



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN: COMPUTACIÓN**

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICA (WLAN) MEDIANTE EL USO DE RADIOENLACE, PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET GRATUITO APLICANDO UN PORTAL CAUTIVO (HOTSPOT) PARA EL PARQUE CENTRAL “JOSÉ MARÍA URBINA” DEL CANTÓN PÍLLARO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTOR: VALENZUELA VALENZUELA, FAUSTO JOAN

DIRECTOR: ING. CAICEDO ALTAMIRANO, FERNANDO SEBASTIÁN

LATACUNGA

2020



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, ***“IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICA (WLAN) MEDIANTE EL USO DE RADIOENLACE, PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET GRATUITO APLICANDO UN PORTAL CAUTIVO (HOTSPOT) PARA EL PARQUE CENTRAL “JOSÉ MARÍA URBINA” DEL CANTÓN PÍLLARO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”***, fue realizado por el señor ***Valenzuela Valenzuela, Fausto Joan*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, enero del 2020

Ing. Caicedo Altamirano Fernando Sebastián

C.C.: 1803935020



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Valenzuela Valenzuela, Fausto Joan*, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: ***IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICA (WLAN) MEDIANTE EL USO DE RADIOENLACE, PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET GRATUITO APLICANDO UN PORTAL CAUTIVO (HOTSPOT) PARA EL PARQUE CENTRAL “JOSÉ MARÍA URBINA” DEL CANTÓN PÍLLARO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográfica.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, enero del 2020

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

Valenzuela Valenzuela, Fausto Joan

C.C.: 2100395827



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN**

AUTORIZACIÓN

Yo, *Valenzuela Valenzuela, Fausto Joan* autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: ***IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICA (WLAN) MEDIANTE EL USO DE RADIOENLACE, PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET GRATUITO APLICANDO UN PORTAL CAUTIVO (HOTSPOT) PARA EL PARQUE CENTRAL “JOSÉ MARÍA URBINA” DEL CANTÓN PÍLLARO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, enero del 2020

Valenzuela Valenzuela, Fausto Joan

C.C.: 2100395827

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a Dios, por ser guía en cada momento de mi vida y el inspirador para cada uno de mis pasos; me da toda la energía necesaria para lograr la realización de esta meta.

A mis padres por su apoyo incondicional en todo el trayecto de nuestras vidas y guiarme por el camino correcto que me lleva al éxito profesional y personal.

A mi tutor el Ing. Fernando Caicedo por entregarme sus conocimientos para realizar los propósitos planteados.

Finalmente, a todas las personas que estuvieron conmigo en las buenas y malas, dándome apoyo emocional o económico.

VALENZUELA VALENZUELA, FAUSTO JOAN

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por guiarme en el sendero de la vida dándome salud y fuerzas para continuar en cada momento de adversidad.

A mi madre, por ser mi ejemplo para seguir adelante y por inculcarme valores que de una u otra forma me ha servido en mi vida, gracias por eso y por mucho más.

A mis hermanos, por darme fuerzas para continuar y poder cumplir todas las metas que me proponga en la vida.

A mis docentes que me impartieron sus conocimientos y experiencias en el transcurso de la vida estudiantil.

A Melany Velez y Joan Valenzuela por ser uno de los pilares fundamentales de motivación en mi vida.

A mi amigo David Carrillo por ser un apoyo incondicional y respaldo en el transcurso de todo el proyecto.

A todas las personas que me incentivaron y motivaron para seguir adelante con este propósito de vida.

VALENZUELA VALENZUELA, FAUSTO JOAN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 TEMA	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN	2
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.6 ALCANCE	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	INTRODUCCIÓN A REDES DE DATOS	5
2.1.1	Red informática	5
2.1.2	Tipos de redes.....	6
a.	Red PAN (Personal Area Network)	6
b.	Red WPAN (Wireless Personal Area Network).....	7
c.	LAN (Local Area Network)	7
d.	Red WLAN (Wireless Local Area Network)	8
e.	Red CAN (Campus Area Network).....	8
f.	Red MAN (Metropolitan Area Network)	9
g.	WAN (Wide Area Network)	9
h.	VLAN (Virtual LAN).....	10
2.1.3	Topologías de red	10
a.	Elementos de una topología.....	10
b.	Topología bus	11
c.	Topología anillo.....	11
d.	Topología estrella	12
e.	Topología malla.....	12
f.	Topología lógica de una red	12
2.1.4	El modelo OSI	13
a.	Capa Física	14
b.	Capa de enlace de datos.....	14

c.	Capa de red	14
d.	Capa transporte	14
e.	Capa sesión	14
f.	Capa de presentación	15
g.	Capa de aplicación	15
2.1.5	Modelo TCP/IP	15
a.	Capa de aplicación	16
b.	Capa de transporte o extremo a extremo	16
c.	Capa internet	16
d.	Capa de acceso a la red	16
e.	Capa física	16
2.1.6	Modelo Jerárquico de Cisco	17
a.	Capa de acceso	17
b.	Capa de Distribución	18
c.	Capa de Núcleo	18
2.1.7	Medios de transmisión	18
a.	Medios de transmisión guiados	18
b.	Medios de transmisión no guiados	20
2.1.8	Ancho de banda	22
2.2	INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS	22
2.2.1	Redes Inalámbricas	22
2.2.2	Ondas electromagnéticas (OEM)	23
2.2.3	Fenómenos que sufren las ondas electromagnéticas en su propagación	25
a.	Atenuación	25

b.	Absorción	26
c.	Reflexión	27
d.	Difracción	27
e.	Dispersión.....	28
f.	Refracción.....	29
g.	Multitrayectoria (multipath)	30
h.	Perturbaciones	30
i.	Modulación.....	31
2.2.4	Tipos de enlaces inalámbricos.....	32
a.	Enlaces punto a punto.....	32
b.	Enlaces punto a multipunto	32
2.2.5	Estándares WLAN.....	33
a.	Estándar 802.11	34
b.	Estándar 802.11a	35
c.	Estándar 802.11b	35
d.	Estandar 802.11g.....	36
e.	Estandar 802.11n	36
2.2.6	Antenas	36
a.	Diagrama de radiación.....	37
b.	Directividad	38
c.	Ganancia	38
d.	Ancho de banda	38
e.	Polarización	38
f.	Tipos de antenas	39

2.2.7	Radioenlaces.....	40
a.	Conceptos de diseño	41
b.	Estructura de un radio enlace	41
2.3	PRESUPUESTO DE ENLACES INALÁMBRICOS.....	42
2.3.1	El lado de la transmisión	43
a.	Potencia de Transmisión (Tx)	43
b.	Perdida en el cable.....	44
c.	Perdida en los conectores	44
d.	Amplificadores	45
e.	Ganancia de la antena.....	45
2.3.2	Pérdidas de propagación.....	46
a.	Perdida en el espacio libre.....	46
b.	Zona de Fresnel	47
2.3.3	Lado receptor.....	49
a.	Ganancia de la antena desde el receptor.....	49
b.	Amplificadores desde el receptor	49
c.	Sensibilidad del receptor	49
d.	Margen y Relación S/N	50
2.3.4	HOTSPOT	50
2.3.5	Portal Cautivo.....	51
2.3.6	Software Especializado	51
a.	Winbox	51
b.	Radio Mobile.....	52

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	INTRODUCCIÓN.....	53
3.2	Zona geográfica.....	53
3.3	Conceptos de diseño.....	53
3.3.1	Objetivo Técnico.....	53
3.3.2	Escalabilidad.....	53
3.3.3	Estudio técnico para la selección de equipos.....	54
3.3.4	Estrategias de seguridad.....	58
a.	Seguridad Física.....	58
b.	Seguridad lógica.....	59
3.3.5	Adaptabilidad.....	59
3.3.6	Tecnología.....	59
3.3.7	Diseño lógico de la red.....	60
a.	Topología Lógica.....	60
3.3.8	Direccionamiento y asignación de nombres.....	60
3.3.9	Presupuesto de enlace.....	62
a.	Pérdida en la propagación.....	62
b.	Zona Fresnel.....	63
c.	Señal recibida.....	63
d.	Cálculo de la potencia de recepción.....	66
3.3.10	Radio Enlace representado en Radio Mobile.....	67
3.3.11	Análisis de resultados calculados.....	72
3.3.12	Modelo final.....	74

3.4	IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS	74
3.4.1	Configuración de RouterBoard 951Ui-2HND.....	74
a.	Reseteo del RouterBoard.....	77
b.	Configuración para Acceso a internet	78
c.	Configuración del servidor DHCP para la red LAN	83
d.	Configuración de la interface WLAN (OPCIONAL)	87
e.	Configuración del Bridge	89
f.	Configuración del portal cautivo (hotspot).....	93
g.	Personalización del portal cautivo (Hotspot)	98
3.4.2	Configuración de las antenas para el radio enlace.....	101
a.	Configuración de la tarjeta de red para acceder a la antena	101
b.	Configuración de la antena R_Enlace_Urbina	103
c.	Configuración de la antena R_Enlace_Parque	106
3.4.3	Configuración de las antenas de distribución.....	109
a.	Configuración de la tarjeta de red para acceder a la antena	110
b.	Configuración de la antena AP_Parque 1 y 2.....	110
3.4.4	Ubicación de los equipos.....	112
a.	Torres.....	113
b.	Antenas	113
c.	Energía Eléctrica	114
d.	Nodo central del proyecto	115
e.	Estación Receptora	115
3.5	MONITOREO Y ANÁLISIS DE LA RED	116
3.5.1	Ejecución de pruebas.....	116

3.5.2	Parámetros de evaluación	116
a.	Señal Recibida.....	116
b.	Ping y Paquetes perdidos.....	117
c.	Test de ancho de Banda y Throughput	117
d.	Tasa de transmisión de la interfaz	118
e.	Jitter	118
f.	Portal Cautivo (Hotspot).....	119
g.	Disponibilidad de la red.....	120
3.5.3	Análisis de resultados	121
a.	Latencia y Paquetes perdidos	121
b.	Throughput	122
c.	Portal Cautivo (Hotspot).....	125
d.	Antenas de distribución	126
e.	Disponibilidad de la red.....	126
f.	Cobertura de las antenas de acceso	127
3.5.4	Tabla de presupuesto	128

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Medios de transmisión Guiados</i>	19
Tabla 2	<i>Características de las bandas</i>	21
Tabla 3	<i>Comparación de Sub-Estándares</i>	36
Tabla 4	<i>Perdidas en espacio libre</i>	47
Tabla 5	<i>Radio [m] para la primera zona de Fresnel</i>	49
Tabla 6	<i>Comparación de equipos de radio enlace PtP</i>	54
Tabla 7	<i>Dispositivos de administración</i>	55
Tabla 8	<i>Antenas para el punto de acceso</i>	56
Tabla 9	<i>Comparación cable UTP</i>	57
Tabla 10	<i>Equipos seleccionados</i>	58
Tabla 11	<i>Plan de direccionamiento IP</i>	61
Tabla 12	<i>Datos del trasmisor</i>	64
Tabla 13	<i>Datos del receptor</i>	64
Tabla 14	<i>Comparación de Valores simulados – Valores calculados</i>	73
Tabla 15	<i>Análisis cualitativo del radio enlace</i>	121
Tabla 16	<i>Análisis cuantitativo Throughput</i>	123
Tabla 17	<i>Tiempo de desconexión en minutos</i>	126
Tabla 18	<i>Presupuesto final</i>	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Modelo de una red	6
Figura 2.	Ejemplo de Red WPAN.....	6
Figura 3.	Ejemplo de Red Pan.....	7
Figura 4.	Ejemplo de Red LAN	7
Figura 5.	Ejemplo de Red WLAN.....	8
Figura 6.	Ejemplo de Red CAN	8
Figura 7.	Ejemplo de Red MAN	9
Figura 8.	Ejemplo de una red WAN.....	9
Figura 9.	Ejemplo de una red VLAN.....	10
Figura 10.	Ejemplo de Topología bus	11
Figura 11.	Ejemplo de Topología anillo	11
Figura 12.	Ejemplo de topología en Estrella.....	12
Figura 13.	Ejemplo topología en malla	12
Figura 14.	7 Capas del modelo OSI.....	13
Figura 15.	Modelo TCP/IP.....	15
Figura 16.	Modelo Jerárquico de cisco	17
Figura 17.	Propagación de ondas electromagnéticas	25
Figura 18.	Ejemplo de atenuación.....	26
Figura 19.	Absorción de Materiales	26
Figura 20.	Reflexión de ondas de radio	27
Figura 21.	Principio de Huygens.....	28
Figura 22.	Uso de la difracción	28
Figura 23.	Dispersión de una señal transmitida	29
Figura 24.	La refracción de ondas electromagnéticas	29
Figura 25.	El fenómeno de la interferencia multitrayectoria	30
Figura 26.	Interferencia por multitrayectoria	30
Figura 27.	Enlace Punto a Punto inalámbrico	32
Figura 28.	Enlace Punto a Multipunto	33

