas más grande del Perú, cuenta con más de tres mil trabajadores distribuidos en cuatro plantas y doce agencias en las principales capitales del departamento del Perú. Participa en distintas categorías de alimentos y golosinas entre otras, pastas, harinas, sémolas, galletas, wafers, bizcochos, chocolates, caramelos, avenas, conservas de pescado, y otros.

El trabajo en Provincias es levantar nuevas Sedes donde se hace Almacenes dedicados a la distribución y ventas de sus productos; registrando el trabajo diario y enviado hacia la central ubicada en Lima.

La problemática que enfrenta la empresa una vez creado una nueva Sede (Almacén) en provincia, como es el caso de Chiclayo es:

- a) Comunicación y registro del total de ventas y ganancias al Sistema de Red y transferirlo a la Sede Central ubicada en Lima.
- b) Equipamiento del Sistema de Red en un tiempo mínimo para poder tener todas las condiciones óptimas y así trabajar sin tener inconvenientes.
- c) Obtener Internet de Banda Ancha.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

La implementación de dicho proyecto nos permitirá brindarle las facilidades a la empresa Molitalia a realizar un Radioenlace a través de una comunicación mediante una Estación Base dándole la posibilidad de transmitir Internet mediante la tecnología Airmax y a su vez de enviar toda la data desde la Sede de Chiclayo hacia la Sede Central ubicada en Lima.

La instalación mediante Fibra Óptica le proporcionará todos los beneficios que pueda solicitar, pero por un tema de tiempos y demoras (por lo menos 2 a 3 meses), éste servicio de Fibra Óptica no le conviene de manera inmediata, mientras que el servicio de Radioenlace conectado hacia una Estación Base de un operador de Telecomunicaciones le brindará los servicios básicos, pero con la garantía de seguir conectados con todas las Sedes; una vez hecho el enlace y a su vez ya con el servicio de Fibra Óptica éste(radioenlace) quedará para un futuro como un Backup de garantía de información.

El costo/beneficio es sumamente económico y rápido, puesto ayudará a seguir interconectados, brindándole los servicios básicos de Internet y a su vez

brindándole todas las posibilidades de intercambio de información con su Sede Central.

### **1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

**1.3.1 Espacial.-** La presente implementación se realizará en la Ciudad de Chiclayo, del departamento de Lambayeque.

**1.3.2 Temporal.-** Comprende el periodo de Noviembre 2014 – Marzo 2015.

### **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

- ¿Cómo se puede analizar un Sistema de Radioenlace en lo que se refiere a su capacidad de brindar internet de banda ancha a la Sede de Molitalia en Chiclayo y permitirle que estén conectados a su Sede Central en Lima?

### **1.5 OBJETIVOS**

#### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL.-**

Realizar un análisis de un sistema de radioenlace que brinde internet de banda ancha, vía microondas desde una estación base a la sede de Molitalia ubicada en la ciudad de Chiclayo.

#### **1.5.2 OBJETIVO ESPECIFICOS.-**

- Establecer la comunicación entre una Estación Base (EBC – Estación Base Celular) y uno o varios clientes (CPE – Equipos instalados al cliente), los cuales le brindarán servicios de voz y data de manera inalámbrica.
- Brindar de manera compacta y en corto tiempo una instalación inalámbrica con la misma seguridad que le brindaría un servicio mediante cable de red, corriendo un riesgo mínimo de pérdidas.
- Facilitar un mercado más comercial mediante la tecnología inalámbrica que hoy en día está un poco alejada de lo cotidiano con respecto a la tecnología mediante cable de red.

## **CAPITULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

A lo largo del Análisis del Proyecto, se encontraron varios trabajos que sirvieron de ayuda para el presente trabajo, entre ellas están:

Manuel Céspedes (2013). “Implementación de la Red Inalámbrica sobre Radioenlace en la Corporación Kola Mar”, Este proyecto surgió a causa de que en la actual Sede disponía de un Sistema de comunicación inalámbrica defectuosa y con atenuaciones y perdidas de paquetes. La comunicación entre diferentes áreas de la Corporación Kola Marina transmitiendo datos de forma segura era su meta principal para la realización del proyecto. Para ello se hizo la implementación del nuevo Sistema de Red Inalámbrica logrando concluir que las nuevas radios implementadas lograron dar comunicación óptima y con buenos resultados.

Angel Cervantes (2012): “Comunicación inalámbrica desde una Estación Base de Claro usando equipos Netkrom al Cliente Finagas”. Este trabajo de implementación se logró con el equipamiento de Radios Netkrom transmitiendo 2Mbps al Cliente para su instalación de internet de banda ancha, lo cual trajo como conclusión que se logró la optimización del radioenlace con comunicación perfecta y sin interferencias.

Carlos Maineri (2013): “Propuesta de un diseño de Red inalámbrica vía microondas para comunicar con los centros de Essalud de la ciudad del Cusco”. Este diseño trata de una red inalámbrica que permita interconectar las Sedes de Essalud ubicadas en la ciudad del Cusco. Aquí se planteó el desarrollo de la parte de Hardware y Software adecuado para la interconexión de dichas Sedes. Se concluyó que la comunicación no trajo inconvenientes y la instalación e implementación así como las pruebas de operatividad le dieron una mejora del 100% a la comunicación entre los locales de Essalud.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Potencia de Recepción

La potencia de disponible en el receptor depende de la potencia entregada por el transmisor y las diferentes pérdidas y ganancias que aparecen en el trayecto del transmisor al receptor. Al considerar todas estas variables se tiene la siguiente ecuación que es conocida como ecuación general del radioenlace.

$$P_R = P_{Tx} + G_T + G_R - L_G \quad (\text{Ec 2.1})$$

$P_R$ : Potencia recibida en dBm

$P_{Tx}$ : Potencia del transmisor en dBm

$L_G$ : Pérdidas totales del radioenlace

### 2.2.2 Tecnología Ubiquiti

Ubiquiti Networks diseña, desarrolla y comercializa la revolucionaria familia de productos inalámbricos de banda ancha para exteriores de AirMax, ideales para operadores de redes, grandes fabricantes de productos originales (OEM), proveedores de acceso inalámbrico a Internet y aplicaciones militares.

### 2.2.3 Pérdidas de Espacio Libre

La siguiente ecuación permite hallar las pérdidas por propagación en el espacio en ausencia de obstáculos:

$$L_{bf} = 92,45 + 20 \cdot \log f(\text{GHz}) + 20 \cdot \log d(\text{Km}) \quad (\text{Ec 2.2})$$

$L_{bf}$ : Pérdidas en espacio en ausencia de obstáculos

$d$ : Distancia entre transmisor y receptor en Km.

$f$ : Frecuencia en GHz

### 2.2.4 Pérdidas en los Radioenlaces de Microondas

Las pérdidas totales de cada vano se hallan mediante la sumatoria (en unidades logarítmicas) de las pérdidas introducidas por los equipos del sistema de microondas (que son atribuidas a los guías de onda, conectores, filtros y las inherentes a la antena) y las pérdidas de propagación que están conformadas por; las pérdidas por gases y vapores atmosféricos, las pérdidas por rayo reflejado y las pérdidas de espacio libre.

$$L_G = L_{Tx} + L_{Rx} + L_P \quad (\text{Ec. 2.3})$$

$L_G$  : Pérdidas totales del radioenlace de microondas.

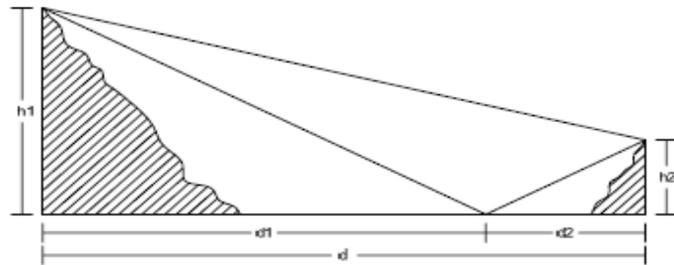
$L_{Tx}$ : Pérdidas del sistema de transmisión de microondas.

$L_{Rx}$ : Pérdidas del sistema de recepción de microondas.

$L_P$ : Pérdidas por espacio libre, gases y vapores atmosféricos en dB.

### 2.2.5 Cálculo del Punto de Reflexión en el Modelo de Tierra Plana

En el cálculo del punto de reflexión, cuando la distancia entre la antena transmisora y receptora no excede los 15Km, debe considerarse que el arco terrestre comprendido entre ambas antenas es muy pequeño, por tal motivo se considera plano el terreno, en este caso se aplicara el siguiente análisis geométrico:



Rayo reflejado en el modelo de tierra plana

En la cual se halla el punto de reflexión mediante las siguientes ecuaciones:

$$d1 = \frac{h1}{h1 + h2} \cdot d \quad (\text{Ec 2.4})$$

$$d2 = \frac{h2}{h1 + h2} \cdot d \quad (\text{Ec 2.5})$$

Dónde:

d: Distancia entre los extremos del vano.

d1: Distancia del transmisor (Tx) al punto de reflexión.

d2: Distancia del punto de reflexión al receptor (Rx)

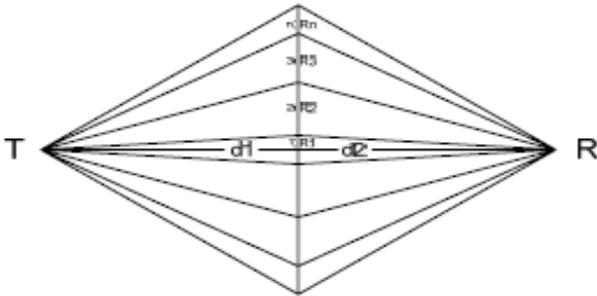
h1: Altura de la antena transmisora (Tx)

h2: Altura de la antena receptora (Rx)

### 2.2.6 Zonas de Fresnel

El frente de onda propagado por la antena transmisora experimenta un desfase a medida que se aleja el eje longitudinal de propagación diferenciando las llamadas *zonas de Fresnel*. Consideremos el trayecto radioeléctrico en el espacio libre TR. El campo en R es  $e_0$ , es la resultante de contribuciones de campo producidas por anillos de radios  $R_{n-1}$ ,  $R_n$  dispuestos en planos ortogonales al eje TR, como el indicado en la figura 1.2, situados a distancias  $d_1$  y  $d_2$  de T y R, respectivamente. Cada anillo define y delimita una zona de Fresnel.

Los radios de los anillos cumplen la condición:



Representación de los radios de Fresnel

$$R_n = 548 \sqrt{\frac{n \cdot d1 \cdot d2}{f \cdot d}} \quad (\text{Ec 2.6})$$

Dónde:

$R_n$ : Radio de la n-sima zona de Fresnel

$f$ : Frecuencia (MHz)

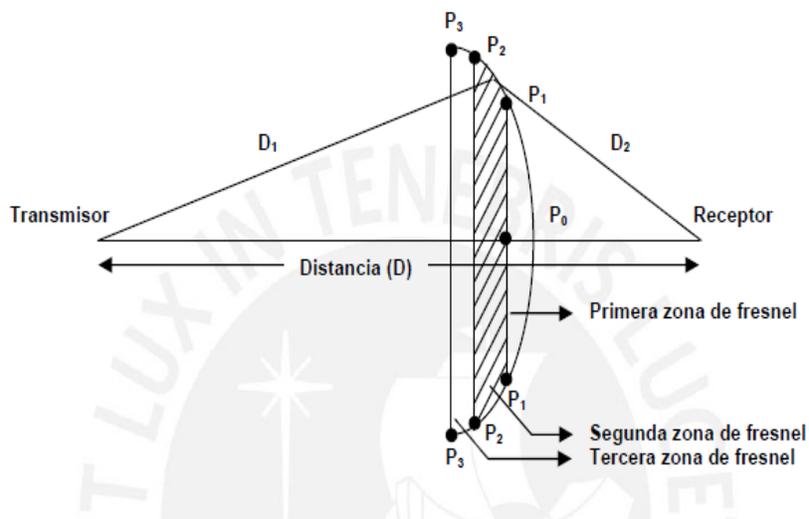
$d1$ : Distancia del transmisor al plano considerado (Km)

$d2$ : Distancia del plano considerado al receptor (Km)

$d$ : Distancia del transmisor-receptor (Km)

### 2.2.7 Protocolo TDMA de Airmax

El protocolo TDMA de AirMax fue diseñado teniendo en cuenta la velocidad y la escalabilidad. Tradicionalmente, las soluciones más económicas de radio de banda para exteriores sin licencia se han basado en el estándar 802.11 (o WiFi). Si bien estas soluciones ofrecen buenos resultados en implementaciones de pequeña escala, pierden calidad de rendimiento de manera exponencial a medida que se agregan más clientes y causan colisiones y retransmisiones. La tecnología AirMax de Ubiquiti soluciona estos problemas a través del uso de un protocolo de hardware TDMA acelerado que consiste en un coordinador de sondeo inteligente con programación inteligente y detección nativa de paquetes VOIP. El resultado es una red que puede escalar a cientos de clientes por estación base y a la vez mantiene baja latencia, alto rendimiento y calidad de voz sin interrupciones.



Las zonas de Fresnel son elipsoides concéntricos formados por la revolución de la figura 1.2 alrededor del eje TR. Su foco son los puntos T y R. Las secciones de los elipsoides normales al trayecto de propagación TR son círculos concéntricos. El análisis de la influencia de los obstáculos se realiza mediante los elipsoides de Fresnel, considerándose que la propagación se efectúa en condiciones de visibilidad directa si no existe ningún obstáculo dentro el primer elipsoide. Debido al carácter oscilatorio del campo es innecesario que el trayecto pase muy por encima de los obstáculos. Basta trabajar en el entorno de la primera zona de Fresnel, por lo que se utilizara como parámetro de referencia el radio  $R_1$ , haciendo  $n=1$  en la ecuación 2.6 queda:

$$R_1 = 548. \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \quad (\text{Ec 2.7})$$

Cuando el rayo pasa cerca de un obstáculo o es interceptado por este, experimenta una pérdida debida a la difracción. Se denomina despeje a la distancia  $h$  entre el rayo y el obstáculo.

### 2.2.8 Topología

Las redes inalámbricas hacen exactamente el mismo trabajo que realizan las redes cableadas: interconectan ordenadores y otros dispositivos informáticos (impresoras, módem, etc.) para permitirles compartir recursos.

Todos los dispositivos utilizan las mismas frecuencias de radio, entonces las computadoras deben esperar su turno para utilizar el circuito único. Debido a que el sistema emplea ondas de radio, las señal viaja en todas las direcciones desde el AP. El rango máximo desde el

AP a las computadoras depende de la cantidad de interferencia pero es típicamente de 30 a 150 metros.

Un problema potencial es la seguridad. Cualquiera dentro del rango de una WLAN puede recibir transmisiones, por ello la IEE 802.11 cifra todas las transmisiones, de manera que solo aquellas computadoras que tiene la clave puede decodificar y leer los mensajes.

### **2.2.9 Arquitectura 802.11**

Según ISECOM y la IEEE nos dice "en la actualidad existen varios estándares IEEE 802.11", a continuación mencionaremos sólo lo usado en el Análisis del Proyecto:

- **IEEE 802.11g**

Estandarizado en Junio del 2003, provee mayores anchos de banda a 2.4 GHz. Las velocidades son similares a las de 802.11a y tiene compatibilidad con el estándar IEEE 802.11b

- **IEEE 802.11n**

Es la cuarta generación en los sistemas inalámbricos Wi-Fi, compatible en gran parte con los estándares anteriores, trabaja en la frecuencia de 2.4Ghz y 5Ghz. La mejora respecto a los anteriores es el uso de varias antenas de transmisión y recepción (MIMO=Múltiple IN, Múltiple OUT) lo que mejora las características de la señal y permite anchos de banda de 300 Mbps (está propuesto a 540 Mbps). Una característica importante es la capacidad de poder usar una antena exclusivamente para transmitir y otra para recibir, a diferencia de sus predecesoras que usaban la misma antena para ambas acciones, debiendo el transmisor cambiar a modo receptor cada cierto tiempo o usar filtros adicionales. Esto hace que el 802.11n sea ideal para altas velocidades.

### **2.2.10 Las Antenas.**

Aunque todos los dispositivos inalámbricos, tanto los puntos de acceso como los adaptadores de red, ya incorporan su antena propia, en muchas ocasiones es necesario ampliar el tamaño de la red para ofrecer una mayor cobertura.

Tipos de antenas más comunes:

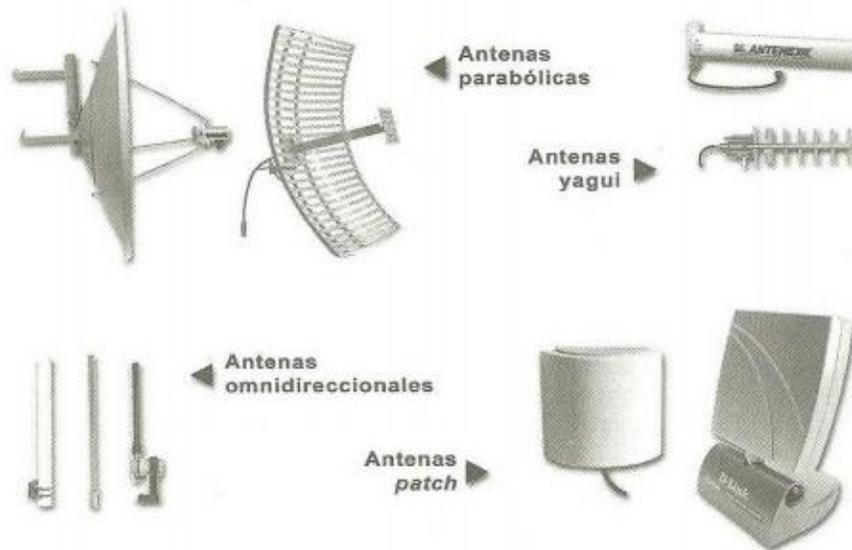


Figura.01. Tipos de Antenas en Microondas

Para obtener el buen resultado en la colocación de antenas exteriores depende no sólo del conocimiento técnico que se tenga de los distintos tipos de antenas y de cómo instalarlos, sino que, además hará falta un cierto componente de experiencia y saber hacer.

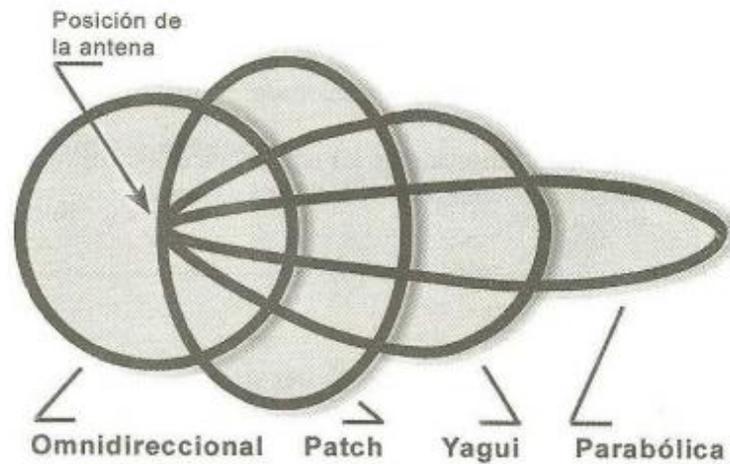


Figura.02. Formas de Irradiación en Antenas.

## 2.2.11 Clasificación de las Antenas:

### a. Sectoriales.

Son antenas direccionales que se utilizan para conexiones punto a multipunto. Con este tipo de antenas se consigue mejorar la ganancia de las antenas omnidireccionales.

Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. La intensidad (alcance) de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional. Las antenas que se usarán en la Tecnología Airmax son del tipo MIMO 2x2.

Para tener una cobertura de  $360^\circ$  (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) deberemos instalar tres antenas sectoriales de  $120^\circ$  ó 4 antenas sectoriales de  $80^\circ$ . Las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales. Son muy utilizadas para enlaces multipunto del lado del transmisor.



Figura.03.Antena Sectorial

### b. Omnidireccionales

Las antenas omnidireccionales son aquellas que irradian en todas las direcciones y también pueden captar la señal procedente de todas direcciones.

Tienen un ángulo de  $360^\circ$  en el plano horizontal. Tienen menor alcance y también son utilizados para enlaces multipunto del lado del transmisor.

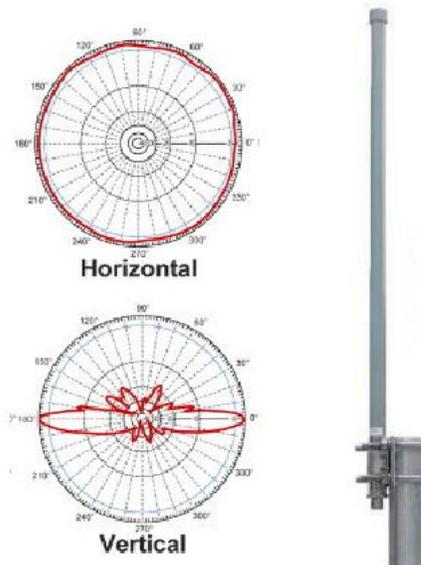


Figura.04. Antena Omnidireccional

**c. Panel**

Son aquellas antenas que internamente poseen una placa de circuito impresa de cobre u otro material con un diseño que hace las funciones de elemento activo de la antenna.



Figura.05. Antena Panel

### 2.2.12 Conectores

La mayoría de los equipos inalámbricos (adaptadores de red y puntos de acceso) disponen de un conector para enchufar una antena externa. Esto es así porque la FCC (el regulador norteamericano de comunicaciones) exige que todos estos equipos vengan equipados con un conector.

Entre los conectores más usados en el proyecto de investigación tenemos:

- **Pigtail**

A diferencia de las antenas, los adaptadores de red Wi-Fi no suelen disponer de un conector tipo N. Esto quiere decir que no se puede conectar directamente el cable de la antena (tipo N) al equipo Wi-Fi (con conector distinto, posiblemente propietario). Para permitir la conexión, es importante conseguir un adaptador del conector tipo N del tipo del equipo (AP).



Figura.06.Conector Pigtail.

- **PoE (Power Over Ethernet)**

Mediante este adaptador algunos equipos inalámbricos (A.P) pueden recibir energía eléctrica a través del cable UTP - Ethernet. Además de los datos mediante el sistema PoE. Se debe tener mucho cuidado a la hora de implementar este sistema de configuración en una red inalámbrica, ya que no todos los equipos soportan PoE.

Es importante verificar el modelo del dispositivo de red para determinar si el puerto soporta PoE.



Figura.07.Power Over Ethernet

PoE permite más flexibilidad cuando se usan puntos de acceso inalámbricos y teléfonos IP, ya que pueden instalarse en cualquier sitio donde discurra un cable Ethernet. De este modo, sólo se debe comprar un switch que soporte PoE en el caso de que se vaya a utilizar esta característica, ya que su costo es bastante elevado.

### 2.2.13 Tipos de Enlaces

#### - Punto a Punto

Es la conexión directa entre dos puntos distantes lo que permite mantener un canal de comunicación por donde se puede transferir servicios multimedia (voz, datos y video), utilizando frecuencias licenciadas y no licenciadas como 2.4Ghz y 5.8Ghz.

Estos Enlaces son los de mayor alcance y pueden alcanzar distancias superiores a los 4Km dependiendo de lo que se desea transmitir ya sea datos, VOIP, internet, etc.

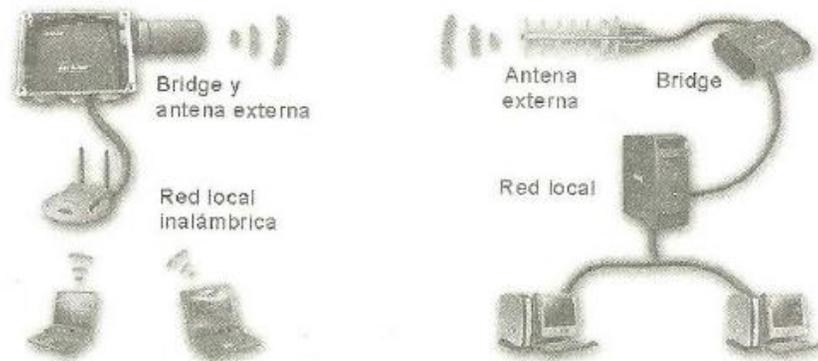


Figura.08.Enlace Punto a Punto

## - Multipunto

El enlace Punto a Multipunto o simplemente Multipunto es un sistema que está conformado por un equipo de comunicaciones o estación base y de equipos remotos o estaciones remotas o estaciones clientes.

Para reducir costos, este sistema consta de una instalación central dotada de una antena multidireccional, a la que apuntan las antenas remotas o clientes. Esto nos da la capacidad de intercomunicar una casa central con muchos puntos remotos.

El radioenlace multipunto proporciona soluciones de conectividad para empresas con centros de trabajo múltiples que necesiten de una gran coordinación y trabajo compartido. Este enlace proporciona a la empresa un entorno de intercambio de información de muy alta conectividad.

Efectivamente, todos los centros conectados por el enlace multipunto formarán parte de una única red local, exactamente como si estuvieran en el mismo lugar.

En estos enlaces multipunto en el nodo transmisor se usa una antena omnidireccional o varias sectoriales conectadas a un Access Point de muy buena potencia; y del lado del receptor se utiliza antenas de diferentes tipos y ganancias dependiendo de la distancia al transmisor (antenas para recepcionar, antena panel, antena grid o parrilla, etc).

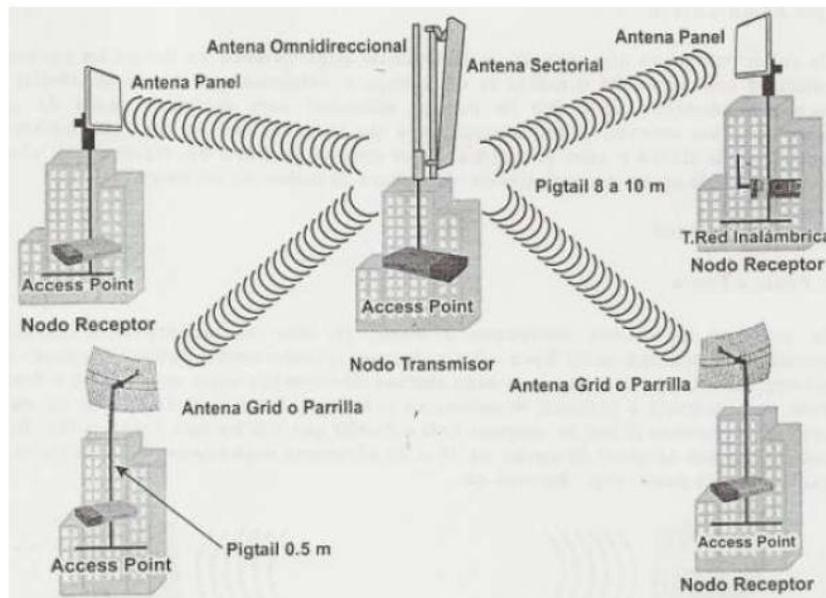


Figura.09.Enlace Multipunto

## 2.2.14 MODULACION EN MICROONDAS

En los sistemas de radio de microondas se usa modulación en frecuencia (FM) más que modulación en amplitud (AM), esto se explica porque las señales de amplitud modulada son más sensibles a no linealidades de amplitud también son inherentes a los amplificadores de microondas de banda ancha. En cambio las señales emitidas en frecuencia modulada son relativamente más robustas a esta clase de distorsión no lineal, y se pueden transmitir por amplificadores que tengan no linealidad de compresión o de amplitud, con relativamente poco demérito. También, las señales emitidas en FM son menos sensibles al ruido aleatorio y se pueden propagar con menores potencias de transmisión.

El ruido de intermodulación es un factor imprescindible en el diseño de sistemas de radio FM. En los sistemas de AM, este ruido es provocado a la no linealidad de amplitud en la repetidora. En los sistemas de FM, el ruido de intermodulación es provocado principalmente por la distorsión de la ganancia de transmisión y del retardo. En consecuencia, en los sistemas FM es una función de la amplitud de la señal y de la magnitud de la desviación en frecuencia. Así las características de las señales de frecuencia modulada son más adecuadas para la transmisión por microondas que las de amplitud modulada.

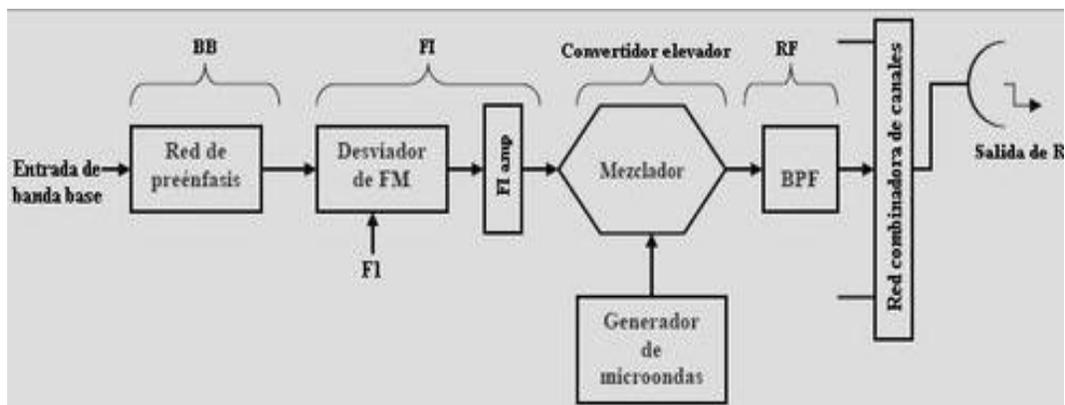


Figura.10.Modulacion en Microondas

### 2.2.15 Enlaces de Microondas Terrestres

Las antenas repetidoras son puestas típicamente sobre torres, cimas y rascacielos con propósito de que no exista ningún obstáculo durante la transmisión entre dos estaciones.

Los enlaces de microondas son costosos; sin embargo, los gastos sobre entornos coaxiales son compensados por algunas ventajas:

- Se reduce el número de repetidores.
- Los canales múltiples pueden ser transmitidos sobre un solo enlace.
- Tiempo de demora mínimos.
- Interferencias mínimas.
- Menos repetidores representan el incremento en la confiabilidad y por lo tanto menos mantenimiento.

Mientras que el cable coaxial es menos propenso a la interferencia de RF, los canales de radio de microondas dependen principalmente de los obstáculos físicos, geográficos y climáticos; entre estaciones de transmisión y recepción. Con el paso de los años, los trayectos de telecomunicaciones por aire se han puesto en exceso, congestionándose con señales eléctricas. Las torres de microondas en áreas metropolitanas grandes se interceptan entre si causando interferencias a menudo. El objetivo de los sistemas de microondas es transmitir la información de una posición a otra sin interrupciones en el receptor. En la siguiente figura se muestra en su forma más simple como se consigue esto.

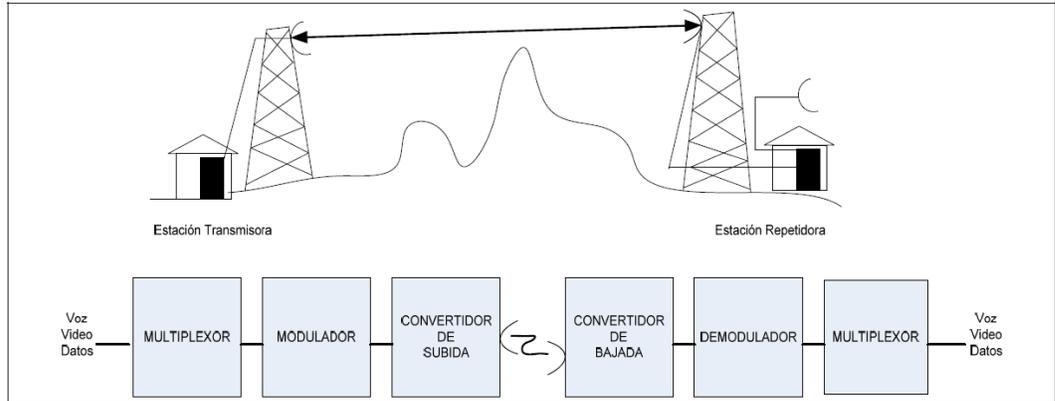


Figura.11.Enlace de microondas terrestres.

La voz, video y canales de datos son combinados mediante una técnica de multiplexar, es decir, producir solamente una señal modulada a la salida y transmitida a través de la atmósfera, para que en el receptor ocurra el proceso contrario. Las frecuencias de microondas se encuentran en el rango aproximado de 2 a 24 GHz; cada frecuencia tiene determinado un espacio de canal y una velocidad de transmisión de bits.

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1.-Definición de términos básicos

#### -Radioenlace

Se denomina radioenlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características.

Se puede definir al radioenlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

### **- Technical Site Survey (TSS)**

Es el estudio de campo previo a realizar la instalación de un radioenlace, las actividades en este producto son:

- Estudio y evaluación de características del lugar.
- Análisis y medidas de propagación.
- Identificación y ubicación de verticales de antenas y cable.
- Identificación de otros operadores.
- Conocimiento de toda la gama de equipos de telecomunicaciones.

### **- Línea de Vista**

Se refiere a un camino limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras. Para que exista la mejor propagación de las señales de alta frecuencia, es necesaria una Línea de vista sólida (limpia – sin obstrucciones).

Cuando se instala un sistema inalámbrico, se debe de tratarse de transmitir a través de la menor cantidad posible de materiales para obtener la mejor señal en el receptor. Siempre habrán problemas si se quiere transmitir a través de cualquier metal o concreto reforzado. Si existe una cantidad significativa de metal muy cercana a la antena de transmisión, las señales se pueden reflejar en ella cancelando parte de la señal transmitida, produciendo como efecto adverso, la reducción del rango y calidad de la señal principal.

### **- Altura**

Es necesario asegurar que el sistema estará instalado a una altura suficiente para prevenir que haya tráfico (autos, personas, etc) pasando entre la antena transmisora y receptora. Si las antenas se instalan a muy baja altura la calidad del enlace se verá afectada cada vez que se presenten obstrucciones en la Línea de Vista.

### **- Tecnología Airmax Ubiquiti Networks**

Ubiquiti se basa en un sistema operativo avanzado capaz de manejar un poderoso sistema inalámbrico a 3.5 Ghz y funciones de enrutamiento, pero desarrollado con una interfaz de usuario simple, limpia e intuitiva.

**- SSID de Estación Base (Base Station SSID)**

El nombre de la red inalámbrica 802.11 (determinado por el Punto de Acceso anfitrión) al cual el dispositivo está conectado:

Mientras opera en modo Estación, muestra el BSSID del Punto de Acceso al cual el dispositivo está conectado.

Mientras opera en modo Punto de Acceso, muestra el BSSID del propio dispositivo.

**- MAC del AP (AP MAC)**

Muestra la dirección MAC del Punto de Acceso donde el dispositivo está asociado mientras que opera en modo Estación. MAC (Media Access Control) es un identificador único de cada radio 802.11.

**- Intensidad de señal (Signal Strength)**

Muestra los niveles de señal inalámbrica recibidos (lado Cliente) mientras opera en modo Estación. Los valores representados coinciden con la barra gráfica. Use la herramienta de alineación de antena para obtener un mejor enlace entre los dispositivos. La antena del cliente inalámbrico debe estar ajustada a máxima potencia. La intensidad de señal es medida en dBm.

**- Tasa de Recepción y Envío (Tx Rate and Rx Rate)**

Muestra la actual tasa de transmisión (Tx Rate) y tasa de recepción (Rx Rate) mientras opera en modo Estación. Las tasas de transmisión disponibles son 1,2,5.5,11Mbps (802.11b) y 6,9,12,18,24,36,48,54Mbps (802.11g, 802.11a). Generalmente a mayor señal, mayor será la tasa de transmisión y mayor el ancho de banda real. Para conseguir el mayor ancho de banda (54Mbps) se requiere una tasa igual o superior a -70dBm.

**- Frecuencia (Frequency)**

Hace referencia a la frecuencia en la opera el Punto de Acceso al que está conectado el dispositivo (cliente). El dispositivo utiliza esta frecuencia para enviar y recibir datos. Para el estándar 802.11a están disponibles las frecuencias desde 5.1-5.9GHz, para el NanoStation3, 3400MHz-3650MHz, y para el estándar 802.11b/g están disponibles las frecuencias 2412MHz-2472MHz.

Sin embargo, el rango de frecuencia depende de las regulaciones locales.

- **CCQ** (Transmit CCQ)

Este es un índice de cómo se evalúa la calidad de la conexión del cliente inalámbrico. Tiene en consideración el conteo de errores de transmisión, latencia, y rendimiento, mientras evalúa la tasa de paquetes correctamente transmitidos en relación con los que deben ser retransmitidos, y tiene en cuenta la actual tasa en relación con la mayor tasa especificada. El nivel está basado en un porcentaje donde 100% corresponde a un enlace perfecto.