Figura 29.	Red inalámbrica en maya.....	33
Figura 30.	Diagrama de radiación	37
Figura 31.	Polarización de las ondas electromagnéticas	39
Figura 32.	Radicación de una antena isotrópica.....	39
Figura 33.	Radiación de la antena omnidireccional	40
Figura 34.	Radiación de antenas direccionales	40
Figura 35.	Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor	43
Figura 36.	Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace	43
Figura 37.	Señal y Ruido con y sin amplificar	45
Figura 38.	Pérdida en dB en función de la distancia en metros	46
Figura 39.	Zona de Fresnel.....	48
Figura 40.	Red Hostpot	51
Figura 41.	Ejemplo de portal cautivo.....	51
Figura 42.	Winbox	52
Figura 43.	Software Radio Mobile.....	52
Figura 44.	Modelo Jerárquico de las 3 capas de cisco	60
Figura 45.	Asignación de Nombres e IPs.....	62
Figura 46.	Presupuesto de enlace grafico.....	65
Figura 47.	Propiedades de mapa	67
Figura 48.	Propiedades de Unidades	68
Figura 49.	Propiedades de redes - Parámetros	68
Figura 50.	Propiedades de las redes - Topología	69
Figura 51.	Propiedades de las redes - Sistemas.....	69
Figura 52.	Propiedades de las redes - Miembros	70
Figura 53.	Enlace en Radio Mobile.....	71
Figura 54.	Exportar mapa.....	71
Figura 55.	Radio enlace en Google Earth	72
Figura 56.	Diseño lógico	74
Figura 57.	Pantalla de acceso a través de Winbox	75
Figura 58.	Pantalla principal de Winbox.....	75

Figura 59.	Ventana de comandos de New Terminal	77
Figura 60.	Ventana de reconexión al dispositivo	78
Figura 61.	Configuración del nombre de la interface	78
Figura 62.	Configuración de la dirección IP del internet	79
Figura 63.	Configuración de los DNS's	80
Figura 64.	Configuración de las reglas NAT	81
Figura 65.	Configuración del método del NAT	81
Figura 66.	Configuración del Ruteo	82
Figura 67.	Comprobación de acceso a internet	82
Figura 68.	Asignación de IP al puerto 2	83
Figura 69.	Creación de Pool o rangos de IP	84
Figura 70.	Interfaz que se usara para el DHCP	84
Figura 71.	Configuración de Broadcast	85
Figura 72.	Puerta de enlace para el DHCP	85
Figura 73.	Selección de rangos de IP o Pool	85
Figura 74.	Configuración de los DNS servers	86
Figura 75.	Configuración del tiempo de arrendamiento	86
Figura 76.	Mensaje de confirmación	87
Figura 77.	Interface inalámbrica disponible	87
Figura 78.	Configuración del perfil de seguridad	88
Figura 79.	Configuración de la red WLAN	89
Figura 80.	Creación del bridge	90
Figura 81.	Selección de los puertos	90
Figura 82.	Selección del puerto inalámbrico	91
Figura 83.	Modificación del puerto 2	91
Figura 84.	Modificación del DHCP	92
Figura 85.	Comprobación de acceso a internet desde el usuario	92
Figura 86.	Configuración de interface	93
Figura 87.	Verificación de la puerta de enlace	93
Figura 88.	Selección de los rangos de IP	94

Figura 89.	Selección del certificado SSL.....	94
Figura 90.	Configuración del servidor de correo	95
Figura 91.	Configuración de los DNS.....	95
Figura 92.	Configuración del nombre del DNS	95
Figura 93.	Ventana de datos guardados	96
Figura 94.	Configuración del perfil del usuario	96
Figura 95.	Configuración del tiempo de acceso.....	97
Figura 96.	Página de Inicio del hotspot por defecto.....	98
Figura 97.	Página web de plantillas gratuitas.....	98
Figura 98.	Personalización de la página web	99
Figura 99.	Código fuente de la página de inicio	99
Figura 100.	Borrado de la carpeta del hotspot	100
Figura 101.	Ingreso de los nuevos archivos al dispositivo.....	100
Figura 102.	Nueva página de inicio para el portal cautivo	101
Figura 103.	Configuración del adaptador de red manualmente	102
Figura 104.	Inicio de sesión de la antena	102
Figura 105.	Pantalla de inicio de la configuración de la antena.....	103
Figura 106.	Configuración Inalámbrica Básica	104
Figura 107.	Seguridad Inalámbrica	104
Figura 108.	Configuración de la red	105
Figura 109.	Nombre del dispositivo.....	105
Figura 110.	Notificación de guardado.....	106
Figura 111.	Herramienta de escaneo de redes 5GHz	107
Figura 112.	Configuración Inalámbrica de la Estación.....	107
Figura 113.	Seguridad Inalámbrica de la Estación.....	108
Figura 114.	Configuración de red	108
Figura 115.	Nombre del dispositivo estación.....	109
Figura 116.	Notificación de guardado.....	109
Figura 117.	Configuración Wireless del NS M2 loco.....	110
Figura 118.	Configuración Network del NS M2 loco.....	111

Figura 119. Menú Ubiquiti.....	111
Figura 120. Configuración System del NS M2 loco	112
Figura 121. Torres del radio enlace.....	113
Figura 122. Antenas de distribución	113
Figura 123. Antenas de acceso.....	114
Figura 124. Caja de energía eléctrica.....	114
Figura 125. Nodo central – Urbina	115
Figura 126. Estación receptora – Parque central.....	115
Figura 127. Intensidad de señal.....	116
Figura 128. Ping R_Enlace_Parque - R_Enlace_Urbina	117
Figura 129. Ancho de Banda y Throughput.....	117
Figura 130. Tasa de transmisión	118
Figura 131. Resultados de Latencia	119
Figura 132. Página inicial del portal cautivo	119
Figura 133. Página de inicio después de acceder a la red	120
Figura 134. Paquetes perdidos	121
Figura 135. Tiempo de respuesta	122
Figura 136. Tasa de transmisión	123
Figura 137. Intensidad de señal.....	124
Figura 138. Throughput	125
Figura 139. Bloqueo en tiempo de espera (2 horas por Usuario).....	125
Figura 140. Antenas de distribución	126
Figura 141. WiFiman cobertura	127
Figura 142. Cobertura de antenas de acceso	128

RESUMEN

En Pillaro debido a que es un cantón pequeño no se ha implementado el servicio de internet gratuito, en parques o lugares públicos, por ello las personas de estos lugares tienen limitaciones para el acceso libre a internet. Este cantón se dedica más al ámbito cultural y agrícola, por lo que se ha descuidado mucho en la parte tecnológica de la población. Si esto continúa los sectores urbanos de Pillaro seguirán existiendo problemas para acceder a todos los beneficios que nos provee el internet y estarán en desventaja con otras provincias que sí poseen este servicio. Tomando en cuenta esta y otras desventajas más que tienen los habitantes de este cantón se implementó una red de área local inalámbrica (WLAN) mediante el uso de radioenlace, para brindar servicio de internet gratuito aplicando un portal cautivo (HOTSPOT) para el parque central “José María Urbina” del cantón Píllaro en la provincia de Tungurahua. Para la implementación de la red se procedió a adquirir las antenas de radio enlace más adecuadas según el territorio geográfico del sector, el routerboard que nos ayudó a la administración de la red y otros dispositivos para la distribución de la red wifi en el parque. La unión de todos los equipos que se adquirieron formaron una gran red que cumple el objetivo principal de que todas las personas de bajos recursos económicos tengan las mismas oportunidades y beneficios que cualquier otra persona.

PALABRAS CLAVE:

- **REDES WLAN**
- **RADIOENLACE**
- **INTERNET**
- **REDES (INFORMÁTICA)**

ABSTRACT

In Pillaro because it is a small canton the free internet service has not been implemented, in parks or public places, so the people of these places have limitations for free internet access. This canton is more dedicated to the cultural and agricultural field, so much has been neglected in the technological part of the population. If this continues, the urban sectors of Pillaro will continue to have problems accessing all the benefits provided by the internet and will be at a disadvantage with other provinces that do have this service. Taking into account this and other disadvantages that the inhabitants of this canton have, a wireless local area network (WLAN) was implemented through the use of radio links, to provide free internet service by applying a captive portal (HOTSPOT) to the central park “ José María Urbina ” of the Pillaro canton in the province of Tungurahua. For the implementation of the network, the most appropriate radio link antennas were acquired according to the geographical territory of the sector, the router that helped us manage the network and other devices for the distribution of the Wi-Fi network in the park. The union of all the equipment that was acquired formed a large network that fulfills the main objective that all people with low economic resources have the same opportunities and benefits as any other person.

KEY WORDS:

- WLAN NETWORKS
- RADIO LINK
- INTERNET
- NETWORKS (COMPUTER)

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 TEMA

Implementación de una red de área local inalámbrica (WLAN) mediante el uso de radioenlace, para brindar servicio de internet gratuito aplicando un portal cautivo (Hotspot) para el Parque Central “José María Urbina” del cantón Píllaro en la provincia de Tungurahua

1.2 ANTECEDENTES

El uso del internet y las telecomunicaciones se ha incrementado aceleradamente, tanto que se las puede considerar como un servicio básico. Además, que las entidades, centros educativos públicos y privados, realizan la mayoría de actividades institucionales por medio del internet, ya sea el uso de correos electrónicos, registros, bibliotecas, etc.

En las principales ciudades del país se ha implementado el servicio de internet gratuito, en parques y lugares públicos para aquellas personas que no puedan acceder a este servicio, sin embargo, en cantones pequeños como es Píllaro no se ha implementado ningún tipo de servicio similar, por ello las personas de estos lugares tienen limitaciones para el acceso libre a internet.

En la tesis planteada en la Universidad de Guayaquil denominada “Propuesta de implementación de un portal cautivo Hotspot, para brindar el servicio de internet inalámbrico en negocios PYMES y (Small office home office) de la Ciudad de Guayaquil” (Jaime Santillán, 2016), mediante la aplicación de este servicio crearon un portal cautivo (Hotspot) mediante dispositivos inalámbricos para recibir información importante de varias personas como el correo electrónico lo cual ayudó a poder comunicarse con el usuario y poder promocionar sus productos o servicios.