### 2.3.1 Estación

Éste es un modo de cliente, el cual se puede conectar con un AP (Punto de Acceso). Es comúnmente usado para enlazarse con un AP. En modo estación el dispositivo actúa como la estación del suscriptor (CPE) mientras que se conecta con el punto de acceso primario definido por el SSID y re-direcciona todo el tráfico entrante y saliente de la red a los dispositivos conectado en la interfaz Ethernet.

Las especificaciones de este modo es que la estación del suscriptor utiliza la técnica arpnat, la cual puede provocar fallas de transparencia mientras pasa a través los paquetes de difusión en modo de puente.

### 2.3.2 Anchura del espectro de canal

Este es el ancho espectral del canal de radio. Anchuras soportadas de canal inalámbrico:

**5MHz** - es el espectro de canal con ancho de 5 MHz (conocidos como modo de Cuarto-Tasa).

**10MHz** - es el espectro de canal con ancho de 10 MHz (conocidos como modo de Media-Tasa).

**20MHz** - es la anchura estándar del espectro del canal (seleccionada por defecto).

**40MHz** - es el espectro de canal más ancho requerido para conectarse con una red 802.11a (o en banda 3GHz) que soporta

la función Turbo Estática (aplicable solamente para Bullet5/HP, LiteStation5, NanoStation5/loco5, PowerStation5, PicoStation5, WispStation5 y NanoStation3).

### **2.3.3 Dirección IP del puente**

El dispositivo se puede fijar para utilizar una dirección IP estática o para obtener una dirección IP del servidor DHCP al que está conectado.

### **2.3.4 Máscara de red (Netmask)**

Éste es un valor que cuando se amplía en binario proporciona un mapeo para definir cuál porción del grupo de direcciones IP pueden ser clasificadas como dispositivos anfitrión (host) y dispositivos de red. La máscara de red define el rango de direcciones IP del segmento de red donde se encuentra el dispositivo AirOS. La máscara de red 255.255.255.0 (o /24) es comúnmente usada por muchas redes IP de clase C.

### **2.3.5 IP de la puerta de enlace :**

Típicamente, ésta es la dirección IP del enrutador anfitrión que proporciona el punto de conexión a la Internet. Esta puede ser un módem DSL, módem de cable, o un enrutador de la puerta de enlace de un WISP (Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico). El dispositivo AirOS dirigirá los paquetes de datos a la puerta de enlace si el anfitrión de destino no está dentro de la red local. La dirección IP de la puerta de enlace deberá encontrarse en el mismo segmento de dirección (mismo segmento de red) que el dispositivo AirOS.

### **2.3.6 AirOS**

Fue diseñado con el objetivo de ser simple y poderoso. A diferencia de otros sistemas inalámbricos más populares u otros sistemas operativos de enrutadores que son complejos y requieren una considerable inversión en capacitación. Ubiquiti se basa en un sistema operativo avanzado capaz de manejar un poderoso sistema inalámbrico y funciones de enrutamiento, pero desarrollado con una interfaz de usuario simple.

### **2.3.7 Estación Base Celular (EBC)**

Es una instalación fija de Radio para la comunicación bidireccional.

Se usa para comunicar con una o más radios móviles o portátiles.

### **2.3.8 Ganancia**

La ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de esta. Esta ganancia es comúnmente referida en dBi y se refiere a la comparación de cuanta energía sale de la antena en cuestión, comparada con la que saldría de una antena isotrópica. Una antena isotrópica es aquella que cuenta con un patrón de radiación esférico perfecto y una ganancia lineal unitaria.

### **2.3.9 Directividad**

La directividad de la antena es una medida de la concentración de la potencia radiada en una dirección particular. Se puede entender también como la habilidad de la antena para direccionar la energía radiada en una dirección específica. Es usualmente una relación de intensidad de radiación en una dirección particular en comparación a la intensidad promedio isotrópica.

### **2.3.10 Banda Ancha**

Se denomina como banda ancha a la red (de cualquier tipo) que tiene una elevada capacidad para transportar información que incide en la velocidad de transmisión de ésta. Así entonces, es la transmisión de datos simétricos por la cual se envían simultáneamente varias piezas de información, con el objeto de incrementar la velocidad de transmisión efectiva. En ingeniería de redes este término se utiliza también para los métodos en donde dos o más señales comparten un medio de transmisión.

## **CAPITULO III:**

### **DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

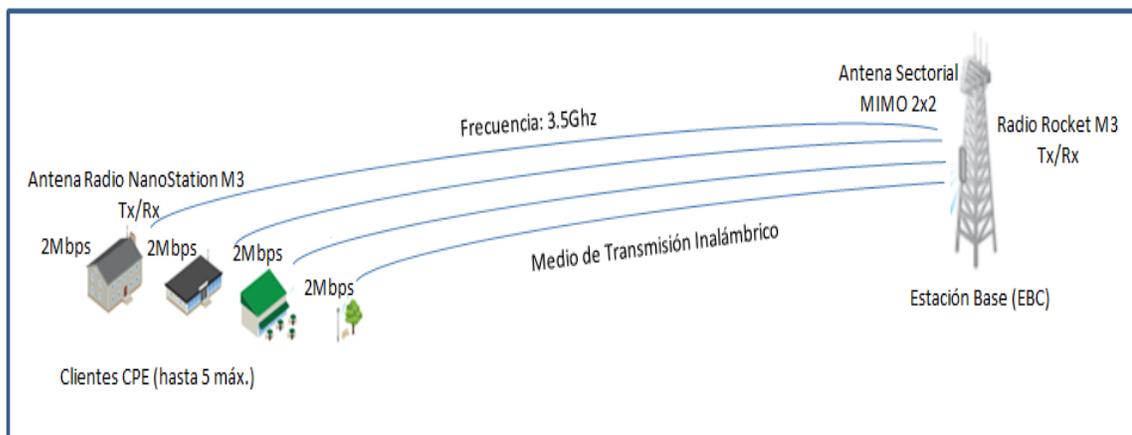
En este Proyecto analizaremos como se produce la interconexión de una Estación Base Celular (EBC) y el Cliente Molitalia (CPE) ubicados en la Ciudad de Chiclayo; el enlace estará en 3.5 Ghz utilizando la tecnología AirMAX.

- a) Primero analizaremos desde la EBC, la cual fue la más cercana al cliente: EBC Camino Pimentel. En la misma Estación Base se instalará en la parte alta 2 antenas Sectoriales los mismos que uno de ellos se conectará con el cliente de manera inalámbrica y así se podrá brindar el servicio de banda ancha.
- b) El objetivo del proyecto es la Habilitación de 3.5 GHZ a la EBC CAMINO PIMENTEL, con la finalidad de poder emitir el servicio por parte de TDP por medio de un enlace inalámbrico hacia los clientes de TDP.
- c) La plataforma inalámbrica deberá garantizar confiabilidad, estabilidad y alta capacidad para soportar la transmisión de datos y obtener velocidades de transmisión adecuadas para los clientes.

d) Materiales requeridos:

- Instalación de 1 Radios Rocket M3 para la Sectorial.
- Configuración de las Radios de acuerdo a la información proporcionada por TDP.
- Cableado Estructurado.
- Habilitación de Punto de Red desde Posición de la Radio hasta Gabinete de Equipos proporcionado por TDP.
- Establecer el enlace desde la EBC con TDP.
- Pruebas de Conectividad.
- Pruebas de Servicio.

**Esquema General de la Instalación:**



**Figura.12. Esquema general de la Instalación (distancia 4km)**

En este esquema se muestra la instalación y configuración líneas abajo descrito, en la cual se pueden citar los siguientes pasos:

Una vez hecho el Estudio de campo para poder tener línea de vista se procede a hacer la Instalación física en la Estación base del Operador local en el cual se hace la instalación de Antenas Sectoriales MIMO 2x2, los cuales tienen la capacidad de almacenar hasta 5 clientes con capacidad de 10Mbps en cada una de las Sectoriales, luego se hace la configuración de la Radio Rocket M3 en la frecuencia 3.5GHz la cual estará instalada dentro de la Antena Sectorial mediante Pigtail los cuales le permitirán la comunicación entre ellos. Una vez hecho la instalación en la Estación Base se hace la Instalación en el Cliente (CPE), el cual se dirigirá la orientación según el azimut ubicado en el Estudio de campo antes mencionado; y en cuanto a su instalación simplemente se hará el enlace con la Estación Base.

e) Datos adicionales a la instalación:



**Figura.13. Vista Satelital de la EBC CAMINO PIMENTEL.**



**Figura.14. Vista Real de la EBC CAMINO PIMENTEL.**

Descripción	Medida
Latitud EBC CAMINO PIMENTEL	6° 47'39.7" S.
Longitud EBC CAMINO PIMENTEL	79°53'02.9" O.

f) Imágenes de las 3 Vistas para la instalación de las Sectoriales en la Torre de la EBC Camino Pimentel:

**Figura.15. VISTAS DESDE LA PARTE SUPERIOR DE LA TORRE**



**Vista desde lo alto de la torre.**



**Vista desde lo alto de la torre.**



**Vista desde lo alto de la torre.**

**g) Ahora analizaremos desde el Cliente CPE Molitalia:**

El objetivo del Soporte es la verificación del enlace en 3.5GHz entre el cliente  
MOLITALIA – LAMBAYEQUE y el Sector 2 de la EBC Camino  
Pimentel.

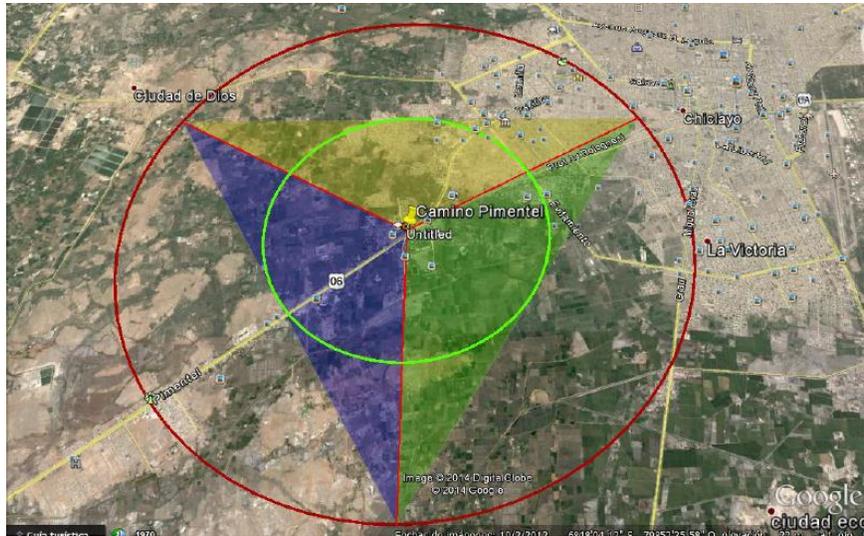
**h) Imágenes de la antena ubicada en el local de Molitalia – Chiclayo**



**Figura.16. Imagen de NanoStation en Cliente Molitalia - Chiclayo**

### **3.2 ANALISIS DEL SISTEMA DE RADIOENLACES**

- a) Primero se fijan los Sectores por cada Sectorial instalado en la Torre el cual alimentara inalámbricamente para así lograr la conectividad:



**Figura.17. Sectores de Cobertura EBC Camino Pimentel - Chiclayo**

**Leyenda:**

- \* Sector 1: Color Amarillo (Azimut 0°)
- \* Sector 2: Color Verde (Azimut 120°)
- \* Sector 3: Color Azul (Azimut 240°)

**Cobertura**

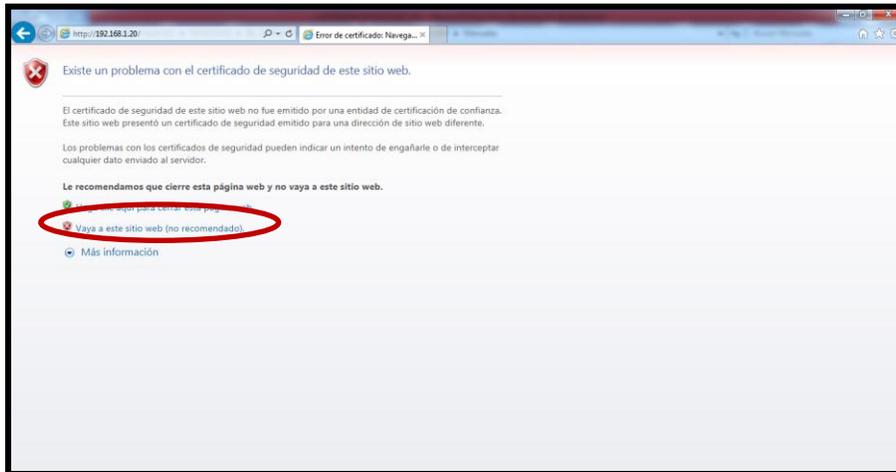
- \* 2 km: Color Verde
- \* 4 Km: Color Rojo
- \* 3 Km: Color Azul

b) A continuación le detallaremos como es una configuración de la Radio con el Cliente:

## CONFIGURACION CPE

Para configurar el CPE lo primero es ingresar a su interfaz vía web, <http://192.168.1.20/>.

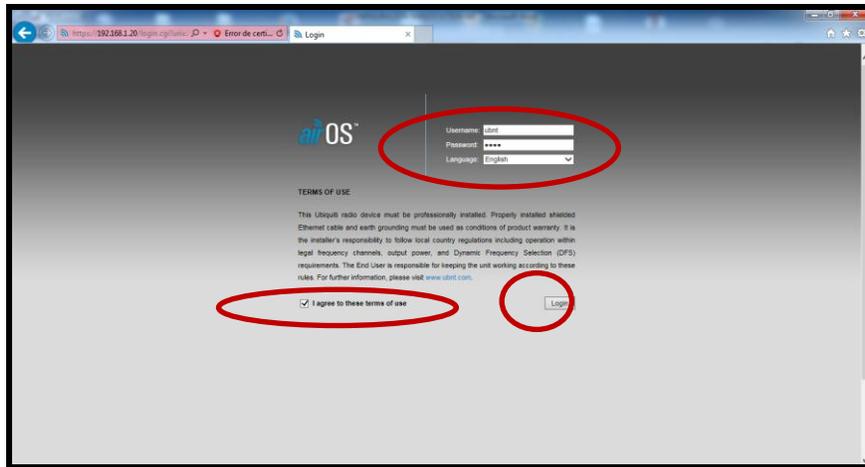
Al ingresar nos muestra la siguiente pantalla (ver *Imagen N° 01*), luego picamos donde dice: **Vaya a éste sitio Web (No recomendado)**.



**Imagen N° 01**

Al ingresar allí nos muestra la siguiente interfaz (ver *Imagen N° 02*), para ingresar al modo de configuración se debe colocar los siguientes datos:

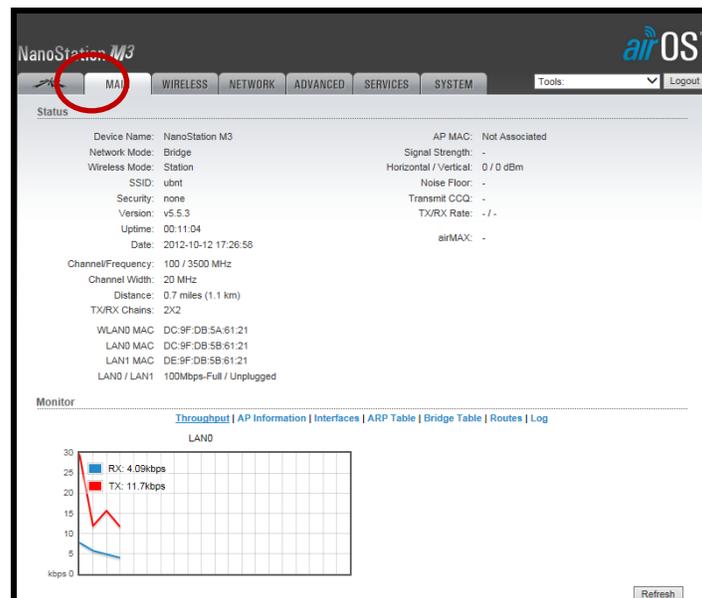
- ✓ Username: **ubnt**
- ✓ Password: **ubnt**
- ✓ Elegir el idioma a español si se prefiere. (En éste caso lo dejaremos en inglés)
- ✓ Dar check en: **" I agree to these terms of use"**
- ✓ Por ultimo presionar el botón **login**.



**Imagen N° 02**

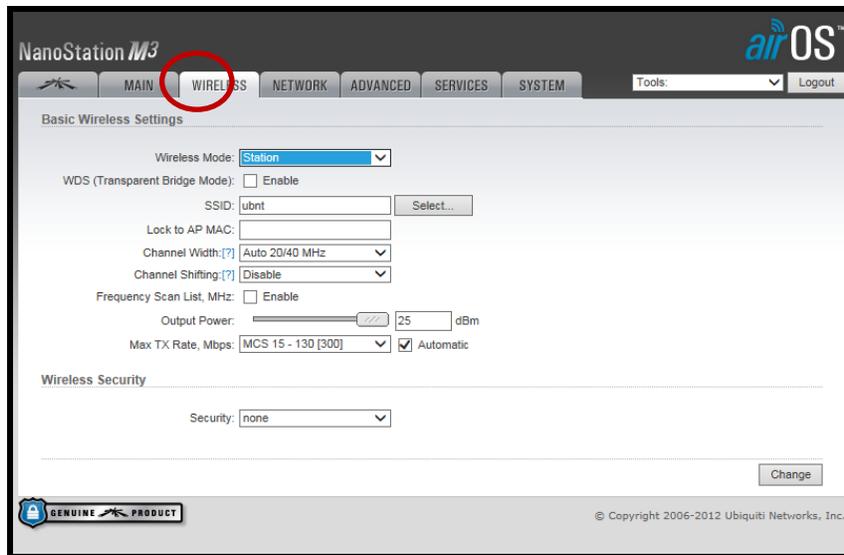
○ **Pestaña Main**

La interfaz y pestaña que nos muestra por defecto es **MAIN** (ver *Imagen N° 03*), aquí muestra un resumen de la configuración inicial del equipo.



**Imagen N° 03**

○ **Pestaña Wireless.-** Luego ingresamos a la pestaña **WIRELESS**, para configurar el equipo (ver *Imagen N° 04*).