Por otro lado la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga realizó la “Implementación de una red inalámbrica de comunicaciones con tecnología wi-fi para el casino de voluntarios de la 17 BS “Pastaza”” (Segundo Llagua, 2013) , la implementación de esta red en el Casino de voluntarios se realizó con dispositivos adecuados para una óptima conexión, basándose en datos técnicos de conectividad especificados por los fabricantes de las antenas.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tecnología ha evolucionado de una manera masiva hasta el punto que se ha vuelto una base fundamental en la vida de todas las personas en casi todos los aspectos, empezando por la facilidad de transmitir información inmediata entre diferentes puntos distantes del mundo. La importancia de la tecnología radica en gran medida en que la mayoría de los procesos humanos dependen de ella. (VALLERY.ES, 2016)

La educación es uno de los campos en los cuales las tecnologías tienen una destacada participación ya sea en envío de documentos, aulas virtuales, registros, etc. (Colegio Lincoln, 2012). El Ecuador es un país en progreso social medio alto (el telégrafo, 2017). Por ello el uso de internet es de mucha importancia para todas las personas, pero en especial a los estudiantes, aunque en ocasiones las personas no cuentan con los recursos económicos para poder tener accesibilidad al internet. Cabe destacar que en las zonas urbanas las empresas buscan el beneficio económico propio, antes que apoyar a la comunidad en general para su desarrollo intelectual.

Si esto continúa en los sectores urbanos de Pillaro seguirá existiendo problemas para acceder a todos los beneficios que provee el internet y estarán en desventaja con las personas que tienen acceso a este servicio, incrementando en mayores cantidades la deserción del estudio debido a la dificultad del acceso a la información.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Las tecnologías de información y comunicación son herramientas indispensables para el desarrollo de la sociedad ya sea como medios de comunicación, entretenimiento o educación. La tecnología interviene en la vida todo el tiempo y por ello es necesario estar actualizados en conocimientos para estar a la par con el mundo. (Educaonline S.L, 2018).

Existen varias empresas que proveen servicio de internet al cantón Píllaro. Las empresas se enfocan en un beneficio económico, mas no tiene una finalidad de servicio a la comunidad.

La red de área local inalámbrica (WLAN) permitirá la interacción directa con el usuario que desee el servicio a través de un portal cautivo (Hotspot) el cual le dará un tiempo limitado para

usarlo al día, esto permitirá que otras personas puedan gozar de este beneficio de manera óptima, sin que exista congestión en la red.

La razón de la creación de red de área local inalámbrica que brinde servicio de internet gratuito inalámbrico al Parque Central de Píllaro es debido a que en esta zona carecen de este servicio y esta es una de las razones por lo que la población con bajos recursos económicos no puede tener las mismas oportunidades y beneficios que cualquier persona.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar una red de área local inalámbrica (WLAN) mediante el uso de radioenlace, para brindar servicio de internet gratuito mediante un portal cautivo (Hotspot) para el Parque Central “José María Urbina” del Cantón Píllaro en la provincia de Tungurahua

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la cobertura del radioenlace hacia el Parque Central del Cantón Píllaro mediante el uso de la herramienta de simulación de red inalámbrica.
- Realizar un estudio técnico para seleccionar los equipos que cumplan con los requerimientos necesarios para este tipo de radioenlace y portal cautivo (Hotspot).
- Instalar y configurar los equipos de red seleccionados que formarán parte de la infraestructura de la red.
- Realizar pruebas de funcionamiento y corrección de errores de la red con herramientas de diagnóstico.

1.6 ALCANCE

En el cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua existe una población de 38.357 habitantes según el censo realizado por el Instituto nacional de estadística y censo (INEC, 2010). Aproximadamente existen 6.500 habitantes en Píllaro (Urbano) basándose a el censo realizado en el 2001 (INEC, 2001). Por el Parque Central de Píllaro transitan alrededor de 300 personas diariamente, los cuales podrían ser las personas que gocen de este beneficio.

Con el desarrollo de este proyecto los principales beneficiarios serán los habitantes de Píllaro, así como las personas que visitan el cantón, teniendo acceso gratuito a internet para realizar cualquier tipo de gestión o consulta que permitiría un mayor desarrollo social de estas personas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN A REDES DE DATOS

2.1.1 Red informática

Una red informática es un conjunto de dispositivos interconectados entre sí a través de un medio, que intercambian información y comparten recursos. Básicamente la comunicación dentro de una red informática es un proceso en el que existen dos roles bien definidos para los dispositivos conectados, emisor y receptor, que se van asumiendo y alternando en distintos instantes de tiempo. (RedUsers, 2019) Los elementos clave para una red informática son:

- La fuente. Este dispositivo genera los datos a transmitir: por ejemplo, teléfonos o computadores personales.
- El transmisor. Normalmente los datos generados por la fuente no se transmiten tal y como son generados. Al contrario, el transmisor transforma y codifica la información, generando señales electromagnéticas susceptibles de ser transmitidas a través de algún sistema de transmisión. Por ejemplo, un modem convierte cadenas de bits generadas por un computador personal y las transforma en señales analógicas que pueden ser transmitidas a través de la red.
- El sistema de transmisión. Que puede ser una red sencilla línea de transmisión hasta una compleja red que conecte a la red con el destino.
- El receptor. Que acepta la señal proveniente de sistema de transmisión y la transforma de tal manera que pueda ser manejada por el dispositivo destino. Por ejemplo, un modem captará la señal analógica de la red o línea de transmisión y la convertirá en una cadena de bits.
- El destino, que toma los datos del receptor. (STALLINGS, 2001)

A continuación, se muestra en la *figura 1* los elementos que lo conforman.

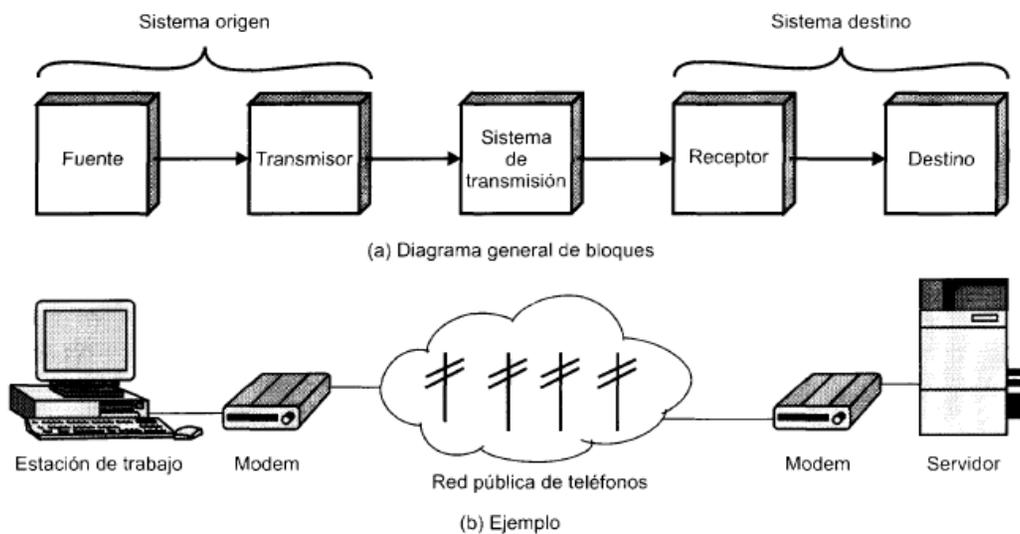


Figura 1. Modelo de una red

Fuente: (STALLINGS, 2001)

2.1.2 Tipos de redes

a. Red PAN (Personal Area Network)

La red de área personal está conformada por dispositivos utilizados por una sola persona. Tiene un rango de alcance de unos pocos metros (RedUsers, 2019). La red PAN muestra un concepto de redes centradas en los usuarios los cuales les permite comunicarse con sus dispositivos personales. (EcuRed, 2019)



Figura 2. Ejemplo de Red WPAN

Fuente: (GADAE NETWEB S.L, 2015)

b. Red WPAN (Wireless Personal Area Network)

La red inalámbrica de área personal es igual que la red PAN pero utiliza medios inalámbricos, algo similar a la distancia que tiene el Bluetooth del móvil para intercambiar datos. Son las más básicas y sirven para espacios reducidos, por ejemplo, un local de un solo piso pequeño con uno o dos ordenadores. (GADAE NETWEB S.L, 2015).



Figura 3. Ejemplo de Red Pan

Fuente: (GADAE NETWEB S.L, 2015)

c. LAN (Local Area Network)

La red de área local es una red cuyo rango de alcance se limita a un área relativamente pequeña, como una habitación, un edificio, un avión, etc. A través de la red LAN pueden compartir recursos entre diferentes dispositivos electrónicos (como teléfonos celulares, tabletas, etc.), computadoras a pesar de hallarse en lugares distantes. (RedUsers, 2019).



Figura 4. Ejemplo de Red LAN

Fuente: (GADAE NETWEB S.L, 2015)

d. Red WLAN (Wireless Local Area Network)

La red de área local inalámbrica es una red LAN que emplea medios inalámbricos de comunicación. Es una configuración muy utilizada por su escalabilidad y porque no requiere instalación de cables. Estas redes usan ondas electromagnéticas de un punto a otro sin necesidad de usar un medio físico (RedUsers, 2019).



Figura 5. Ejemplo de Red WLAN

Fuente: (GADAE NETWEB S.L, 2015)

e. Red CAN (Campus Area Network)

Una red de área de campus es una red de dispositivos de alta velocidad que conecta redes de área local a través de un área geográfica limitada, como un campus universitario, una base militar, etc. Esta red garantiza un acceso exitoso a internet para grandes corporaciones e instituciones (RedUsers, 2019).



Figura 6. Ejemplo de Red CAN

Fuente: (GADAE NETWEB S.L, 2015)

f. Red MAN (Metropolitan Area Network)

La red de área metropolitana: es una red de alta velocidad (banda ancha) que da cobertura en un área geográfica más extensa que un campus, pero, aun así, limitada. Proporciona la capacidad de integrar varios servicios mediante la transmisión de datos, voz y video, sobre medios de transmisión como fibra óptica y par trenzado (RedUsers, 2019).

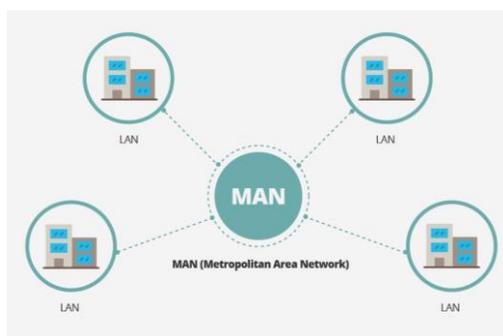


Figura 7. Ejemplo de Red MAN

Fuente: (GADAE NETWEB S.L, 2015)

g. WAN (Wide Area Network)

La red de área amplia: son las que suelen desplegar las empresas proveedoras de Internet para cubrir las necesidades de conexión de redes de una zona muy amplia, como una ciudad o país. Hoy en día brinda conexiones a internet de grandes velocidades disminuyendo así el uso de redes privadas WAN (STALLINGS, 2001).

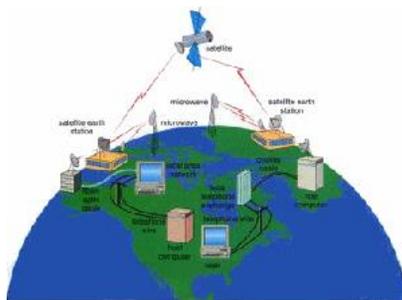


Figura 8. Ejemplo de una red WAN

Fuente: (GADAE NETWEB S.L, 2015)

h. VLAN (Virtual LAN)

Las redes VLAN es un método para crear redes lógicas independientes dentro de una red física. Las redes normalmente se conectan de forma física. Las redes VLAN se encadenan de forma lógica (mediante protocolos, puertos, etc.), reduciendo el tráfico de red y mejorando la seguridad (GADAE NETWEB S.L, 2015).