**Imagen N° 04**  
La imagen muestra la configuración del Wireless

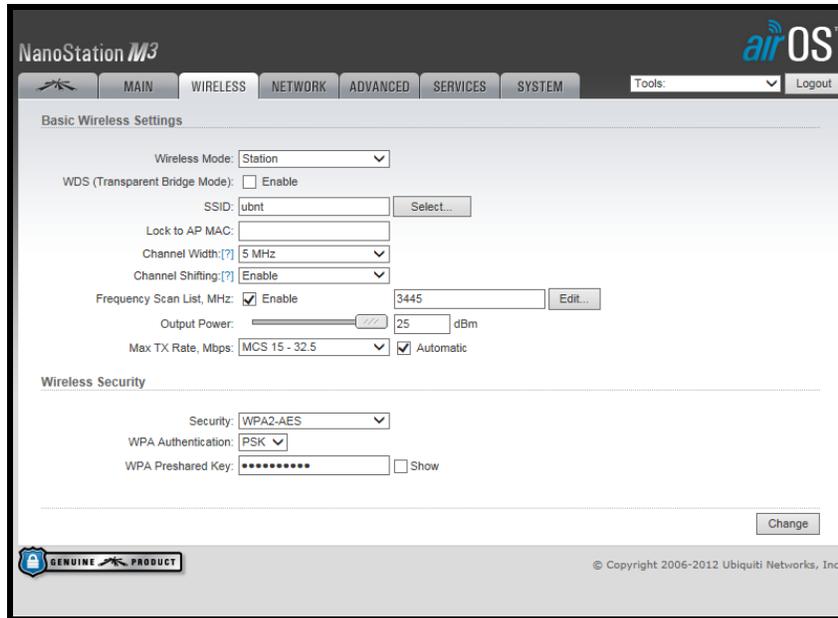
**Detalle de la configuración:**

**Basic Wireless Settings**

Wireless Mode	Station
WDS	Enable
Channel Width	5Mhz
Channel Shifting	Enable
Frecuency Scan List, Mhz	3445
Output Power	25dBm
Max TX Rate, Mbps	MCS 15 - 32.5

**Wireless Security**

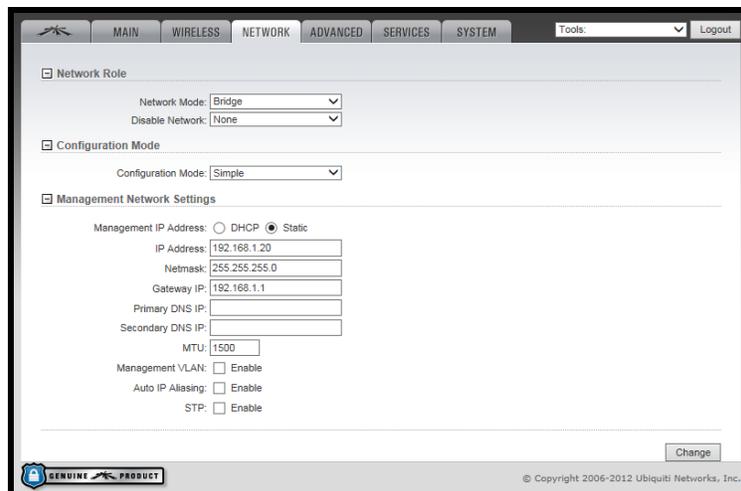
Security	WPA2-AES
WPA Authentication	PSK
WPA Preshared Key	t3l3f0n1c4



**Imagen N° 05**

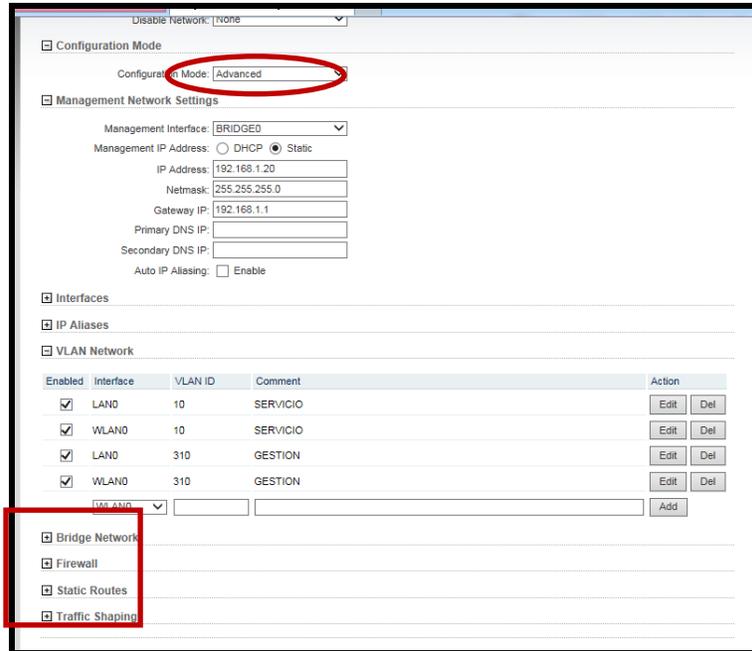
○ **Pestaña Network**

Ésta imagen (ver imagen N° 06), muestra la configuración inicial de red de la radio, por defecto la ip es **192.168.1.20/24** Bridge0. Por estándar de configuración se crearán los **Brigde1** y **Brigde2** es decir Vlan(X) para servicio y VlanY respectivamente (**Y: representa la Vlan de servicio del cliente ejm 10,11,...,19**; **X: representa el número de vlan que corresponde a un sector, ejm. Vlan 310**).



**Imagen N° 06**

Para poder configurar los Bridge debemos seleccionar la opción “**advance**” (ver imagen N° 07) del campo de selección “**Configuration Mode**”. Una vez seleccionada la opción, la interfaz muestra más opciones de configuración como **interfaces**, **ip aliases**, **vlan network** entre otras.



**Imagen N° 07**

Para configurar las Vlan de servicio y gestión debemos desplegar la opción **VLAN Network** (ver imagen N° 08), una vez allí nos muestra un formulario para **agregar** Vlan, allí debemos seleccionar la Interface **LAN0**, ingresar el VLAN ID (**10** para servicio) y un comentario (**Servicio**), luego presionar el botón **agregar**. Luego realizar el mismo procedimiento seleccionando la Interface **WLAN0**.

***Por cada Vlan se debe agregar LAN0 Y WLAN0.***

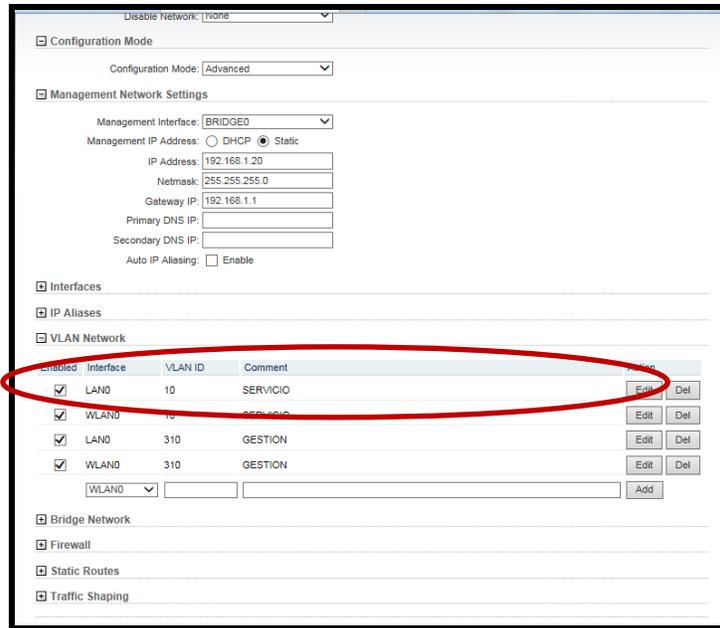


Imagen N° 08

La siguiente imagen nos muestra las Vlans 10 y 310. (Ver imagen N° 09)

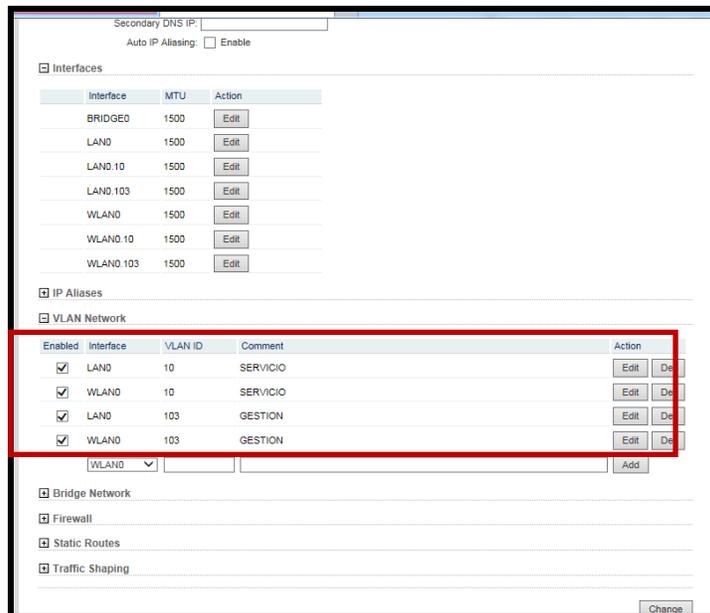
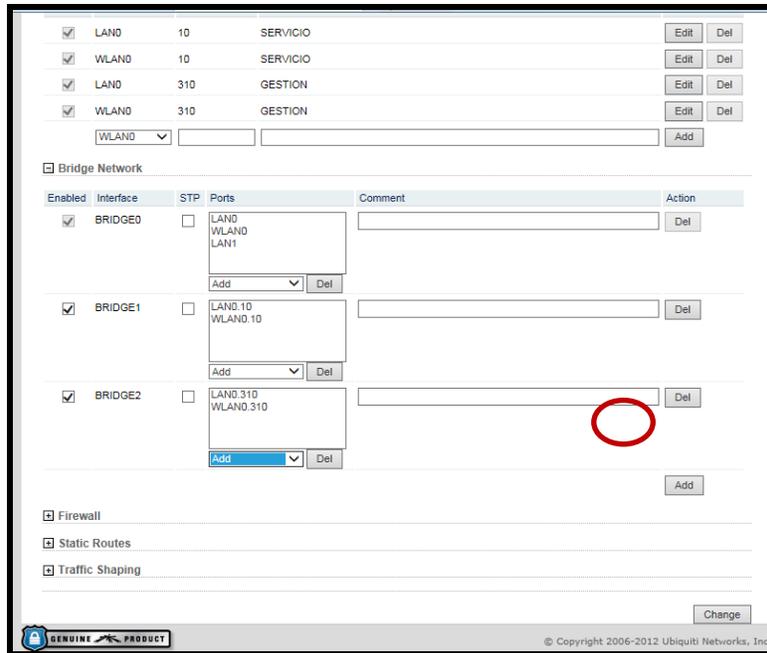


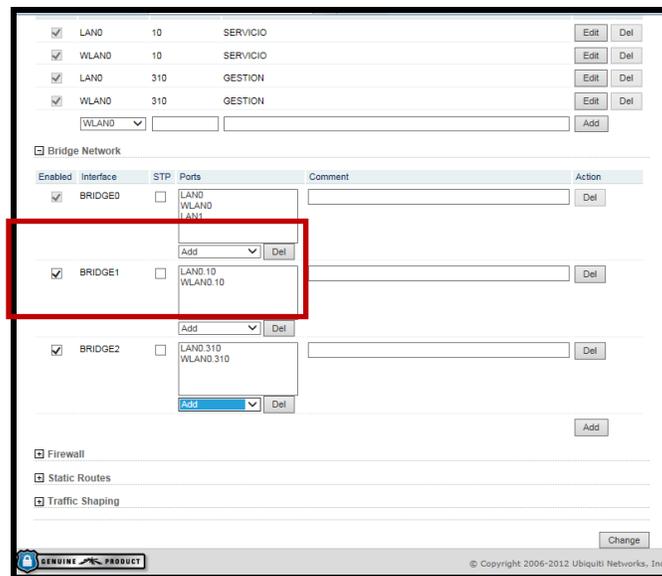
Imagen N° 09

Una vez agregada las Vlans procederemos a agregar los Bridge Network (ver imagen N° 10); para ello desplegamos la opción Bridge Network, presionamos el botón **add**.

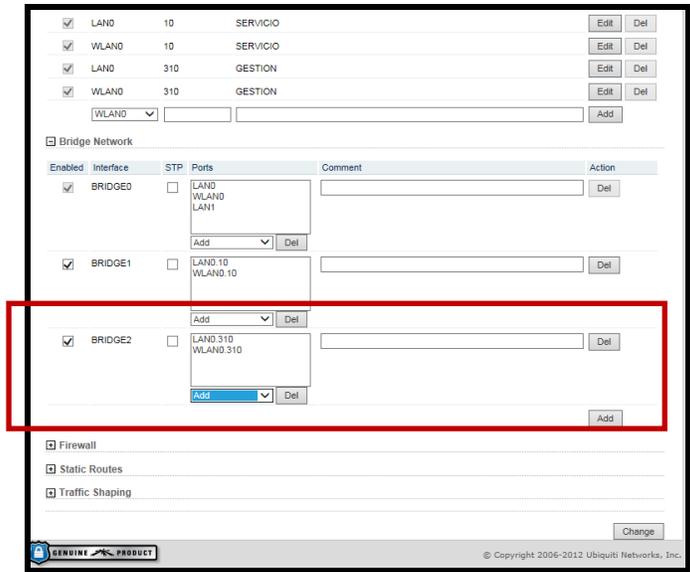


**Imagen N° 10**

Una vez presionado el botón **add**, la interfaz muestra el Bridge1 agregado, el **Bridge1** debe contener la **LAN0.10** y **WLAN0.10** (ver imagen N° 11), para ello los seleccionamos de la lista. Una vez agregado se realiza el mismo procedimiento para la **LAN0.310** y **WLAN0.310** que corresponde al **Bridge2** (ver imagen N° 12).

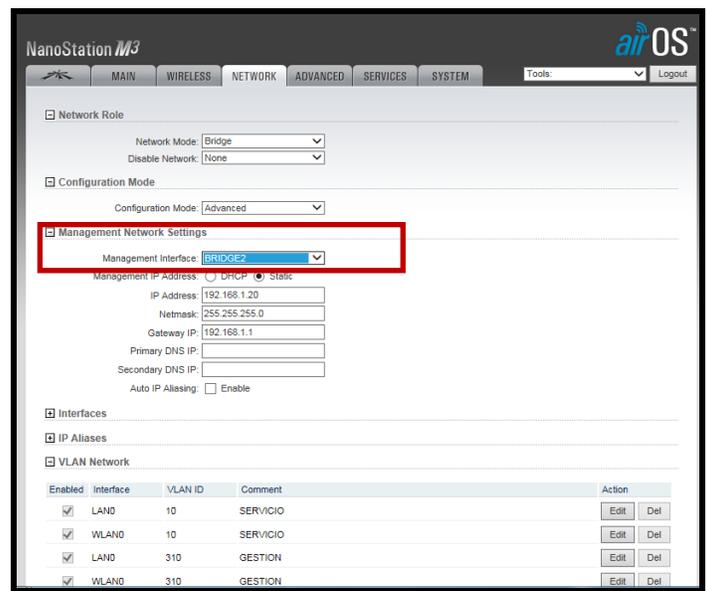


**Imagen N° 11**

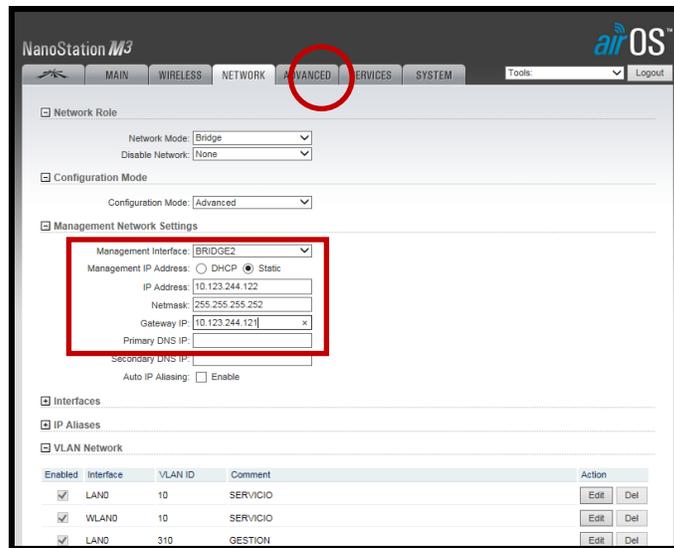


**Imagen N° 12**

Una vez agregado los dos Brigde, seleccionamos en la opción Management Interface el Bridge2 (ver imagen N° 13), una vez seleccionado se coloca la ip, netmask y Gateway que corresponde al equipo. (ver imagen N° 14).

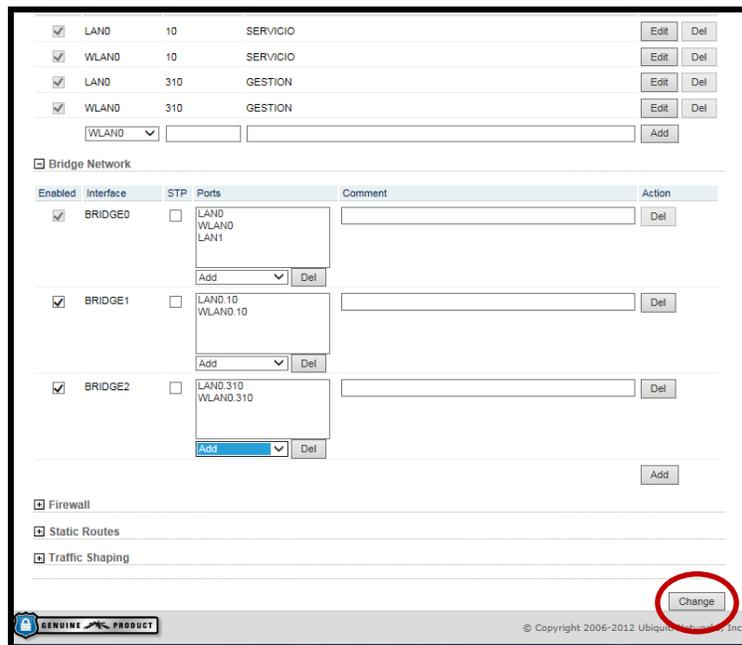


**Imagen N° 13**



**Imagen N° 14**

Una vez configurado el equipo se presiona en botón **change** (ver imagen N° 15).  
y luego **apply** (ver imagen N° 16).