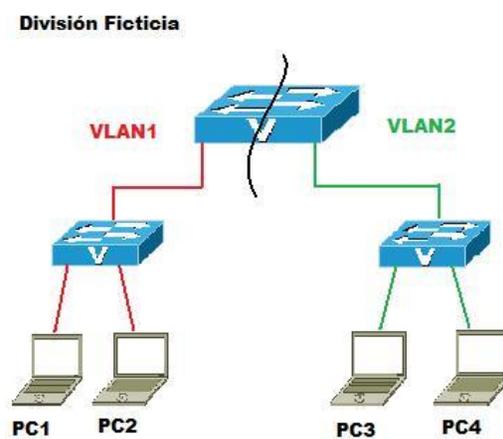


Figura 9. Ejemplo de una red VLAN

Fuente: (GADAE NETWEB S.L, 2015)

2.1.3 Topologías de red

Se puede considerar una topología como la forma que adopta el flujo de información dentro de una red (RedUsers, 2019). Además de ser un arreglo físico o lógico en el cual los dispositivos (computadores, impresoras, servidores, switches, enrutadores, etc.) se conectan entre sí por un medio de comunicación (Ecured, 2020).

a. Elementos de una topología

Una topología está definida por diagramas de nodos y enlaces entre ellos. Los diagramas nos permiten visualizar patrones, y distribuir los dispositivos y el medio en un espacio físico siguiendo un conjunto de pautas. Podemos definir un nodo como la representación de un dispositivo (ya sea

de red o de usuario final), y un enlace, como la representación de un medio físico de conexión entre dos nodos a través del cual fluye información (RedUsers, 2019).

b. Topología bus

En este tipo de topología todos los nodos están conectados directamente por medio de enlaces individuales, un enlace especial denominado bus o backbone. Este bus, por lo general, es un cable que posee un terminador en cada extremo; es decir, una resistencia de acople que, además de indicar que no existen más dispositivos, permite cerrar el bus (RedUsers, 2019).



Figura 10. Ejemplo de Topología bus

Fuente: (RedUsers, 2019)

c. Topología anillo

Los nodos están conectados unos con otros formando un círculo o anillo (el último nodo se conecta con el primero para cerrar el círculo). La información fluye en una sola dirección. Cada nodo recibe la información que circula a través del enlace y la retransmite al nodo contiguo, siempre en la misma dirección. Un nodo solo puede enviar información a través de la red cuando recibe el token que circula por ella (RedUsers, 2019).

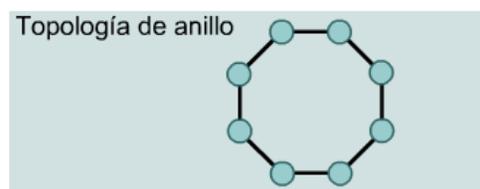


Figura 11. Ejemplo de Topología anillo

Fuente: (CCNA, 2018)

d. Topología estrella

La topología en estrella conecta todos los cables con un punto central de concentración (CCNA, 2018). La ventaja principal es que todos los nodos conectados se pueden comunicar entre sí de manera conveniente, además también de ser una desventaja ya que si falla el nodo central toda la red se desconecta (Ecured, 2020).

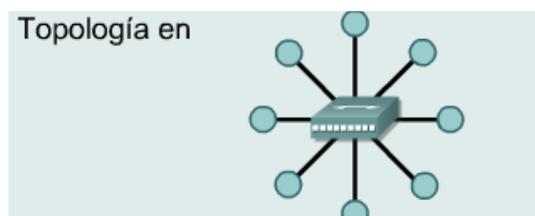


Figura 12. Ejemplo de topología en Estrella

Fuente: (CCNA, 2018)

e. Topología malla

Se implementa para proporcionar la mayor protección posible para evitar una interrupción del servicio. Como se puede observar en el gráfico, cada host tiene sus propias conexiones con los demás hosts (CCNA, 2018).

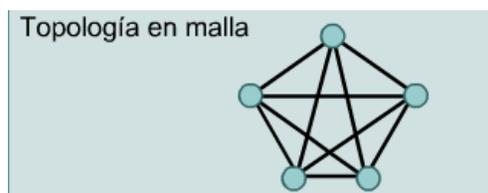


Figura 13. Ejemplo topología en malla

Fuente: (CCNA, 2018)

f. Topología lógica de una red

Es la forma en que los hosts se comunican a través del medio. Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son broadcast y transmisión de tokens.

Broadcast

La topología broadcast simplemente significa que cada host envía sus datos hacia todos los demás hosts del medio de red. No existe una orden que las estaciones deban seguir para utilizar la red. Es por orden de llegada (CCNA, 2018).

Transmisión de tokens

La transmisión de tokens controla el acceso a la red mediante la transmisión de un token electrónico a cada host de forma secuencial. Cuando un host recibe el token, ese host puede enviar datos a través de la red. Si el host no tiene ningún dato para enviar, transmite el token al siguiente host y el proceso se vuelve a repetir (CCNA, 2018).

2.1.4 El modelo OSI.

El modelo de interconexión de sistemas abiertos, también llamado OSI (en inglés open system interconnection) es el modelo de red descriptivo propuesto por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en el año 1977 y aprobado en el año 1984 (RedUsers, 2019).

En la *figura 14* podemos notar que el modelo OSI está formada por siete capas que define las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicaciones (Solano, 2019).

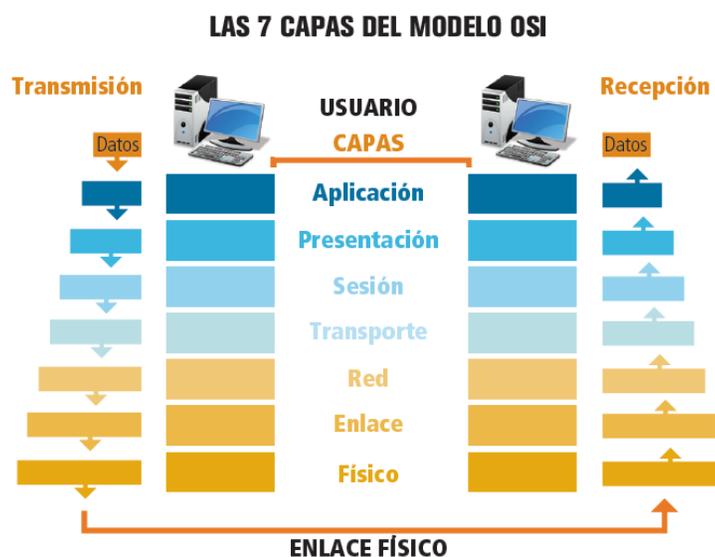


Figura 14. 7 Capas del modelo OSI

Fuente: (RedUsers, 2019)

a. Capa Física

Esta capa ofrece a los niveles superiores un servicio de transmisión de datos, es decir, proporciona un mecanismo para enviar y recibir bits empleando el canal de comunicación (Solano, 2019). Además proporciona los medios de transporte para los bits que conforman la trama de la capa de Enlace de datos a través de los medios de red (UAEH, 2019).

b. Capa de enlace de datos

La capa de enlace de datos utiliza la funcionalidad ofrecida por la capa física. Aunque la capa física ofrece un mecanismo para enviar/recibir datos, esta capa no se encarga de comprobar si los datos recibidos son correctos. (UAEH, 2019)

La capa de enlace de datos tiene como objetivo ofrecer a los niveles superiores un enlace libre de errores, proporcionando mecanismos para el control y la detección de errores. Además, ofrece medios para activar, mantener y desactivar este enlace. (Solano, 2019)

c. Capa de red

La capa de red proporciona los medios necesarios para la transferencia de información entre sistemas finales a través de algún tipo de red de datos. De esta manera, las capas superiores no tienen que conocer la técnica de conmutación empleada. Las unidades de información de esta capa se denominan paquetes (UAEH, 2019).

d. Capa transporte

La capa de transporte proporciona mecanismos de intercambio de datos entre sistemas finales o extremo a extremo. Este intercambio debe realizarse libre de errores, en consecuencia, sin pérdidas ni duplicados y cumpliendo los requisitos establecidos. La unidad de información de esta capa se denomina segmento o datagrama (Solano, 2019).

e. Capa sesión

Esta capa es la que se encarga de mantener y controlar el enlace establecido entre dos ordenadores que están transmitiendo datos. Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda

efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándolas en caso de interrupción (Solano, 2019).

f. Capa de presentación

El objetivo de esta capa es encargarse de la representación de la información, de manera que, aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres los datos lleguen de manera reconocible. (UAEH, 2019)

Esta capa es la primera en trabajar más el contenido de la comunicación que el cómo se establece la misma. En ella se tratan aspectos tales como la semántica y la sintaxis de los datos transmitidos, ya que distintas computadoras pueden tener diferentes formas de manejarlas (Solano, 2019).

g. Capa de aplicación

Ofrece a las aplicaciones (de usuario o no) la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (POP y SMTP), gestores de bases de datos y protocolos de transferencia de archivos (FTP). La capa de aplicación sirve como ventana a los usuarios y los procesos de las aplicaciones para acceder a servicios de red (Solano, 2019).

2.1.5 Modelo TCP/IP

El modelo TCP/IP son varios protocolos de red de los cuales se basa el internet, además permiten la transmisión de información entre la red de varias computadoras. Se lo denomina protocolos TCP/IP, debido a los dos protocolos más importantes que lo componen: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP) (Andalucía, 2019).



Figura 15. Modelo TCP/IP

Fuente: (STALLINGS, 2001)

El modelo TCP/IP posee 5 niveles o capas, estas capas son:

a. Capa de aplicación

La capa de aplicación define las aplicaciones de red y los servicios de Internet estándar que puede utilizar un usuario. Estos servicios utilizan la capa de transporte para enviar y recibir datos. Además proporciona la comunicación entre procesos o aplicaciones de computadores separados (ORACLE Technology Network, 2020).

b. Capa de transporte o extremo a extremo

Proporciona un servicio de transferencia de datos extremo a extremo. Esta capa puede incluir mecanismos de seguridad. Oculta los detalles de la red, o redes adyacentes, a la capa aplicación. También garantiza que todos los paquetes lleguen en secuencia y sin errores, al momento de intercambiar la confirmación en la recepción de datos y retransmitir los paquetes perdidos (ORACLE Technology Network, 2020).

c. Capa internet

La capa de Internet, también conocida como capa de red o capa IP, acepta y transfiere paquetes para la red. Esta capa incluye el potente Protocolo de Internet (IP), el protocolo de resolución de direcciones (ARP) y el protocolo de mensajes de control de Internet (ICMP) (ORACLE Technology Network, 2020).

d. Capa de acceso a la red

Relacionada con la interfaz lógica entre un sistema final y una subred. La capa de acceso a la red de datos identifica el tipo de protocolo de red del paquete, en este caso TCP/IP. La capa de acceso a la red proporciona también control de errores y estructuras (ORACLE Technology Network, 2020).

e. Capa física

Define las características del medio de transmisión, la tasa de señalización y el esquema de codificación de las señales. La capa de red física especifica las características del hardware que se

utilizará para la red. Por ejemplo, la capa de red física especifica las características físicas del medio de comunicaciones (ORACLE Technology Network, 2020).

2.1.6 Modelo Jerárquico de Cisco

La jerarquía tiene muchos beneficios en el diseño de las redes y nos ayuda a hacerlas más predecibles. En sí, definimos funciones dentro de cada capa, ya que las redes grandes pueden ser extremadamente complejas e incluir múltiples protocolos y tecnologías; así, el modelo nos ayuda a tener un modelo fácilmente entendible de una red y por tanto a decidir una manera apropiada de aplicar una configuración (R, 2008). En la *figura 16* podemos observar la clasificación de las capas del modelo jerárquico de cisco.

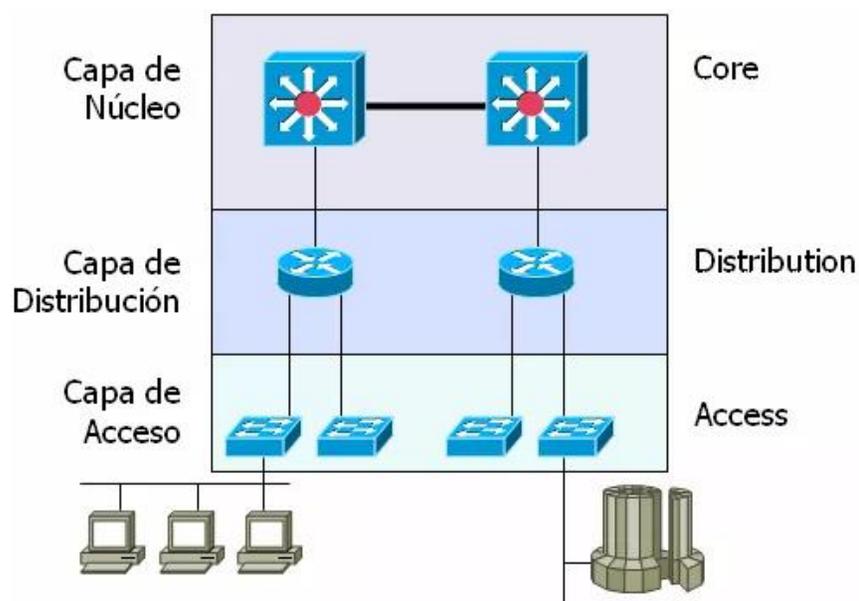


Figura 16. Modelo Jerárquico de cisco

Fuente: (R, 2008)

a. Capa de acceso

Controla a los usuarios y el acceso de grupos de trabajo (workgroup access) o los recursos de internetwork. Los recursos más utilizados por los usuarios deben ser ubicados localmente, pero el tráfico de servicios remotos es manejado aquí, y entre sus funciones están la continuación de control de acceso y políticas (R, 2008)

b. Capa de Distribución

Las funciones de esta capa son proveer ruteo, filtrado, acceso a la red WAN y determinar que paquetes deben llegar al Core. Además, determina cuál es la manera más rápida de responder a los requerimientos de red, por ejemplo, cómo traer un archivo desde un servidor. (R, 2008)

c. Capa de Núcleo

Es literalmente el núcleo de la red, su única función es switchear tráfico tan rápido como sea posible y se encarga de llevar grandes cantidades de tráfico de manera confiable y veloz, por lo que la latencia y la velocidad son factores importantes en esta capa. El tráfico que transporta es común a la mayoría de los usuarios, pero el tráfico se procesa en la capa de distribución que a su vez envía las solicitudes al core si es necesario. EN caso de falla se afecta a todos los usuarios, por lo que la tolerancia a fallas es importante. (R, 2008)

2.1.7 Medios de transmisión

En los sistemas de transmisión de datos, el medio de transmisión es el camino físico entre el transmisor y el receptor. Los medios de transmisión se clasifican en guiados y no guiados. En ambos casos la comunicación se realiza mediante ondas electromagnéticas. (STALLINGS, 2001).

Hay una serie de factores relacionados con el medio de transmisión y con la señal que determinan tanto la distancia como la velocidad de transmisión:

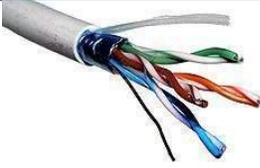
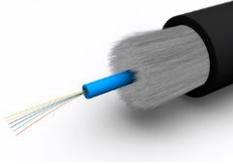
- El ancho de banda
- Dificultades en la transmisión
- Interferencias
- Numero de receptores

a. Medios de transmisión guiados

Los medios de transmisión guiados están formados por cables los cuales están encargados de conducir las ondas desde el emisor hasta el receptor. Dependiendo del tipo de conductor utilizado

la transmisión de los datos tendrán diferentes velocidades de conexión que se adaptarán dependiendo del uso de cada usuario.

Tabla 1
Medios de transmisión Guiados

CARACTERÍSTICAS	PARES TRENZADOS	CABLE COAXIAL	FIBRA ÓPTICA
Estructura interna			
Velocidad de transmisión	10 – 100 Mbps	800 Mbps	10 Gbps
Ancho de banda	75000 MHz	450 Mhz	10 Ghz
Resistencia a la interferencia	Limitada media	Media alta	Alta
Tipo de señal	Electromagnética	Eléctrica	Óptica
Tipo	UTP: sin pantalla, más barato	Thick: cable amarillo, mas grueso, más caro y seguro	Mono-modo: una sola línea y una sola señal
	STP: Apantallado, mas caro y seguro	Thin: Cable más económico y manejable que el Thick	Multi-modo: Varias líneas con varios datos, más inseguro
	FTP: Trenzado individualmente		

CONTINÚA 

Tipo de conectores	RJ-45	BNC, Barril, T, N, terminadores	FC, FDDI, LC, Mc- Array, SC,SC
Ventajas	Bajo costo, fácil de manejar	Diseñado para alta intensidad de datos, protegido por PVC	Totalmente inmune a interferencias, rápido en la transmisión de datos
Desventajas	Poca protección y confiabilidad	No hay modulación	Alto costo y fragilidad en los equipos

Fuente: (STALLINGS, 2001)

b. Medios de transmisión no guiados

En este tipo de medio de transmisión, tanto el envío como la recepción de los datos se lleva a cabo mediante antenas. En la transmisión, la antena envía energía electromagnética en el medio (aire), y en la recepción la antena capta las ondas electromagnéticas del medio.

En las transmisiones inalámbricas hay dos tipos de configuración: direccional y omnidireccional. En la direccional la antena emite la energía electromagnética concentrándola en un solo haz; por lo que las dos antenas, tanto la emisora como la receptora tienen que estar bien alineadas. En el caso de la bidireccional las ondas electromagnéticas se dispersan a varias direcciones, pudiendo ser recibida por varias antenas, en el rango de alcance.

En las redes inalámbricas se considera algunos rangos de frecuencias. El primer intervalo va desde los 2 GHz hasta los 40 GHz se denomina frecuencia de microondas, son adecuadas para enlaces punto a punto y comunicaciones vía satélite. El segundo rango de frecuencias va desde 30MHz a 1 GHz son adecuados para aplicaciones omnidireccionales se lo puede denominar ondas de radio. (STALLINGS, 2001)

En la presente tabla se resumen las características de transmisión de medios no guiados para las distintas bandas de frecuencia.

Tabla 2
Características de las bandas

BANDA DE FRECUENCIA	NOMBRE	MODULACIÓN	RAZÓN DE DATOS	APLICACIONES PRINCIPALES
30-300 KHz	LF (Low Frequency)	ASK, FSK,MSK	0,1 – 100 bps	NAVEGACIÓN
300-3000 KHz	MF (Medium Frequency)	ASK, FSK, MSK	10 - 1000 bps	RADIO AM COMERCIAL
3-30 MHz	HF (High Frequency)	ASK, FSK, MSK	10 - 3000 bps	RADIO DE ONDA CORTA
30-300 MHz	VHF (Very High Frequency)	FSK, PSK	Para 100 Mbps	TELEVISIÓN VHF, RADIO FM
300-3000 MHz	UHF (Ultra High Frequency)	PSK	Para 10 Kbps	TELEVISIÓN UHF, MICROONDAS TERRESTRES

CONTINÚA 

3-30 GHz	SHF (Super High Frequency)	PSK	Para 100 Kbps	MICROONDAS TERRESTRES Y POR SATÉLITE
30-300 GHz	EHF (Extremely High Frequency)	PSK	Para 750 Mbps	ENLACES CERCANOS CON PUNTO A PUNTO EXPERIMENTADOS

Fuente: (STALLINGS, 2001)

2.1.8 Ancho de banda

El ancho de banda es la cantidad de información o datos que se puede transmitir entre dos puntos a través de una red en un periodo de tiempo determinado. El ancho de banda se puede medir en bites por segundo (bps), kilobits por segundo (kbps) o megabits por segundo Mbps. El ancho de banda es un factor que se toma en cuenta para determinar la calidad y velocidad de una red (CCNA, 2018).

2.2 INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS

2.2.1 Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas son de gran utilidad en el mundo debido a que han hecho muy fácil la comunicación a largas distancias, además de facilitar la vida diaria de las personas por ello se ha convertido en una herramienta indispensable (ALEGSA, 2019).

Las tecnologías de radiofrecuencia permiten al usuario estar conectado a una red sin necesidad de utilizar cables y es de mucha utilidad en lugares en donde una computadora no pueda permanecer en un solo sitio, como en almacenes, parques, etc. Existen algunas tecnologías

inalámbricas, entre las más importantes tenemos: telefonía celular, comunicación satelital, wimax, Wifi, bluetooth, Zigbee, GPS, etc (ALEGSA, 2019).

Las redes inalámbricas poseen varias ventajas las cuales destacan las siguientes:

- No existen cables, por lo tanto, no hay cables que se enrienden o molesten a los usuarios.
- Instalación de red más económica
- Instalación más sencilla
- Permiten conexiones de gran alcance, dependiendo de la capacidad de transmisión del equipo.
- Facilidad de conexión de varios equipos
- Facilidad de cambio de ubicación de nodos conectados

De igual manera poseen desventajas como:

- No hay estudios concretos sobre el grado de peligrosidad de las redes inalámbricas
- Las entidades gubernamentales utilizan redes cableadas debido a que son más seguras que las redes inalámbricas
- Las redes inalámbricas poseen ancho de banda menor en comparación con las redes cableadas.
- La inestabilidad de la red es mayor debido a que en el medio existen ondas electromagnéticas de otros equipos inalámbricos. (ALEGSA, 2019)

2.2.2 Ondas electromagnéticas (OEM)

Son generadas por el movimiento de cargas eléctricas (electrones) formando la radiación electromagnética representados en forma de onda transversal. Útiles para transportar información, combinan campos eléctricos y magnéticos propagándose sobre el espacio transportando energía de un lugar a otro (Francisco Molina, 2019).

Una de las características más importante de las ondas electromagnéticas es que la frecuencia es una función de la energía que transportan (o sea la energía necesaria para generarlas). (Francisco Molina, 2019)

Conceptos básicos

Para poder entender mejor el comportamiento de las ondas y su aplicación, hay que tener en cuenta unos conceptos básicos.

- **Ciclo:** El ciclo es cada patrón repetitivo de una onda.
- **Periodo:** Es el tiempo que dura un ciclo de la onda en volver a comenzar
- **Frecuencia:** Se define como el número de ciclos que completa la onda en un tiempo determinado. Sus unidades son los hercios (Hz), de forma que 1 Hz equivale a un ciclo por segundo
- **Amplitud:** Es la distancia que hay entre el punto de inflexión de la onda y el máximo.
- **Longitud:** Es la distancia entre dos máximos consecutivos de la onda.
- **Velocidad:** Las ondas se desplazan a una velocidad en la que influye la naturaleza y el medio por el cual se desplaza.
- **Fase:** La fase de una onda se basa en la posición de una característica específica del ciclo, en la ubicación de la misma característica en la onda siguiente.