**Imagen N° 15**

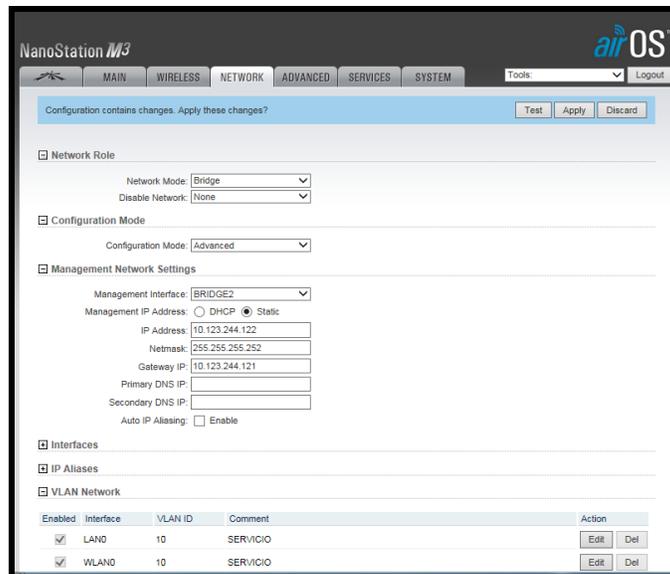


Imagen N° 16

Al presionar apply perdemos gestión del equipo (ver imagen N° 17) ya que la tarjeta de red se encuentra en otro segmento y la Vlan por defecto que es cero.



Imagen N° 17

Para poder ingresar al equipo debemos cambiar la configuración de red. Para ello primero debemos cambiar a la **Vlan del Brigde** seleccionado, en éste caso del **BRIDGE2**, ingresamos a Propiedades de Conexión de Área local, presionar el botón configurar, en la ventana General ir a la pestaña **opciones avanzadas**, seleccionar la propiedad ID. De VLAN y setear el valor a 103, luego presionamos el botón aceptar. (Ver imágenes N° 18 al 20)

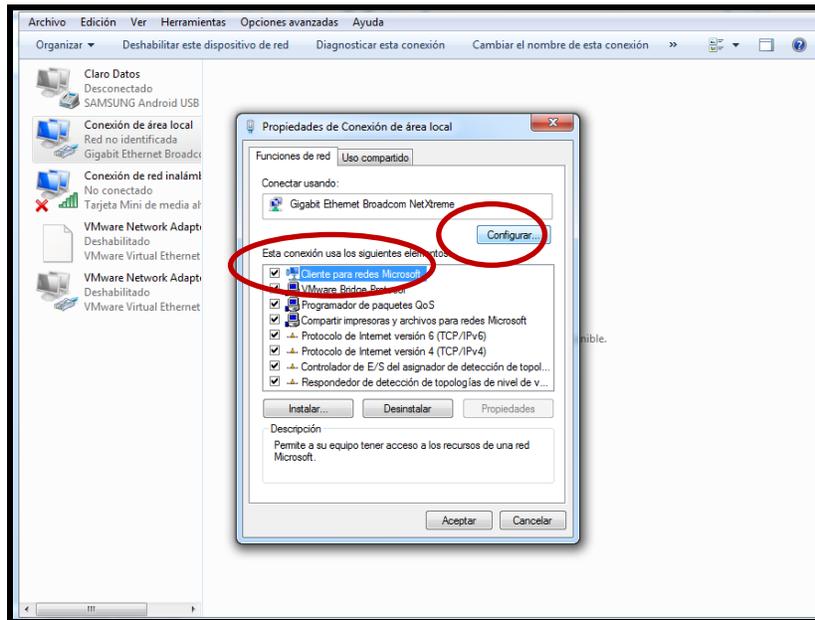


Imagen N° 18

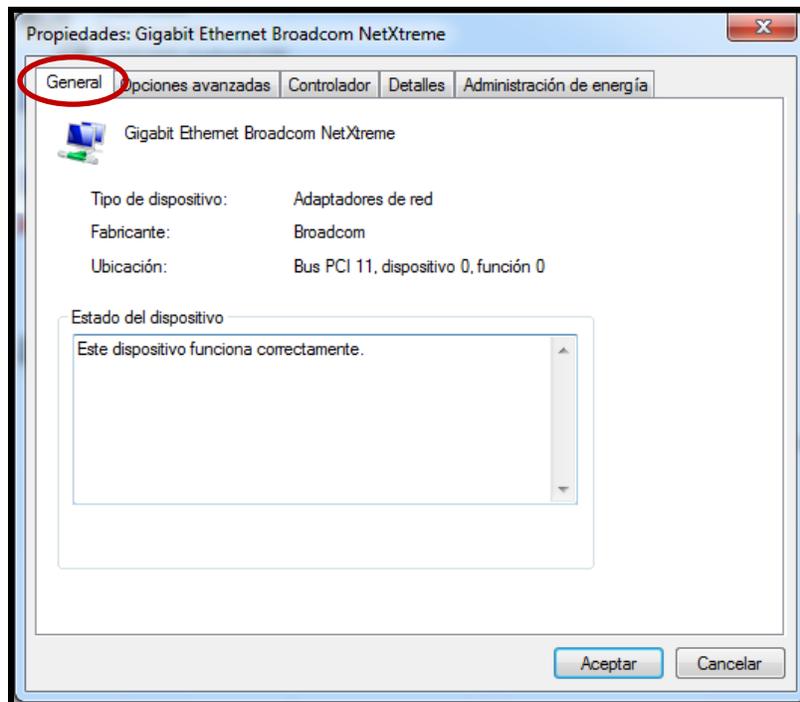
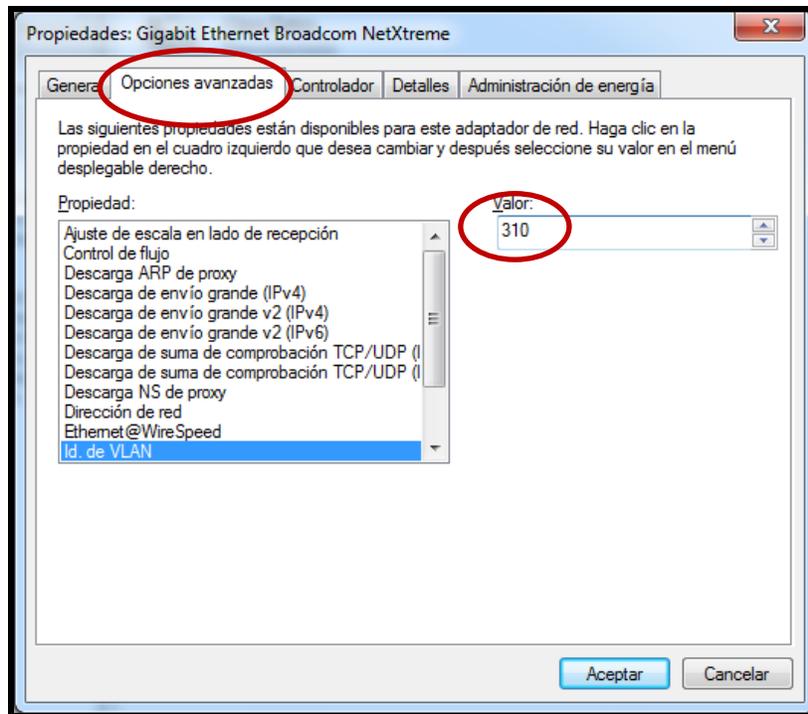
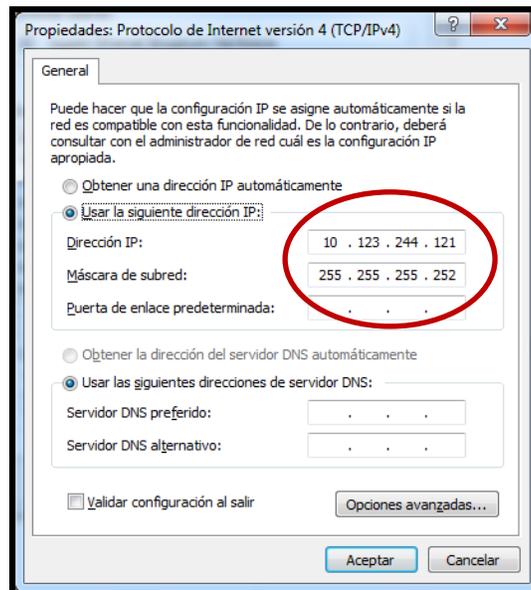


Imagen N° 19



**Imagen N° 20**

Una vez configurada la Vlan, procedemos a cambiar la ip de la laptop configurando como IP el Gateway de la radio y su respectiva máscara. (Ver imagen N° 21)



**Imagen N° 21**

Luego ingresamos al equipo con la ip del brigde configurado. (10.123.243.14) (Ver imagen N° 22 - 23)

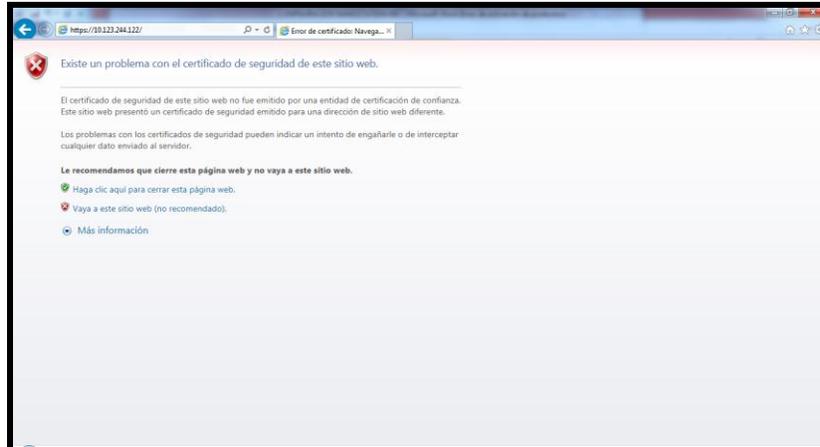


Imagen N° 22

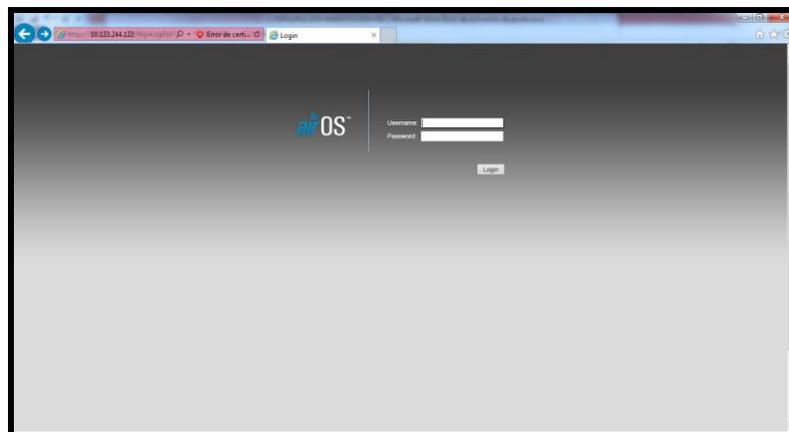


Imagen N° 23

## Configuración de Traffic Shaping

Los clientes asociados a un sector de una Estación Base tendrán diversos servicios de Datos, por ejemplo: 2Mb, 1Mb, 512 Kb/s para ello debemos configurar la opción de **Traffic Shaping** en la pestaña **network**. Para ello debemos **seleccionar la opción enable** (Ver imagen N° 24).

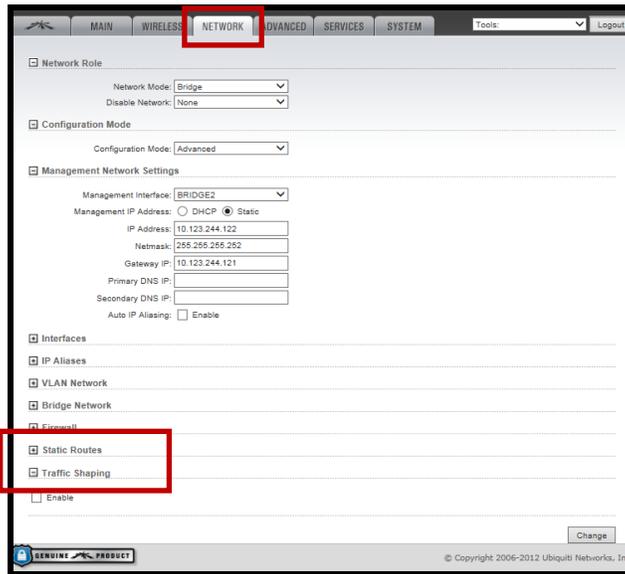


Imagen N° 24

Quando habilitamos el Traffic Shaping nos muestra las interfaces que queremos configurar, en todos los casos se van a configurar las interfaces de tráfico, a éste equipo le corresponde la interfaz LAN.10 (vLAN 10 de tráfico) y WLAN0.10 (vLan 10 de tráfico). Éste ejemplo está configurado para un cliente con servicio de 2MB. (2048 Kbit/s). **UBNT** recomienda asignar el valor en egress (Rate Kbit/s). (Ver imagen N° 25-26). Una vez asignado el traffic shaping presionar el botón change y por ultimo apply.

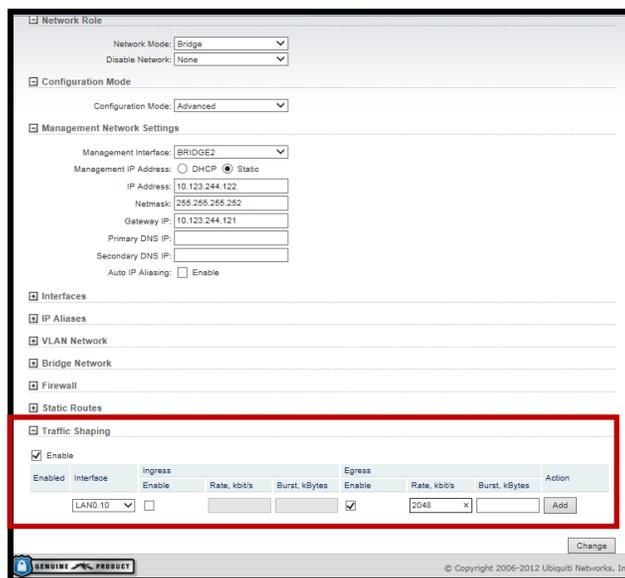


Imagen N° 25

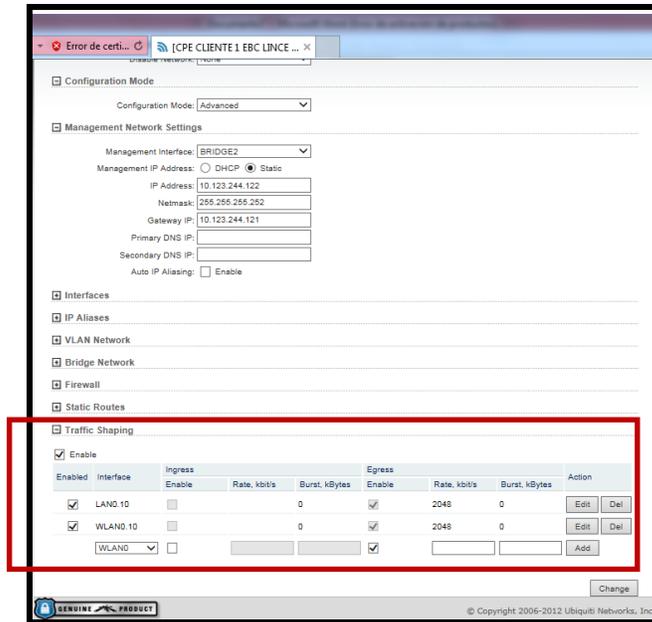


Imagen N° 26

○ **Pestaña Advance**

Una vez iniciado sesión, seleccionar la pestaña **Advance** allí cambiamos la distancia a X millas (X km), todo depende de cual sea la distancia con la EBC luego presionamos el botón **change** seguido de **apply**. (Ver imagen N° 27 al 29)

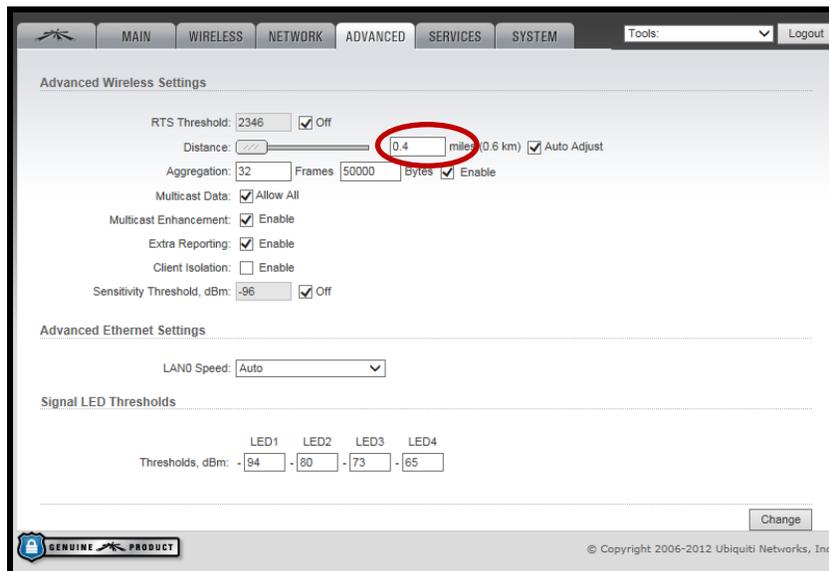
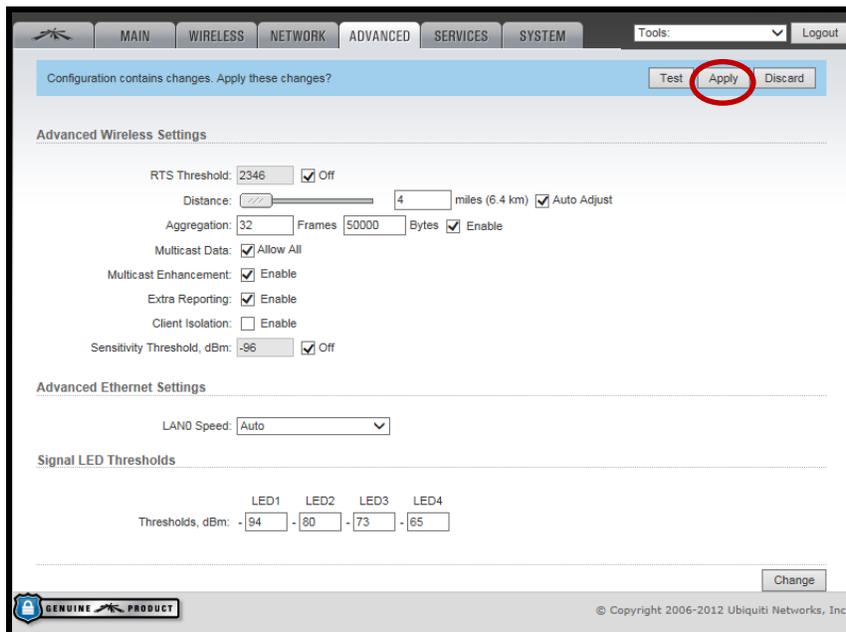
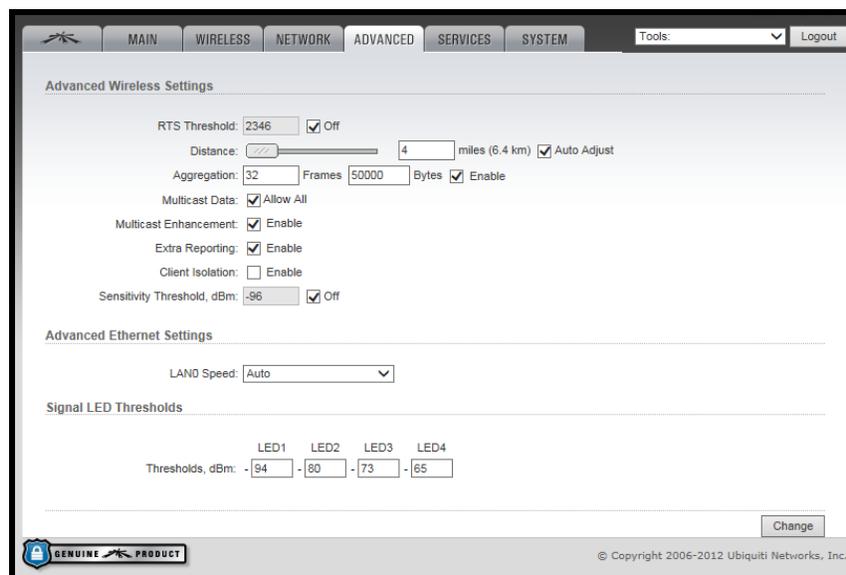