El periodo y la frecuencia se relacionan como:

$$f = \frac{1}{T}$$

f = frecuencia

T = periodo

Velocidad, longitud y frecuencia se relacionan de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

λ = longitud de onda

C = velocidad de la luz

f = frecuencia

(Sanaguano Moreno & Zabala Haro , 2011)

2.2.3 Fenómenos que sufren las ondas electromagnéticas en su propagación

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire, pero no se propagan bien a través de conductores con pérdidas como el agua de mar ya que los campos eléctricos hacen que fluyan corrientes en el material disipando con rapidez la energía de las ondas. (Vila Burguete, 2005)

A frecuencias bajas las ondas electromagnéticas son guiadas por la superficie terrestre y reflejadas por las capas ionosféricas. A frecuencias altas las ondas electromagnéticas se comportan como la luz, por lo que se requiere en la mayoría de los caso una línea visual entre el transmisor y el receptor (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

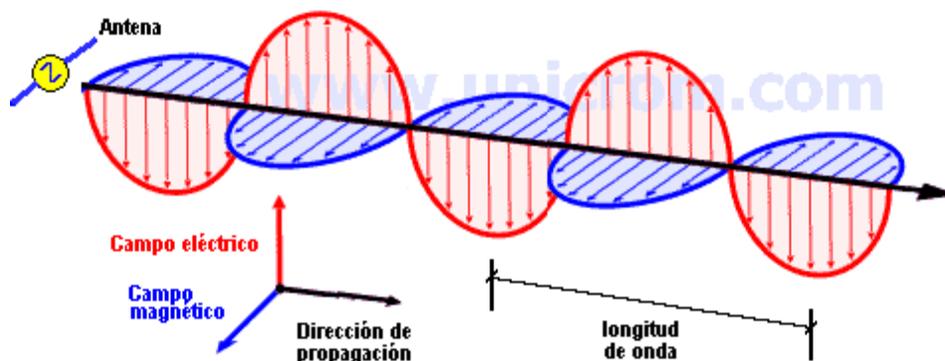


Figura 17. Propagación de ondas electromagnéticas

Fuente: (Vila Burguete, 2005)

a. Atenuación

La atenuación es toda reducción de fuerza de una señal, la atenuación a veces se la llama como perdida, es un fenómeno natural que se produce en la trasmisión de señales a grandes distancias. La atenuación incrementa con la frecuencia, con la temperatura y con el tiempo. (Molina C, 2019)

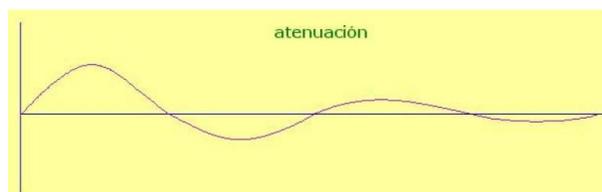


Figura 18. Ejemplo de atenuación

Fuente: (Molina C, 2019)

La atenuación, se mide en decibelios por la siguiente forma:

$$a = 10 \times \log \frac{P_1}{P_2}$$

a = Atenuación

P_1 = Potencia de Salida

P_2 = Potencia de Entrada

b. Absorción

Cuando las ondas electromagnéticas atraviesan algún material, generalmente se debilitan o atenúan. La cantidad de potencia perdida va a depender de su frecuencia y por supuesto, del material. La potencia decrece de manera exponencial y la energía absorbida generalmente se transforma en calor (Molina C, 2019).

Material	Ejemplo	Interferencia
Madera	Tabiques	Baja
Vidrio	Ventanas	Baja
Amianto	Techos	Baja
Yeso	Paredes interiores	Baja
Ladrillo	Paredes interiores y exteriores	Media
Hojas	Arboles y plantas	Media
Agua	Lluvia / Nebla	Alta
Cerámica	Tejas	Alta
Papel	Rollos de papel	Alta
Vidrio con alto contenido en plomo	Ventanas	Alta
Metal	Vigas, armarios	Muy Alta

Figura 19. Absorción de Materiales

Fuente: (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

c. Reflexión

La reflexión de las ondas electromagnéticas ocurre cuando una onda incidente choca con una barrera existente (un objeto) y parte de la potencia incidente no penetra el mismo. Las ondas que no penetran el objeto se reflejan. Debido a que todas las ondas reflejadas permanecen en el mismo medio que las ondas incidentes, sus velocidades son iguales y por lo tanto el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia. (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

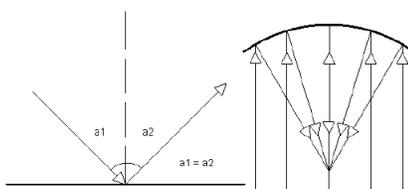


Figura 20. Reflexión de ondas de radio

Fuente: (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

d. Difracción

La difracción ocurre cuando la trayectoria de radio entre el transmisor y el receptor está obstruida por una superficie que tiene irregularidades agudas (bordes). Las ondas secundarias resultantes desde la superficie obstructora están presentes a través del espacio e incluso detrás del obstáculo, dando lugar a una flexión de ondas alrededor del obstáculo, al igual que cuando no existe una trayectoria de línea de visión entre el transmisor y el receptor (Molina C, 2019).

El Principio de Huygens provee un modelo para comprender este comportamiento, donde cada punto de un obstáculo genera un nuevo frente de ondas, y este nuevo frente puede hasta rodear un obstáculo. El fenómeno de la difracción si bien se da en todas las frecuencias, cuando más bajas es la frecuencia las ondas electromagnéticas se difractan más, dando la impresión de doblar la esquina. En contraposición cuanto más alta la frecuencia de la transmisión más alta será la pérdida. (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

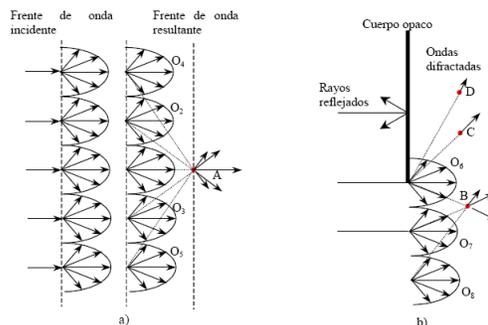


Figura 21. Principio de Huygens

Fuente: (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

En algunas aplicaciones muy específicas, se puede aprovechar el efecto de difracción para rodear obstáculos.



Figura 22. Uso de la difracción

Fuente: (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

Un frente de onda difractado se forma cuando la señal transmitida incidente es obstruida por ángulos cortantes en la trayectoria.

e. Dispersión

La dispersión es un proceso de interacción general entre las ondas electromagnéticas y varios objetos. La dispersión provoca que parte de la energía sea irradiada en numerosas direcciones diferentes. Si hay muchos objetos en la trayectoria de la señal, y los objetos son relativamente pequeños comparados con la longitud de onda de la señal, entonces el frente de onda propagado se

dividirá en muchas direcciones, añadiéndose a las interferencias constructivas y destructivas de la señal. (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

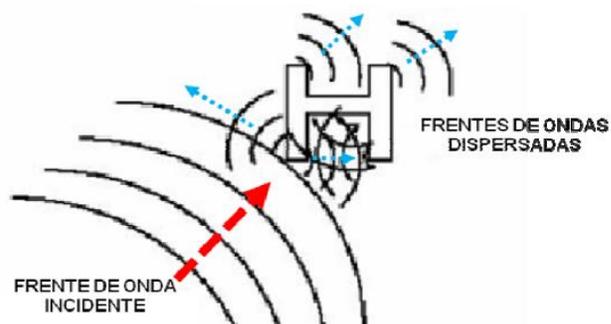


Figura 23. Dispersión de una señal transmitida

Fuente: (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

f. Refracción

La refracción es el cambio de dirección de una onda electromagnética conforme pasa oblicuamente de un medio a otro, con diferentes velocidades de propagación. Por lo tanto, la refracción ocurre siempre que una onda electromagnética pasa de un medio a otro de diferente densidad. El ángulo de incidencia es el formado entre la onda incidente y la normal, y el ángulo de refracción es el formado entre la onda refractada y la normal. En las redes Wi-Fi este fenómeno se da, pero no es muy significativo. Es más importante en WLAN de largo alcance. (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

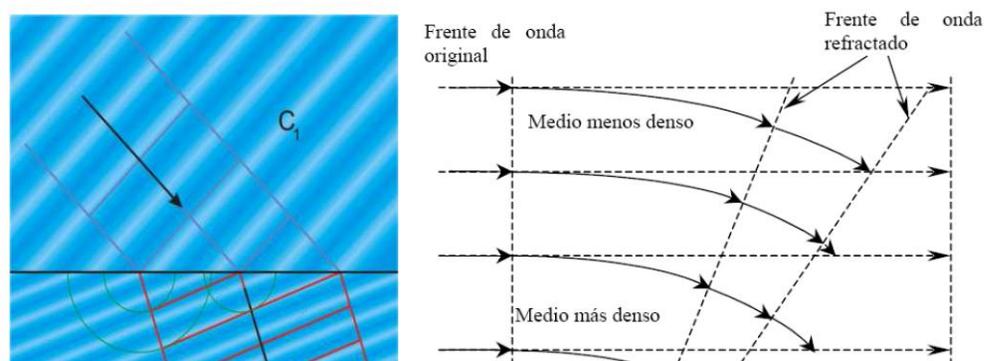


Figura 24. La refracción de ondas electromagnéticas

Fuente: (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

g. Multitrayectoria (multipath)

Las ondas electromagnéticas se comportan de forma diferente en el interior de una habitación u oficina a consecuencia de los objetos que se encuentran allí. Esto explica el efecto multitrayectoria (multipath), debido a este fenómeno las señales enviadas llegan al receptor en caminos diferentes y en diferentes tiempos, este fenómeno es muy importante en las redes inalámbricas debido a que esto provoca retardos e interferencias en las comunicaciones. (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

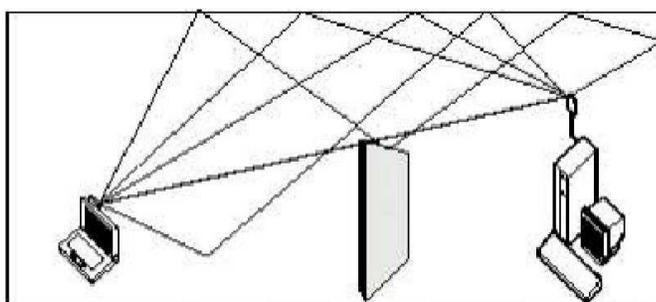


Figura 25. El fenómeno de la interferencia multitrayectoria

Fuente: (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

Algunas señales ayudarán a la trayectoria directa (interferencia constructiva), mientras que otras señales restarán del recorrido directo de la señal (interferencia destructiva).

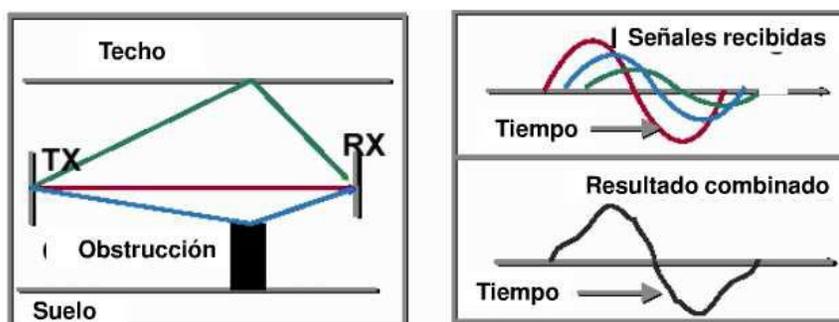


Figura 26. Interferencia por multitrayectoria

Fuente: (Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile, 2010)

h. Perturbaciones

Distorsión: Anomalías en la forma de la señal

Intermodulación: Señales de frecuencias que son combinación lineal de las frecuencias componentes.

Diafonía: Acoplamiento magnético entre canales.

Ruido: Señal procedente de fuentes extrañas o indeseadas.

Espectro Electromagnético: Conjunto diferenciado de las distintas radiaciones electromagnéticas, agrupadas según su frecuencia o según su longitud de onda. Este es regulado por la ITU-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector radiocomunicaciones) y la mayoría requiere de una licencia para emitir. Para la conexión WLAN se utiliza la banda ISM (Bandas de radio industriales, científicas y médicas) de 2,4GHz que no está regulada. (Francisco Molina, 2019)

i. Modulación

Para que una onda electromagnética se convierta en señal, es necesario modularla. Esto consiste en modificar la señal mensaje para ser transmitida por un canal. Proceso realizado en el dispositivo transmisor. Para recibir el mensaje y entenderlo, debe pasar por el proceso de demodulación el cual lo realiza el dispositivo receptor. (Francisco Molina, 2019).

Ventajas

- Evita interferencia entre canales.
- Los sistemas de transmisión son mucho más eficientes a altas frecuencias.
- Se aprovecha mejor el espectro electromagnético, ya que permite la multiplexación por frecuencias.
- Disminuye dimensiones de antenas. En caso de transmisión inalámbrica, las antenas tienen medidas más razonables.
- Protege a la información de las degradaciones por ruido.
- Define la calidad de la información transmitida. (EcuRed, 2019)

2.2.4 Tipos de enlaces inalámbricos

a. Enlaces punto a punto

Las redes punto a punto se aplican para un tipo de arquitectura de red específica, en la que cada canal de datos se usa para comunicar únicamente dos nodos (MTM-TELECOM, 2010).