Imagen N° 27



**Imagen N° 28**



**Imagen N° 29**

○ **Pestaña Services**

En la pestaña services habilitamos el System Log, luego presionamos change y apply. (Ver imagen N° 30 – 32)

MAIN  WIRELESS  NETWORK  ADVANCED **SERVICES**  SYSTEM Tools:  Logout

---

**Ping Watchdog** **SNMP Agent**

Ping Watchdog:  Enable SNMP Agent:  Enable  
 IP Address To Ping:   
 Ping Interval:  seconds SNMP Community:   
 Startup Delay:  seconds Contact:   
 Failure Count To Reboot:  Location:   
 Save Support Info:

---

**Web Server** **SSH Server**

Web Server:  Enable SSH Server:  Enable  
 Secure Connection (HTTPS):  Enable Server Port:   
 Secure Server Port:  Password Authentication:  Enable  
 Server Port:  Authorized Keys:   
 Session Timeout:  minutes

---

**Telnet Server** **NTP Client**

Telnet Server:  Enable NTP Client:  Enable  
 Server Port:  NTP Server:

---

**Dynamic DNS** **System Log**

Dynamic DNS:  Enable System Log:  Enable  
 Host Name:  Remote Log:  Enable  
 Username:  Remote Log IP Address:   
 Password:   Show Remote Log Port:

**Imagen N° 30**

MAIN  WIRELESS  NETWORK  ADVANCED **SERVICES**  SYSTEM Tools:  Logout

---

**Ping Watchdog** **SNMP Agent**

Ping Watchdog:  Enable SNMP Agent:  Enable  
 IP Address To Ping:   
 Ping Interval:  seconds SNMP Community:   
 Startup Delay:  seconds Contact:   
 Failure Count To Reboot:  Location:   
 Save Support Info:

---

**Web Server** **SSH Server**

Web Server:  Enable SSH Server:  Enable  
 Secure Connection (HTTPS):  Enable Server Port:   
 Secure Server Port:  Password Authentication:  Enable  
 Server Port:  Authorized Keys:   
 Session Timeout:  minutes

---

**Telnet Server** **NTP Client**

Telnet Server:  Enable NTP Client:  Enable  
 Server Port:  NTP Server:

---

**Dynamic DNS** **System Log**

Dynamic DNS:  Enable System Log:  Enable  
 Host Name:  Remote Log:  Enable  
 Username:  Remote Log IP Address:   
 Password:   Show Remote Log Port:

**Imagen N° 31**

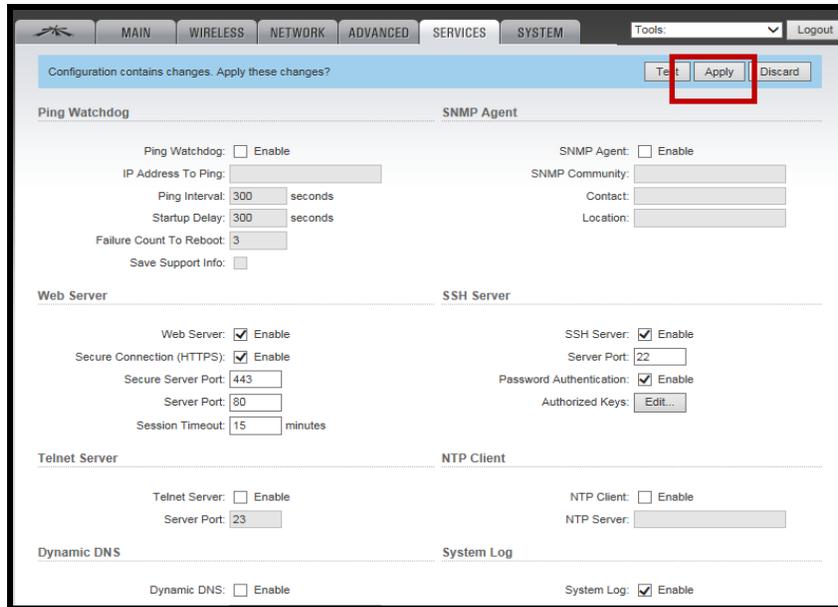


Imagen N° 32

○ **Pestaña System**

En la pestaña **SYSTEM** cambiamos el nombre del dispositivo del campo **Device Name** con la siguiente estructura: CPE, nombre del cliente, nombre del EBC, sector; por ejemplo CPE CLIENTE 1 EBC LINCE S1. (Ver imagen N° 33 -36).

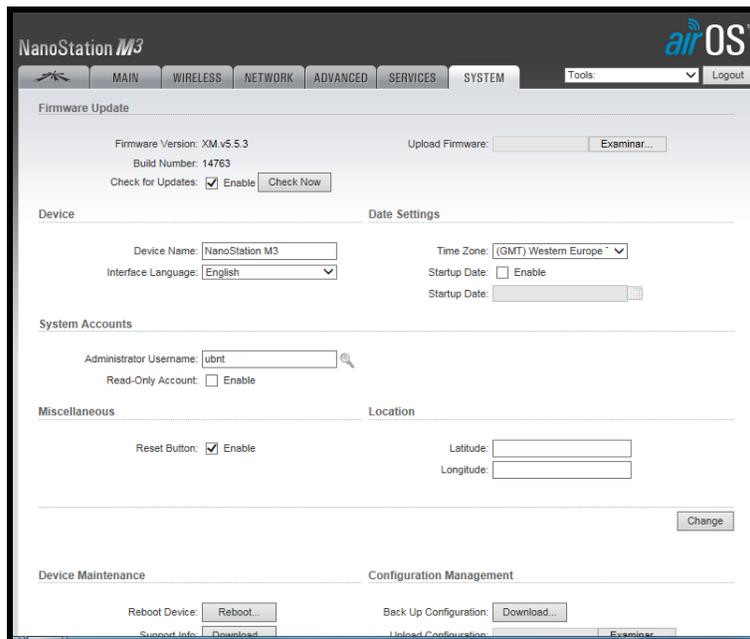


Imagen N° 33

- ✓ Cambiar el **TIME ZONE** a (GMT – 05:00) Eastern State.
- ✓ Habilitar el Startup Date.
- ✓ Seleccionar en Startup Date la fecha en la que se configuró.
- ✓ En System Accounts presionar el botón (tipo llave), cambiar el Administrator Username a Admin, en el campo current password ingresar la clave actual, en los campos new password y verify new password el nuevo password, por ultimo presionar el botón **change** y **apply**.

The screenshot displays the NanoStation M3 web interface. The top navigation bar includes 'MAIN', 'WIRELESS', 'NETWORK', 'ADVANCED', 'SERVICES', and 'SYSTEM'. The 'SYSTEM' tab is active. Below the navigation bar, there is a 'Firmware Update' section with fields for 'Firmware Version: XM.v5.5.3' and 'Build Number: 14763'. A red box highlights the 'Date Settings' and 'System Accounts' sections. In the 'Date Settings' section, the 'Time Zone' is set to '(GMT-05:00) Eastern St.', 'Startup Date' is checked and set to '01/29/2014'. In the 'System Accounts' section, the 'Administrator Username' is 'admin', 'Current Password' is masked with dots, 'New Password' and 'Verify New Password' fields are present, and the 'Read-Only Account' checkbox is unchecked. Below these sections are 'Miscellaneous' and 'Location' sections. The 'Miscellaneous' section has a 'Reset Button' checked and set to 'Enable'. The 'Location' section has 'Latitude' and 'Longitude' input fields. A 'Change' button is located at the bottom right of the highlighted area.

**Imagen N° 34**

NanoStation M3 airOS™

MAIN WIRELESS NETWORK ADVANCED SERVICES SYSTEM Tools: [v] Logout

Configuration contains changes. Apply these changes? [Test] [Apply] [Discard]

**Firmware Update**

Firmware Version: XM.v5.5.3      Upload Firmware: [Examiner...]  
Build Number: 14763  
Check for Updates:  Enable [Check Now]

**Device**      **Date Settings**

Device Name: [CPE CLIENTE 1 EBC LINC]      Time Zone: [(GMT-05:00) Eastern St...]  
Interface Language: [English]      Startup Date:  Enable  
Startup Date: [01/29/2014]

**System Accounts**

Administrator Username: [admin]      Read-Only Account:  Enable

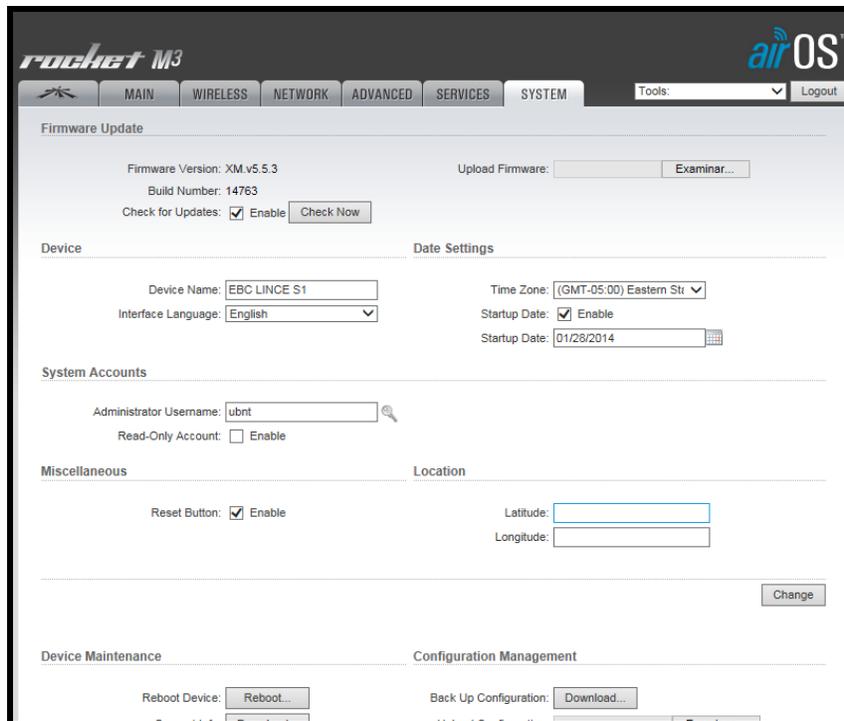
**Miscellaneous**      **Location**

Reset Button:  Enable      Latitude: [      ]  
Longitude: [      ]

[Change]

Device Maintenance      Configuration Management

Imagen N° 35



**Imagen N° 36**

❖ Inicio de sesión al CPE.



**Imagen N° 37**

Ingresamos a la pestaña Wireless para conectarlos a la EBC, para ellos presionamos el botón **select**, seguido seleccionamos el AP **TDP SECTOR 1** y presionamos el botón **Lock to AP**, finalmente presionamos **change y apply**. (Ver imágenes N° 38 al 40).

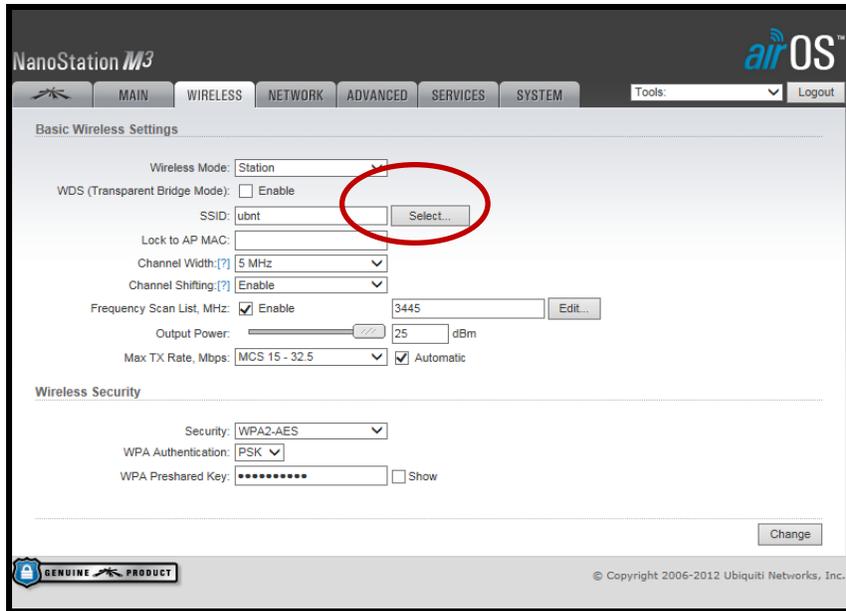


Imagen N° 38

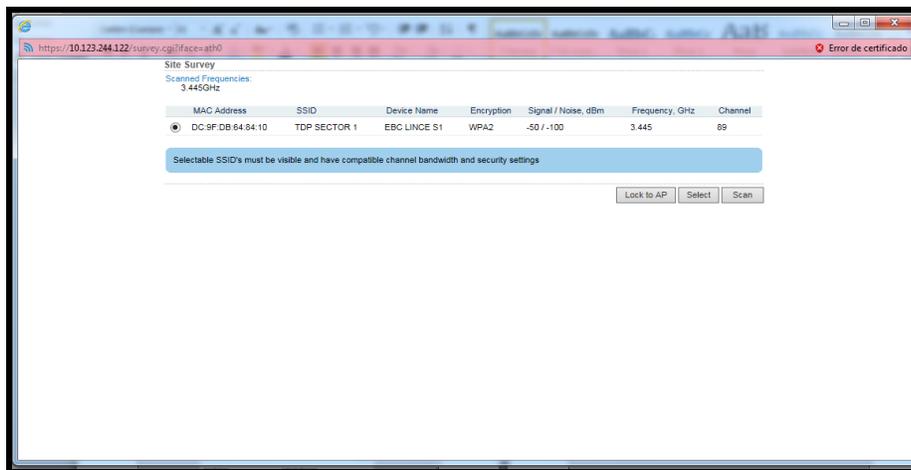


Imagen N° 39

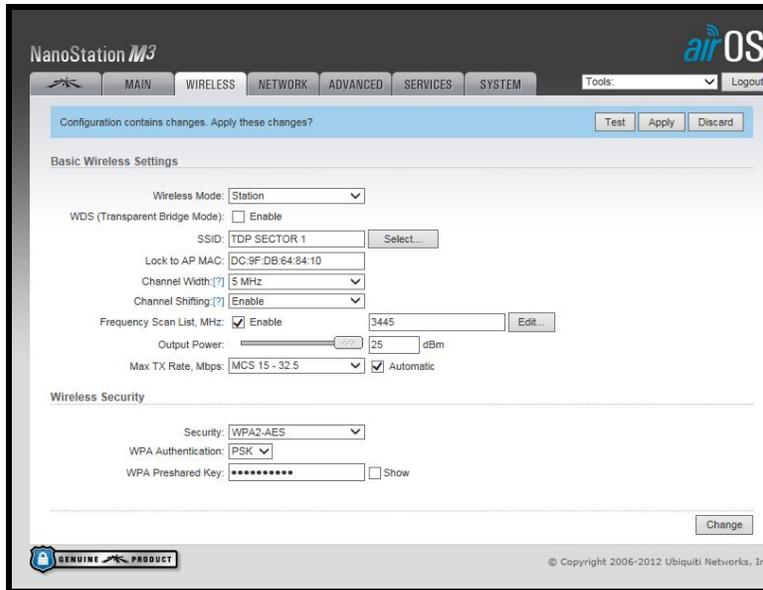


Imagen N° 39

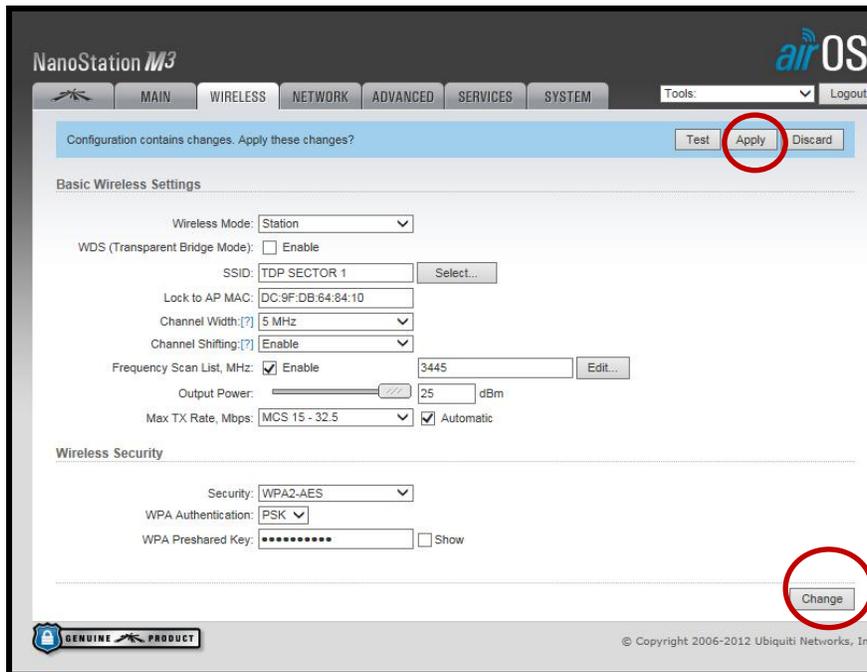


Imagen N° 40

La imagen muestra el estado de conexión con la EBC. (Ver imagen N° 41).