Este tipo de enlace se puede clasificar según el sentido de las comunicaciones que trasportan:

- **Simplex:** El envío de datos solo se efectúa en un solo sentido
- **Half-dúplex:** El envío de datos se realiza en ambos sentidos, pero de forma alternativa, es decir que solo uno puede transmitir en un tiempo determinado y no pueden transmitir al mismo tiempo.
- **Full-Duplex:** El envío de datos se puede realizar en ambos sentidos al mismo tiempo.



Figura 27. Enlace Punto a Punto inalámbrico

Fuente: (MTM-TELECOM, 2010)

b. Enlaces punto a multipunto

En un enlace punto a multipunto, existe un punto central que se comunica con varios otros puntos remotos. Generalmente esto implica que la comunicación es solamente entre el punto central y los remotos, y de éstos hacia el central; no existe comunicación entre los remotos (Cika Internacional, 2015).



Figura 28. Enlace Punto a Multipunto

Fuente: (MTM-TELECOM, 2010)

Malla

Esta topología de infraestructura permite unir a la red a dispositivos los cuales están fuera del rango de cobertura de las tarjetas de red más lejanas las cuales indirectamente las conectan a través de los dispositivos que la conforman (Cika Internacional, 2015).

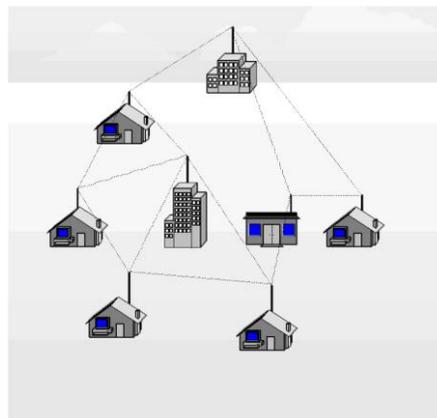


Figura 29. Red inalámbrica en maya

Fuente: (MTM-TELECOM, 2010)

2.2.5 Estándares WLAN

Actualmente existen cuatro organizaciones que regulan los estándares que utilizan las WLAN. Las cuales son:

- ITU-R: normalización a nivel mundial de las radiocomunicaciones que utilizan la energía radiada, en concreto la asignación de las frecuencias.
- IEEE: normalización de las WLAN (802.11).
- Alianza Wi-Fi: consorcio industrial que impulsa la interoperabilidad de los productos que implementan estándares WLAN a través de su programa certificado Wi-Fi.
- FCC: agencia del gobierno de USA que regula el uso de distintas frecuencias de comunicaciones.

De las organizaciones mencionadas anteriormente, el IEEE desarrolla los estándares específicos para los distintos tipos de WLAN que se utilizan actualmente. Estos estándares deben tener en cuenta las elecciones de frecuencia efectuadas por las diferentes agencias regulatorias mundiales, como la FCC en USA y la ITU-R. (Luaces Novoa, 2013)

a. Estándar 802.11

El estándar IEEE 802.11 fue creado por el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) en el año de 1997 como nuevo estándar para las redes de área local inalámbrica. En sus inicios proporcionaba velocidades de transferencias de que llegaban hasta los 2Mbps, pero con los avances tecnológicos se ha ido aumentando hasta proporcionar velocidades de 300Mbps.

El objetivo del desarrollo del estándar 802.11 fue sustituir a las capas físicas y de enlace del modelo OSI para las redes cableadas (IEEE 802.3) especificando su funcionamiento en redes WLAN, logrando que ambas redes sean iguales excepto en la forma que los terminales acceden a la red. Esto logro que ambas redes sean compatibles (Universidad de Sevilla, 2019).

La capa física PHY (Physical Layer) de la especificación IEEE 802.11 se ocupa de definir los métodos por los que se difunde la señal. Ofrece 4 tipos de técnicas de transmisión:

- Infrarrojos: usa transmisión difusa con una velocidad de 1Mbps o 2Mbps
- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum): espectro disperso por salto de frecuencia. Se transmiten los datos saltando de canal a canal, de acuerdo a una secuencia de salto pseudo aleatoria particular que distribuye uniformemente la señal a través de la banda de frecuencia operativa. Opera en la banda de los 2,4GHz.

- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum): espectro disperso de secuencia directa. Utiliza un rango de frecuencia amplio de 22 MHz todo el tiempo. La señal se expande a través de diferentes frecuencias. Cada bit de datos se convierte en una secuencia de chipping que se transmiten en paralelo a través del rango de frecuencia. Se consiguen velocidades de transmisión de 1Mbps a 2Mbps en la versión normal, y hasta 11 Mbps en la versión HR/DSSS. Opera en la banda de los 2,4GHz.
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing): multiplexación por división de frecuencia ortogonal. Divide una portadora de datos de alta velocidad en varias subportadoras de más baja velocidad, que luego se transmiten en paralelo. OFDM utiliza el espectro de manera mucho más eficiente, espaciando los canales a una distancia mucho menor. Se consiguen velocidades de transmisión de hasta 54Mbps. Opera en la banda de los 5GHz (Universidad de Sevilla, 2019).

La capa de enlace de la especificación 802.11 está compuesta por dos subcapas:

- LLC (Logical Link Control). Capa que se ocupa del control del enlace lógico. Define cómo pueden acceder múltiples usuarios a la capa MAC.
- MAC (Medium Acces Control). Conjunto de protocolos que controlan cómo los distintos dispositivos comparten el uso del espectro radioeléctrico.

b. Estándar 802.11a

El estándar 802.11 (llamado WiFi 5) admite un ancho de banda superior (el rendimiento total máximo es de 54 Mbps aunque en la práctica es de 30 Mbps). El estándar 802.11a provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz (Ramos García, 2016).

c. Estándar 802.11b

El estándar 802.11 es el más utilizado actualmente. Ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica) y tiene un alcance de hasta 300 metros en un espacio abierto. Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 GHz con tres canales de radio disponibles (Ramos García, 2016).

d. Estandar 802.11g

El estándar 802.11g ofrece un ancho de banda elevado (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. El estándar 802.11g es compatible con el estándar anterior, el 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b (Ramos García, 2016).

e. Estandar 802.11n

El WiFi 802.11n fue diseñado para reemplazar por completo la actual tecnología alámbrica (Ethernet) y convertirse en la tecnología dominante en redes de área local. (Ramos García, 2016)

Tabla 3

Comparación de Sub-Estándares

ESTÁNDARES	Velocidad Transmisión Máxima (Mbps)	Throughput Máximo Típico (Mbps)	Banda de Frecuencia	Radio de Cobertura Típico (Interior)	Radio de Cobertura Típico (Exterior)
802.11 a	54 Mbps	30Mbps	5 GHz	85 m	185 m
802.11b	11	6Mbps	2.4 GHz	50 m	140 m
802.11g	54	22 Mbps	2.4 GHz	65 m	150 m
802.11n (40MHz)	>300 Mbps	>100 Mbps	5 GHz	120 m	300 m
802.11n (20Mz)	144 Mbps	74 Mbps	2.4 GHz y 5GHz	120 m	300 m

Fuente: (Sanaguano Moreno & Zabala Haro , 2011)

2.2.6 Antenas

La antena es un dispositivo realizado para transmitir (radiar) y recibir ondas de radio (electromagnéticas). La antena se usa como interface entre un transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor. (WNI MÉXICO S.A., 2019)

El principio fundamental de las antenas es la reciprocidad, la cual denota que toda antena es un dispositivo recíproco por que las características y el desempeño de transmisión y de recepción son idénticas, como la ganancia, directividad, frecuencia de operación, ancho de banda, resistencia de radiación, eficiencia, entre otras. (Sanaguano Moreno & Zabala Haro , 2011)

a. Diagrama de radiación

Es la representación gráfica de las características de radiación de una antena, en función de la dirección y el Angulo. Es decir, se representa en un modelo de dos dimensiones, una función tanto de la dirección y elevación y azimut. El lóbulo principal de la antena es donde la ganancia máxima se produce. (García, Morell, & Martín , 2019)

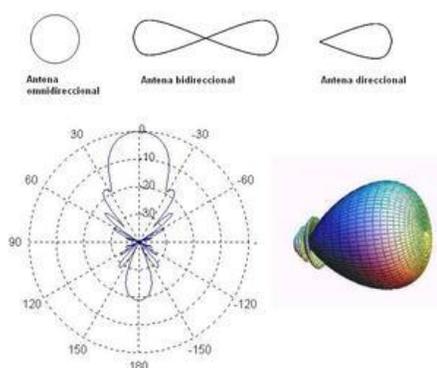


Figura 30. Diagrama de radiación

Fuente: (García, Morell, & Martín , 2019)

Los parámetros más importantes del diagrama de radiación son:

- Dirección de apuntamiento: Es la de máxima radiación. Directividad y ganancia.
- Lóbulo principal: Es el margen angular en torno a la dirección de máxima radiación.
- Lóbulos secundarios: Son el resto de máximos relativos, de valor inferior al principal.
- Ancho del haz: Es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz toma un valor de 3dB por debajo del máximo. Es decir, la dirección en la que la potencia radiada se reduce a la mitad.

b. Directividad

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. Una antena que irradie igual por todas direcciones tiene directividad 0 (WNI MÉXICO S.A., 2019) .

c. 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's, 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. (WNI MÉXICO S.A., 2019)

d. Ancho de banda

Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características. Se puede definir un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia o de otros parámetros.

El ancho de banda de la antena se define como el rango de frecuencias sobre las cuales la operación de la antena es "satisfactoria". (García, Morell, & Martín , 2019)

e. Polarización

La polarización de una antena es la polarización de la onda radiada por dicha antena en una dirección dada. La polarización de una onda es la figura geométrica determinada por el extremo del vector que representa al campo eléctrico en función del tiempo, en una posición dada (García, Morell, & Martín , 2019).

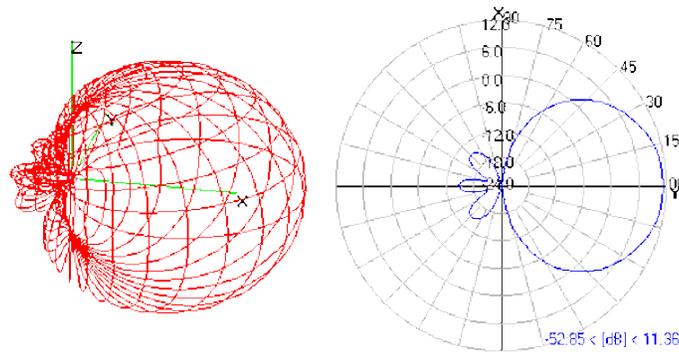


Figura 31. Polarización de las ondas electromagnéticas

Fuente: (García, Morell, & Martín , 2019)

f. Tipos de antenas

- **Antenas isotrópicas:** Consiste en antenas cuya radiación de potencia se transmite uniformemente en todas las direcciones. En este caso el diagrama de radiación se ve como una esfera perfecta. Es importante tener en cuenta que no es posible obtener este tipo de antena en la práctica. (Curotto, Espinosa, & Vergara, 2012)

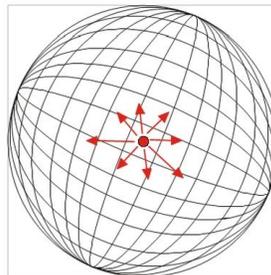


Figura 32. Radicación de una antena isotrópica

Fuente: (Curotto, Espinosa, & Vergara, 2012)

- **Antena Omnidireccionales:** Su objetivo es irradiar o recibir radiación en la mayor cantidad de direcciones posibles. En general se considera una antena omnidireccional si es capaz de irradiar en todas las direcciones de un plano con una distribución relativamente uniforme (Curotto, Espinosa, & Vergara, 2012)

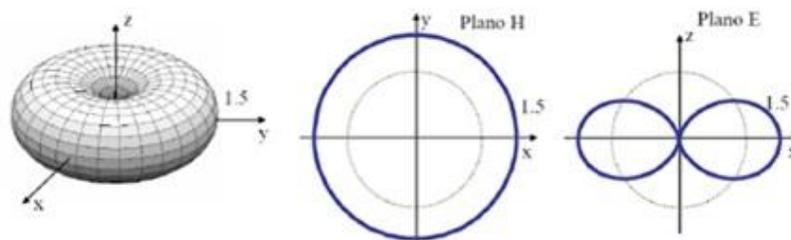


Figura 33. Radiación de la antena omnidireccional

Fuente: (Curotto, Espinosa, & Vergara, 2012)

- **Antena direccional:** La función de este tipo de antena es irradiar o recibir radiación en una dirección específica, inhibiendo la cantidad de radiación en las otras direcciones lo mayor posible (Curotto, Espinosa, & Vergara, 2012).