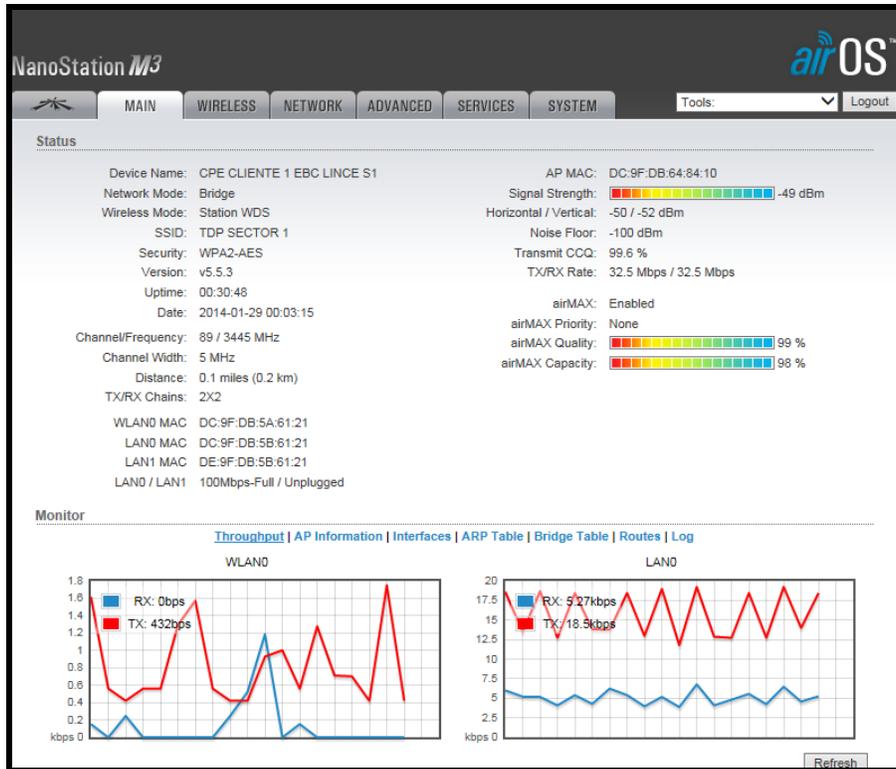
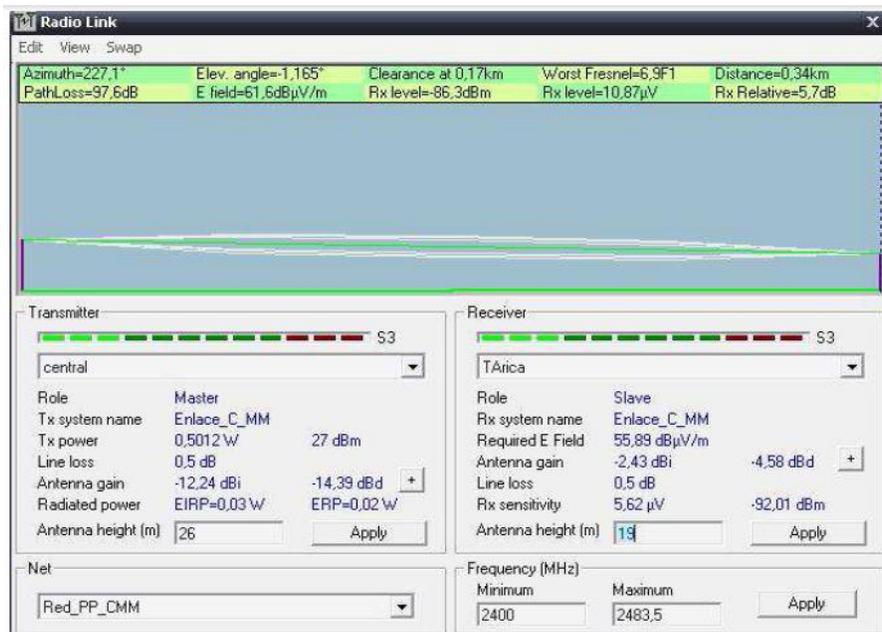


Imagen N° 41

Con toda esta configuración se puede dar todo este enlace inalámbrico con éxito.

### Aplicación de Línea de Vista con Radio Mobile



### 3.3 PRUEBAS DE ENVIO DE PAQUETES DE VOZ Y DATA.

Para poder sustentar el envío de paquetes de voz y data se tiene que ingresar ejecutar en Windows el CMD (command) mediante la consola de MS-DOS que me permitirá escribir tanto en la Estación Base o en el cliente en cualquiera de las 2 radios de conectividad haciendo PING y formando envío de paquetes ya sea para la verificación de envío de paquetes de voz de data y voz y que tiene que ser continua sin perder y haber paquetes de perdida en todo esta operación, tal y cual sigue en la siguiente figura:

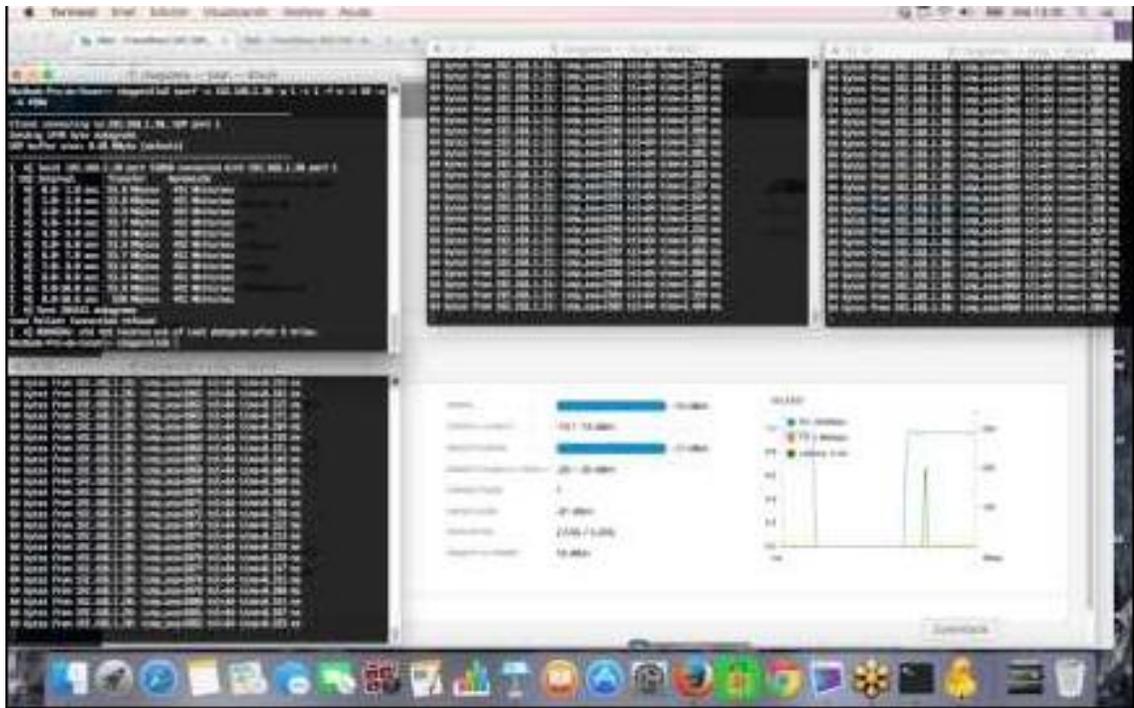


Figura.18. Distintas formas de pruebas de envío de paquetes en simultáneo de una radio a una EBC

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Haciendo ping a www.l.google.com [64.233.169.99] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=590ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=414ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=547ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=498ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=286ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=559ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=572ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=834ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=365ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=932ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=661ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=598ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=1101ms TTL=240
Respuesta desde 64.233.169.99: bytes=32 tiempo=290ms TTL=240

Estadísticas de ping para 64.233.169.99:
    Paquetes: enviados = 14, recibidos = 14, perdidos = 0
        (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 286ms, Máximo = 1101ms, Media = 589ms
Control-C
^C
C:\Documents and Settings\Usuario>
```

Figura.19. Ejemplo de envío de paquetes mediante IP de la EBC

```
C:\Users\Users >ping 176.74.176.178 -t -l 15000
Haciendo ping a 176.74.176.178 con 15000 bytes de datos:
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=316ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=320ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=335ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=324ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=333ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=323ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=344ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=336ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=355ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=343ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=372ms TTL=49
Respuesta desde 176.74.176. bytes=15000 tiempo=331ms TTL=49
```

Figura.20. Envío de 15000 paquetes para voz y data en ms (milisegundos)

```
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Estadísticas de ping para 192.168.1.64:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
  (0% perdidos),
  Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
  Mínimo = 2ms, Máximo = 8ms, Media = 5ms

C:\Users\Administrador>ping 192.168.1.64 -t

Haciendo ping a 192.168.1.64 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=12ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.64: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
```

Figura.21. Envío y recepción de paquetes en 1 ms o 2ms para conectividad.

### 3.4 REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

#### Para la Instalación en la EBC Camino Pimentel:

- ✓ Se realizó la construcción de las Sectoriales en la Torre (2 Sectoriales) 0° y 120°.
- ✓ Se realizó el cableado estructurado desde la posición de la antena hasta el gabinete de equipos.
- ✓ Se realizó el cableado eléctrico desde los breakers habilitado para Ubiquiti proporcionado por TDP hasta el gabinete de equipos.
- ✓ En el gabinete de equipos se dejó el PoE conectado y operativo.
- ✓ Se realizaron pruebas de servicio por parte de Telefónica del Perú confirmando la conectividad y operatividad del Sistema.

#### Para la Instalación en el CPE Molitalia Chiclayo:

- ✓ Se realizó el cableado estructurado desde la posición de la antena hasta el gabinete de equipos.
- ✓ Se logró interlazar la Estación Base con el Cliente Molitalia y sin ningún obstáculo.
- ✓ El medio por donde se conectaban dichos radios son óptimos y permiten su operatividad.

## CONCLUSIONES

- La Tecnología Airmax M3 permite interconectar la Sede de Molitalia en Chiclayo a la Estación Base a una frecuencia de 3.5Ghz sin pérdida de paquetes a una distancia no mayor a 7Km.
- La Instalación de una Sectorial en la Estación Base permite darle con eficacia la transmisión de 2Mbps al Cliente con una velocidad continua, después de un Estudio de línea de vista eficiente.
- El Cliente Molitalia ubicado en la ciudad de Chiclayo logró enviar su data y a su vez hacer todo su sistema de voz mediante la instalación de la tecnología Airmax M3 sin interferir ni tener limitaciones.
- La Instalación física y en software tanto en la Estación Base como en el Cliente CPE (Caso Molitalia) luego que la operadora instaló su Fibra Óptica hizo que la Instalación Inalámbrica con Tecnología Airmax sea el Backup cuando la Fibra Óptica sufra daños u otros casos de perdida de comunicación.
- Se logró hacer la Instalación y configuración en la EBC (Estación Base Celular) reforzando sólo 1 de los 3 sectores destinados para alimentar a los clientes determinados en dicha zona. (los sectores barren los ángulos 0° 120° y 240°), pero se podría configurar los 3 sectores para una cobertura para más clientes
- Molitalia por ser un cliente de mercado abierto y de mucha demanda comercial después de esta instalación propone en mesa directiva hacer uso de esta instalación inalámbrica en sus diferentes provincias donde hay nuevas sedes.
- La Tecnología Airmax mediante la Marca UBIQUITI está revolucionando el mercado del mundo inalámbrico con nuevas propuestas de cobertura y manejo del mismo, por lo cual ahora logra hacer efectivo todas estas novedades de la mano con las empresas operadoras de Telecomunicaciones en el Perú, como lo logró con los clientes en todo el Perú brindando el servicio de Data y Voz.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer uso de la Tecnología Airmax M3 para interconectar Sedes con distancias no mayores a 7km a una frecuencia de 3.5Ghz porque no generará pérdida de paquetes.
2. Se recomienda realizar la configuración e instalación de una Sectorial en la Estación Base del Operador local y así lograr la transmisión de 2Mbps con una velocidad continua y eficiente.
3. Para la instalación en el Cliente (en el caso de Molitalia Sede Chiclayo), se recomienda no sólo transmitir data, sino también voz porque esto no interfiere a la comunicación y a su vez se aprovecha al máximo todo el Sistema instalado gracias a la Tecnología Airmax M3.
4. Para el caso de la Instalación con Tecnología inalámbrica Airmax se recomienda usarse luego de su operatividad como un Backup o resguardo en el caso que suceda que otro sistema de comunicación (como la Fibra Óptica) pueda fallar y poner en peligro el registro de Data y Voz de la empresa contratante.
5. Se propone hacer la configuración de los 3 Sectores (0° 120° y 360°) para una cobertura mucho más amplia y así tenga mucho mayor cartera de clientes a quien proveer de servicio de internet data – voz.
6. Estas instalaciones inalámbricas se puede hacer sin ningún problema y mediante un estudio TSS en cualquier sede de Provincias y tendrá la misma cobertura y con los resultados óptimos.
7. Es recomendable utilizar la Tecnología Airmax mediante la marca UBIQUITI por ser de utilidad por sus propuestas innovadoras en este siglo donde las Telecomunicaciones han tomado un importante espacio en el Perú.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aleman Dought, J. S. (2013). *"Ingeniería de Sistemas de Radioenlaces de Microondas"*. California; Editorial: ALCATEL Techint S.A.
2. Fernandez Veramendi, M. E. (2003). *"Fundamentos de Radiocomunicaciones"*. Uruguay, Editorial: Universidad Simón Bolívar.
3. Hernando Sixto, J. M. (1995 Segunda Edición). *"Transmisión por Radio para Estaciones Base"*. Madrid, Editorial: Centro de Estudios Ramón Cáceres.
4. [http://www.red.es/glosario\\_b.html](http://www.red.es/glosario_b.html). (2005). *Redes y Telecomunicaciones*. España; Editorial: Entidad Pública empresarial en Redes.
5. Mattos Lujan, F. O. (2001 - Segunda Edición). *El Código del Radioenlace y sus propagaciones*. Chile; Editorial Manuales y Redes.
6. Neri Vela, R. W. (1999). *Líneas de Transmisión*. Cataluña: Editorial Mc Graw-Hill.
7. Ares Folleman, R. S. (2000). *Sistemas de Radioenlaces Digitales Equipos, Mediciones y Cálculo*. Santiago de Chile; Editorial: Lenkurt Telecomunicaciones.



## 5 GHz Models

The 5 GHz frequency band is free to use, worldwide, offers plentiful spectrum, and works well for long-distance links. However, 5 GHz signals have more difficulty passing through obstacles than lower-frequency signals.

### M5

The Rocket enclosure is built to survive harsh environments and fits the Rocket mount built into every airMAX antenna. Pair the Rocket with the appropriate antenna for your PtP link or PtMP network.



### RM5-Ti

Its Gigabit Ethernet connection delivers high throughput, and its aircraft-grade aluminum casing improves performance in harsh RF environments and extreme weather conditions.



## 3/3.65 GHz Models

The 3 or 3.65 GHz frequency band is noise-free in most areas; however, its use requires a license. There may be additional restrictions on its use depending on local country regulations.

### M3

The Rocket enclosure is built to survive harsh environments and fits the Rocket mount built into every airMAX antenna. Pair the Rocket with the appropriate antenna for your PtP link or PtMP network.



### M365

The Rocket enclosure is built to survive harsh environments and fits the Rocket mount built into every airMAX antenna. Pair the Rocket with the appropriate antenna for your PtP link or PtMP network.



# Specifications

## rocket M3 / M365

M3/M365 Physical / Electrical / Environmental Information	
Dimensions	160 x 80 x 30 mm (6.30 x 3.15 x 1.18")
Weight	500 g (1.1 lb)
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Processor	MIPS 24Kc
Memory	64 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100 Mbps
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof)
LEDs	Power, Ethernet, (4) Signal Strength
Max. Power Consumption	6.5W
Power Supply	24V, 1A PoE Adapter
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
ESD/EMP Protection	± 24KV Air / Contact
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4

M3/M365 Software Information	
Modes	Access Point, Station
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet, Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CLI
Security	WPA2 AES Only
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 64QAM
M3	5/8/10/20/25/40 MHz Channel Width Support
M365	5/10/20/25 MHz Channel Width Support
Ubiquiti Specific Features	airMAX Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode

M3/M365 Compliance	
Wireless Approvals	
M3	FCC, IC, CE
M365	FCC Part 90Y
RoHS Compliance	Yes

M3/M365 Operating Frequency							
Operating Frequency				3370 - 3730 MHz*			
M3				3650 - 3675 MHz			
M365				25 dBm			
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX	MCS0	25 dBm	± 2 dB	airMAX	MCS0	-94 dBm Min.	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-93 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-90 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	-89 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	23 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	20 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	25 dBm	± 2 dB		MCS8	-93 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-91 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-89 dBm	± 2 dB
	MCS11	25 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	23 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	20 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

\* RocketM3 not supported in the USA



# Antenna Compatibility



RocketM9



RocketM2  
RocketM2-Ti



RocketM3  
RocketM365



RocketM5  
RocketM5-Ti

Frequency Band

	900 MHz	2.4 GHz	3/3.65 GHz	5 GHz
 Sector	AM-9M13	AM-V2G-Ti AM-2G15-120 AM-2G16-90	AM-3G18-120	AM-V5G-Ti AM-M-V5G-Ti AM-SG16-120 AM-SG17-90 AM-SG19-120 AM-SG20-90 AM-SAC21-60 AM-SAC23-45
 Rocket Dish		RD-2G24	RD-3G26	RD-SG31-AC RD-SG30 RD-SG34
 Omni		AMO-2G10 AMO-2G13	AMO-3G12	AMO-SG10 AMO-SG13
 Yagi	AMY-9M16			

Specifications are subject to change. Ubiquiti products are sold with a limited warranty described at: [www.ubnt.com/support/warranty](http://www.ubnt.com/support/warranty)  
 ©2011-2015 Ubiquiti Networks, Inc. All rights reserved. Ubiquiti, Ubiquiti Networks, the Ubiquiti U logo, the Ubiquiti beam logo, airMAX, airControl, airOS, airView, Rocket, RocketDish, TOUGH Cable, and TOUGH Switch are trademarks or registered trademarks of Ubiquiti Networks, Inc. in the United States and in other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.



[www.ubnt.com](http://www.ubnt.com)

J.010515

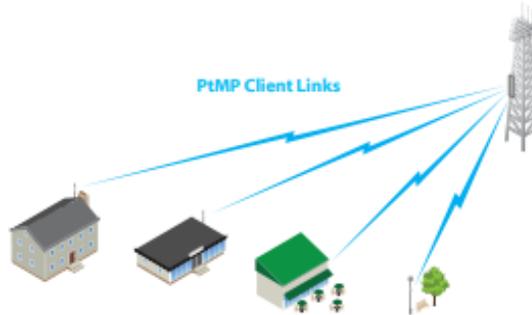
- ANEXO 02

## Overview

### Leading-Edge Industrial Design

Ubiquiti Networks™ set the bar for the world's first low-cost and efficient broadband Customer Premises Equipment (CPE) with the original NanoStation™. The NanoStationM and NanoStationlocoM take the same concept to the future with sleek and elegant form factors, along with integrated airMAX™ (MIMO TDMA protocol) technology.

The low cost, high performance, and small form factor of NanoStationM and NanoStationlocoM make them extremely versatile and economical to deploy.



NanoStationM as powerful clients in an airMAX PtMP (Point-to-Multi-Point) network setup.



NanoStationM as a powerful wireless client.

Use two NanoStationM to create a PtP link.

### Utilize airMAX Technology

Unlike standard Wi-Fi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) airMAX protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

This "time slot" method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency. It provides many magnitudes of performance improvements in latency, throughput, and scalability compared to all other outdoor systems in its class.

**Intelligent QoS** Priority is given to voice/video for seamless streaming.

**Scalability** High capacity and scalability.

**Long Distance** Capable of high-speed, carrier-class links.

**Latency** Multiple features dramatically reduce noise.

- 1 Only NanoStationM models
- 2 Remote reset is an option that is sold separately as the PDE-24. The NanoStationM includes a 24V PoE adapter without remote reset.

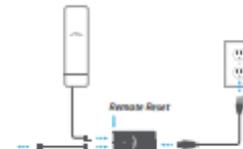
### Dual Ethernet Connectivity<sup>1</sup>

The NanoStationM provides a secondary Ethernet port with software-enabled PoE output for seamless IP video integration.



### Intelligent PoE<sup>2</sup>

Remote hardware reset circuitry of the NanoStationM allows the device to be remotely reset from the power supply location.



The NanoStationM may also be powered by the Ubiquiti Networks TOUGHSwitch PoE. In addition, any NanoStationM can easily become 48V, 802.3af compliant through use of the Ubiquiti Instant 802.3af Adapter (sold separately).

## Specifications

System Information			
Model	NanoStationM	locoM5/M2	locoM9
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	64 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports	(1) 10/100 Ethernet Port	(1) 10/100 Ethernet Port

Regulatory/Compliance Information				
Model	NSM5/NSM2/locoM5/locoM2	NSM3	NSM365	locoM9
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE	-	FCC Part 90Z	FCC Part 15.247, IC RS210
RoHS Compliance	Yes	Yes	Yes	Yes

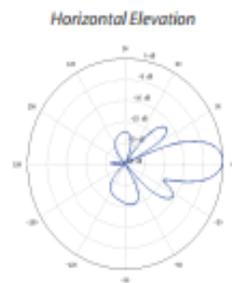
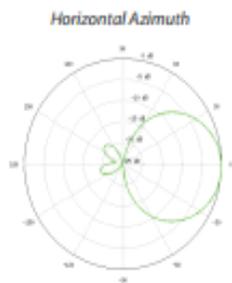
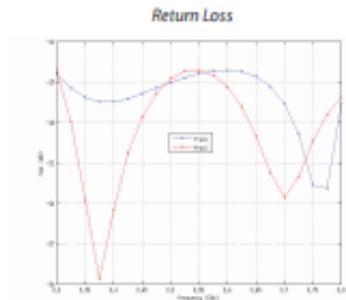
Physical/Electrical/Environmental						
Model	NSM5	NSM3/365	NSM2	locoM5	locoM2	locoM9
Dimensions (mm)	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	294 x 31 x 80	163 x 31 x 80	163 x 31 x 80	164 x 72 x 199
Weight	0.4 kg	0.5 kg	0.4 kg	0.18 kg	0.18 kg	0.9 kg
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	24V, 1A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	8 W	8 W	8 W	5.5 W	5.5 W	6.5 W
Gain	16 dBi	13.7 dBi	11 dBi	13 dBi	8 dBi	8 dBi
RF Connector	-	-	-	-	-	External RP-SMA
Polarization	Dual Linear					
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic					
Mounting	Pole Mounting Kit Included					
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4, 5+; 7, 8 return)					
Operating Temperature	-30 to 75° C					
Operating Humidity	5 to 95% Condensing					
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4					

Operating Frequency Summary (MHz)					
Model	NSM5/locoM5	NSM365	NSM3	NSM2/locoM2	locoM9
Worldwide	5170 - 5875	3650-3675	3400-3700	2412-2462	902-928
USA	5725 - 5850				
USA DFS	5250 - 5850	-	-	-	-

### NanoStationM3/M365 Specifications

Output Power: 25 dBm							
TX POWER SPECIFICATIONS				RX POWER SPECIFICATIONS			
dBi / MAX	MCS Index	Avg. TX	Tolerance	dBi / MAX	MCS Index	Sensitivity	Tolerance
	MCS0	25 dBm	± 2 dB		MCS0	-94 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-93dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-90 dBm	± 2 dB
	MCS3	25 dBm	± 2 dB		MCS3	-89 dBm	± 2 dB
	MCS4	24 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	23 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	22 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	20 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	25 dBm	± 2 dB		MCS8	-93 dBm	± 2 dB
	MCS9	25 dBm	± 2 dB		MCS9	-91 dBm	± 2 dB
	MCS10	25 dBm	± 2 dB		MCS10	-89 dBm	± 2 dB
	MCS11	25 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	24 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	23 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	22 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	20 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		

Antenna Information	
Gain	12.2 - 13.7 dBi
Cross-pol Isolation	28 dB Minimum
Max. VSWR	1.4:1
Beamwidth	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 20° (Elevation)



# TOUGH Cable™

OUTDOOR CARRIER CLASS SHIELDED

Protect your networks from the most brutal environments with Ubiquiti Networks' industrial-grade, shielded Ethernet cable, TOUGH Cable.

**Increase Performance**  
Dramatically improve your Ethernet link states, speeds, and overall performance with Ubiquiti TOUGH Cables.

**Extreme Weatherproof**  
Designed for outdoor use, TOUGH Cables have been built to perform even in the harshest weather and environments.

**ESD Damage Protection**  
Protect your networks from devastating electrostatic discharge (ESD) attacks.

**Extended Cable Support**  
TOUGH Cables have been developed to increase power handling performance for extended cable run lengths.

## Bulletproof your networks

TOUGH Cable is currently available in two versions: PRO Shielding Protection and CARRIER Shielding Protection.

TOUGH Cable PRO is a Category 5e, outdoor, carrier-class shielded cable with an integrated ESD drain wire.

TOUGH Cable CARRIER is a Category 5e, outdoor, carrier-class shielded cable that features an integrated ESD drain wire, anti-crosstalk divider, and secondary shielding. It is rated to provide optimal performance on Gigabit Ethernet networks.

### Additional information:

- 24 AWG copper conductor pairs
- 26 AWG integrated ESD drain wire to prevent ESD attacks and damage
- PE outdoor-rated, weatherproof jacket
- Multi-layered shielding
- Available in lengths of 1000 ft (304.8 m)

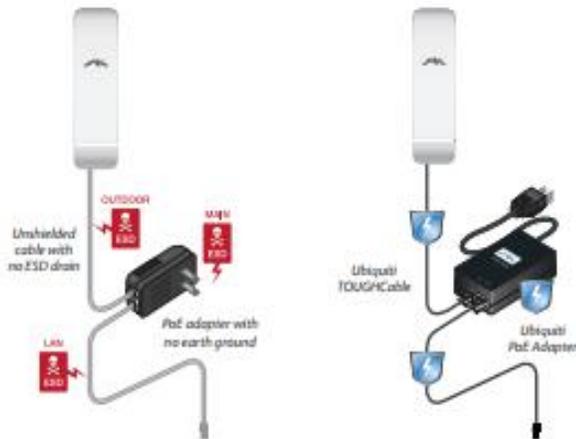


## TOUGH Cable Connectors

Specifically designed for use with Ubiquiti TOUGH Cables and available in 100-pc. bags, TOUGH Cable Connectors protect against ESD attacks and Ethernet hardware damage, while allowing rapid field deployment without soldering.

ESD attacks are the leading cause for device failures. The diagram below illustrates the areas vulnerable to ESD attacks in a network.

By using a grounded Ubiquiti Power over Ethernet (PoE) Adapter along with Ubiquiti TOUGH Cable and TOUGH Cable Connectors, you can effectively protect against ESD attacks.



All specifications in this document are subject to change without notice.

- ANEXO 03

Data sheet

**airMAX Sector**



**airMAX™**

2x2 MIMO BaseStation Sector Antenna

Models: AM-9M13, AM-2G15-120, AM-2G16-90, AM-3G18-120, AM-5G16-120, AM-5G17-90, AM-5G19-120, AM-5G20-90

High Performance, Long Range

Seamlessly Integrates with RocketM

Excellent Cross-Polarization Isolation

**UBIQUITI**  
NETWORKS

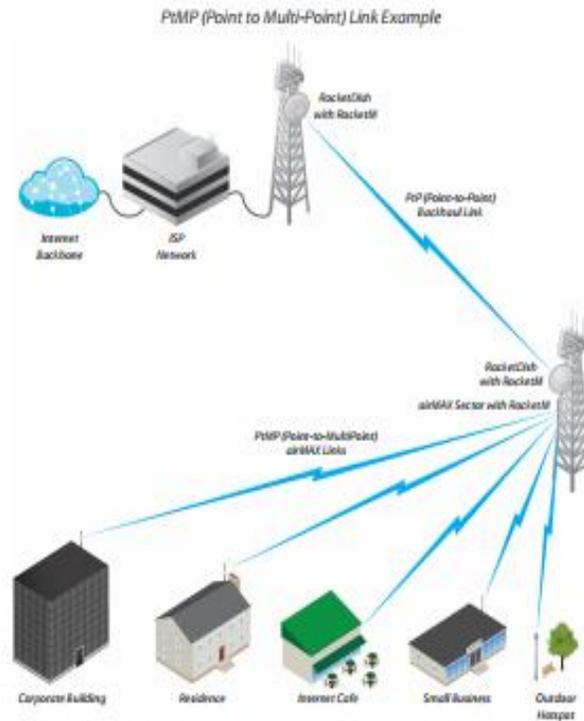
## Overview

### Sector Coverage

The airMAX Sector Antenna is a Carrier Class 2x2 Dual Polarity MIMO Sector Antenna that was designed to seamlessly integrate with RocketM radios (RocketM sold separately).

Pair the RocketM's radio with the airMAX Sector Antenna's reach to create a powerful base station. This versatile combination gives network architects unparalleled flexibility and convenience.

On the right is one example of how the airMAX Sector Antenna can be deployed:



airMAX Sector Antennas provide sector-wide coverage and utilize airMAX technology to produce carrier-class performance and power.

### Utilize airMAX Technology\*

Unlike standard Wi-Fi protocol, Ubiquiti's Time Division Multiple Access (TDMA) airMAX protocol allows each client to send and receive data using pre-designated time slots scheduled by an intelligent AP controller.

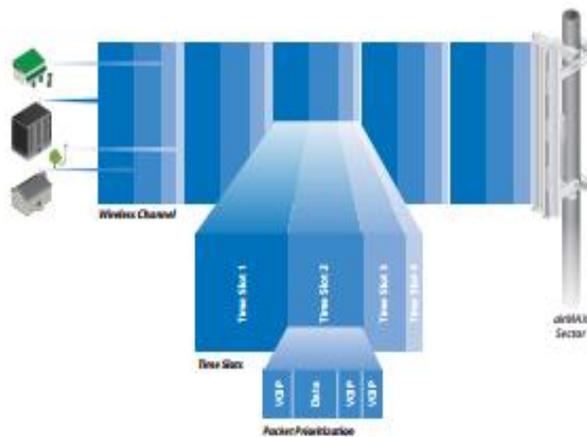
This "time slot" method eliminates hidden node collisions and maximizes airtime efficiency. It provides many magnitudes of performance improvements in latency, throughput, and scalability compared to all other outdoor systems in its class.

**Intelligent QoS** Priority is given to voice/video for seamless streaming.

**Scalability** High capacity and scalability.

**Long Distance** Capable of high-speed, carrier-class links.

\* When airMAX Sector is paired with RocketM



Up to 100 airMAX clients can be connected to an airMAX Sector; four airMAX clients are shown to illustrate the general concept.

## Models



AM-9M13  
(900 MHz, 13 dBi)



AM-2G15-120  
(2.4 GHz, 15 dBi)



AM-2G16-90  
(2.4 GHz, 16 dBi)



AM-3G18-120  
(3 GHz, 18 dBi)



AM-5G16-120  
(5 GHz, 16 dBi)



AM-5G17-90  
(5 GHz, 17 dBi)



AM-5G19-120  
(5 GHz, 19 dBi)



AM-5G20-90  
(5 GHz, 20 dBi)

# Specifications

	Antenna Characteristics			
Model	AM-9M13	AM-2G15-120	AM-2G16-90	AM-3G18-120
Dimensions* (mm)	1290 x 290 x 134	700 x 145 x 93	700 x 145 x 79	735 x 144 x 78
Weight**	12.5 kg	4.0 kg	3.9 kg	5.9 kg
Frequency Range	902 - 928 MHz	2.3 - 2.7 GHz	2.3 - 2.7 GHz	3.3 - 3.8 GHz
Gain	13.2 - 13.8 dBi	15.0 - 16.0 dBi	16.0 - 17.0 dBi	17.3 - 18.2 dBi
HPOL Beamwidth	109° (6 dB)	123° (6 dB)	91° (6 dB)	118° (6 dB)
VPOL Beamwidth	120° (6 dB)	118° (6 dB)	90° (6 dB)	121° (6 dB)
Electrical Beamwidth	15°	9°	9°	6°
Electrical Downtilt	N/A	4°	4°	3°
Max. VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Wind Survivability	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph
Wind Loading	95 lbf @ 100 mph	24 lbf @ 100 mph	19 lbf @ 100 mph	21 lbf @ 100 mph
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	30 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.
ETSI Specification	N/A	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included			

\* Dimensions exclude pole mount and RocketM (RocketM sold separately)

\*\* Weight includes pole mount and excludes RocketM (RocketM sold separately)

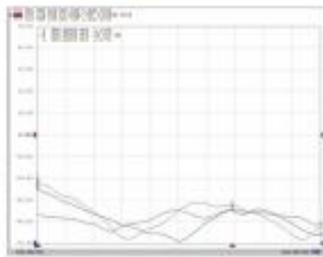
	Antenna Characteristics			
Model	AM-5G16-120	AM-5G17-90	AM-5G19-120	AM-5G20-90
Dimensions* (mm)	367 x 63 x 41	367 x 63 x 41	700 x 135 x 73	700 x 135 x 70
Weight**	1.1 kg	1.1 kg	5.9 kg	5.9 kg
Frequency Range	5.10 - 5.85 GHz	4.90 - 5.85 GHz	5.15 - 5.85 GHz	5.15 - 5.85 GHz
Gain	15.0 - 16.0 dBi	16.1 - 17.1 dBi	18.6 - 19.1 dBi	19.4 - 20.3 dBi
HPOL Beamwidth	137° (6 dB)	72° (6 dB)	123° (6 dB)	91° (6 dB)
VPOL Beamwidth	118° (6 dB)	93° (6 dB)	123° (6 dB)	85° (6 dB)
Electrical Beamwidth	8°	8°	4°	4°
Electrical Downtilt	4°	4°	2°	2°
Max. VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Wind Survivability	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph
Wind Loading	6 lbf @ 100 mph	6 lbf @ 100 mph	20 lbf @ 100 mph	26 lbf @ 100 mph
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	22 dB Min.	22 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included			

\* Dimensions exclude pole mount and RocketM (RocketM sold separately)

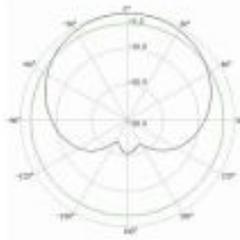
\*\* Weight includes pole mount and excludes RocketM (RocketM sold separately)

### AM-9M13 Antenna Information

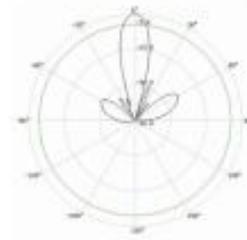
Return Loss



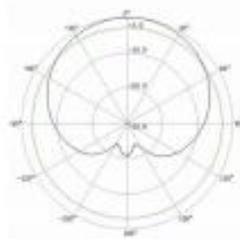
Vertical Azimuth



Vertical Elevation



Horizontal Azimuth

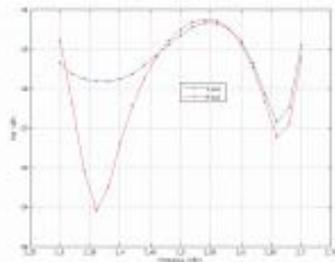


Horizontal Elevation



### AM-2G15-120 Antenna Information

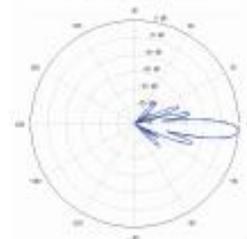
Return Loss



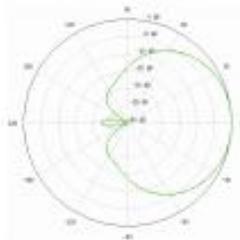
Vertical Azimuth



Vertical Elevation



Horizontal Azimuth



Horizontal Elevation