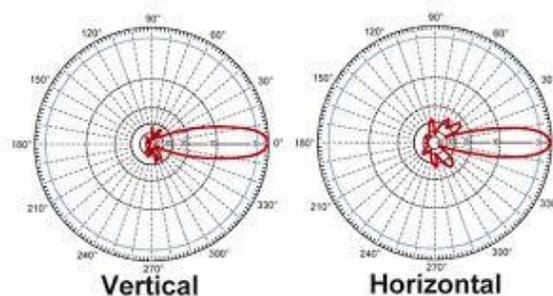


Figura 34. Radiación de antenas direccionales

Fuente: (Curotto, Espinosa, & Vergara, 2012)

2.2.7 Radioenlaces

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas.

Se puede definir al radio enlace 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. (Ruesca, 2019)

Los radios enlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencia asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía. (Ruesca, 2019)

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año, tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región. Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno, así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto. (Ruesca, 2019)

a. Conceptos de diseño

Los radios enlaces de microondas se realizan sólo si existe una vista del receptor (LOS, Line Of Sight), proveen conectividad de una manera sencilla y práctica entre dos o más sitios. La línea de visión (LOS) implica que la antena en un extremo del radio enlace debe poder “ver” la antena del otro extremo. (Ruesca, 2019)

El diseño de un radio enlace de microondas LOS involucra cuatro pasos básicos:

- Elección del sitio de instalación
- Relevamiento del perfil del terreno y cálculo de la altura del mástil para la antena
- Cálculo completo del radio enlace, estudio de la trayectoria del mismo y los efectos a los que se encuentra expuesto.
- Prueba posterior a la instalación del radio enlace, y su posterior puesta en servicio con tráfico real.

b. Estructura de un radio enlace

Un radio enlace está constituido por estaciones terminales y repetidoras intermedias, con equipos transeptores, antenas y elementos de supervisión y reserva.

Además de las estaciones repetidoras, existen las estaciones nodales donde se demodula la señal y de la baja a banda base y en ocasiones se extraen o se insertan canales. Al tramo terminal estación nodal se lo denomina sección de conmutación y es una entidad de control, protección y supervisión. (Ruesca, 2019)

En cuanto a los repetidores se los puede clasificar en activos o pasivos.

- **Activos:** En ellos se recibe la señal en la frecuencia de portadora y se la baja a una frecuencia intermedia (FI) para amplificarla y retransmitirla en la frecuencia de salida. No hay demodulación y son transeptores.
- **Pasivos:** Se comportan como espejos que reflejan la señal y se los puede dividir en pasivos convencionales, que son una pantalla reflectora y los pasivos back-back, que están constituidos por dos antenas espalda a espalda. Se los utiliza en ciertos casos para salvar obstáculos aislados y de corta distancia (Ruesca, 2019).

2.3 PRESUPUESTO DE ENLACES INALÁMBRICOS

Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado. (TRICALCAR, 2007)

Los elementos pueden ser divididos en 3 partes principales:

- El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.
- Pérdidas en la propagación.
- El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva (*effective receiving sensibility*).

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibeles) en el camino de las tres partes principales.

Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm].

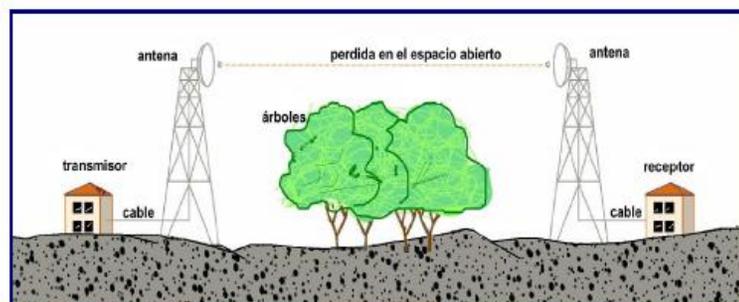


Figura 35. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor

Fuente: (TRICALCAR, 2007)

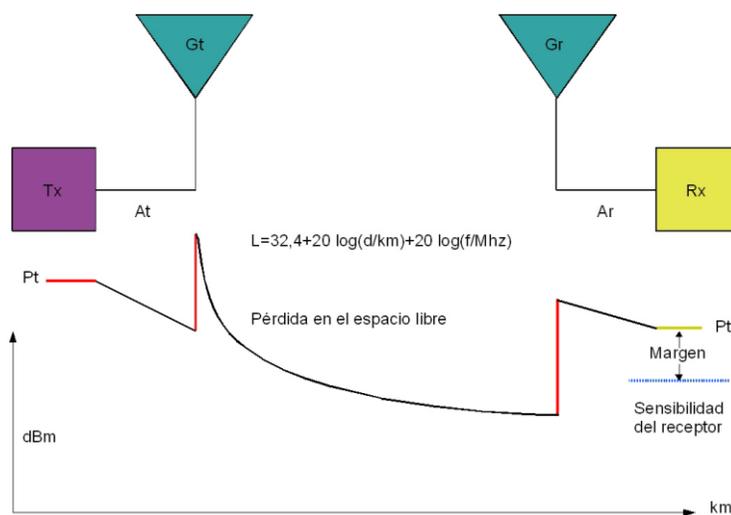


Figura 36. Potencia en dBm en función de la distancia para un radioenlace

Fuente: (TRICALCAR, 2007)

2.3.1 El lado de la transmisión

a. Potencia de Transmisión (Tx)

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos.

La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 – 26 dBm (30 – 400 mW) (TRICALCAR, 2007)

b. Pérdida en el cable

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m o dB/pies.

Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, recuerde que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará.

Las pérdidas en los cables dependen mucho de la frecuencia. Por eso al calcular la pérdida en el cable, asegúrese de usar los valores correctos para el rango de frecuencia usada. Controle la hoja de datos del distribuidor y si fuera posible, verifique las pérdidas tomando sus propias mediciones. Como regla general, puede tener el doble de pérdida en el cable [dB] para 5,4 GHz comparado con 2,4 GHz (TRICALCAR, 2007).

c. Pérdida en los conectores

Estime por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados DIY (Do It Yourself) pueden implicar pérdidas mayores.

Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de “Pérdidas en los cables”. Pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general.

Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio debe ser presupuestado hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo. (TRICALCAR, 2007)

d. Amplificadores

Opcionalmente, se pueden usar amplificadores para compensar la pérdida en los cables o cuando no haya otra manera de cumplir con el presupuesto de potencia. En general, el uso de amplificadores debe ser la última opción. Una escogencia inteligente de las antenas y una alta sensibilidad del receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación.

Los amplificadores de alta calidad son costosos y uno económico empeora el espectro de frecuencia (ensanchamiento), lo que puede afectar los canales adyacentes. Todos los amplificadores añaden ruido extra a la señal, y los niveles de potencia resultantes pueden contravenir las normas legales de la región.

Técnicamente hablando, prácticamente no hay límites en la cantidad de potencia que puede agregar a través de un amplificador, pero nuevamente, tenga en cuenta que los amplificadores siempre elevan el ruido también. (TRICALCAR, 2007)

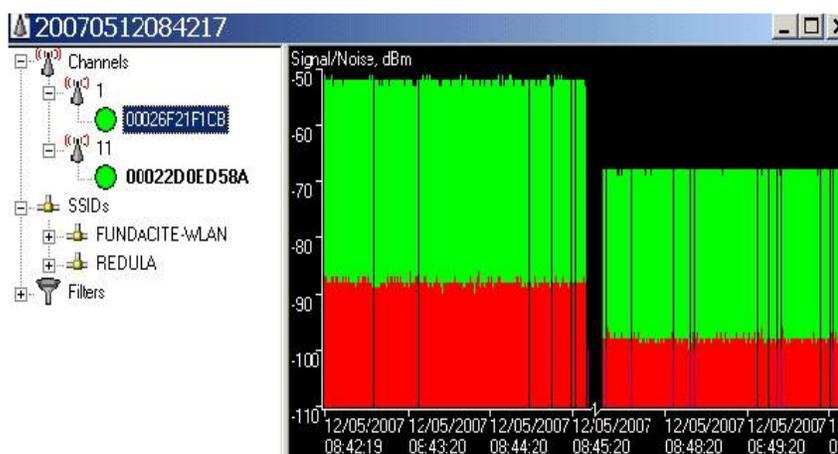


Figura 37. Señal y Ruido con y sin amplificar

Fuente: (TRICALCAR, 2007)

e. Ganancia de la antena

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica). Tenga en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena.

Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima. (TRICALCAR, 2007)

2.3.2 Pérdidas de propagación

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

a. Pérdida en el espacio libre

Cuando una onda se propaga en el espacio, se esparce sobre una superficie cada vez mayor a medida que se aleja del transmisor. La potencia que se puede capturar de la onda en el receptor, disminuye con el cuadrado de la distancia al transmisor, esto es por un efecto puramente geométrico. A esto se le denomina Pérdida en el Espacio Libre, FSL en inglés y su cálculo está dado por la expresión:

$$\text{FSL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 32,40$$

d = distancia en Km

f= frecuencia en MHz.

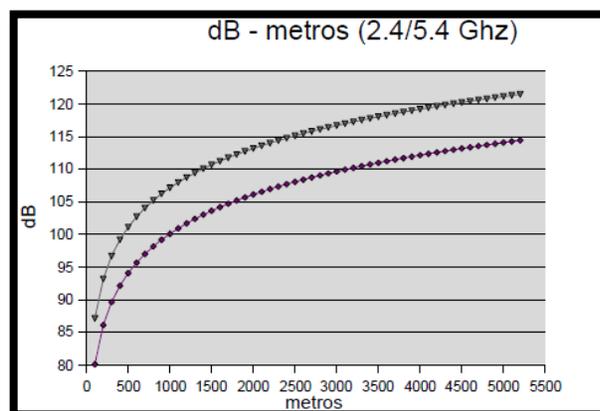


Figura 38. Pérdida en dB en función de la distancia en metros

Fuente: (TRICALCAR, 2007)

La figura 38 muestra la pérdida en dB para 2.4 GHz y 5.4 GHz, se puede ver que después de 1,5km. Como regla general en una red inalámbrica a 2.4 GHz, 100 dB se pierden en el 1er kilómetro y la señales reducida a 6 dB cada vez que la distancia se duplica. Esto implica que un enlace de 2 km tiene una pérdida de 106 dB y a 4km tiene una pérdida de 112 dB, etc.

Tabla 4

Perdidas en espacio libre

Distancia [km]	915 MHz	2.4 GHz	5.8GHz
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

Fuente: (TRICALCAR, 2007)

Estos valores son teóricos y pueden muy bien diferir de las mediciones tomadas, El término “espacio libre” no es siempre tan “libre”, y las pérdidas pueden ser muchas veces más grandes debido a las influencias del terreno y las condiciones climáticas. En particular, las reflexiones en cuerpos de agua o en objetos conductores pueden introducir pérdidas significativas. (TRICALCAR, 2007)

b. Zona de Fresnel

Teniendo como punto de partida el principio de Huygens, podemos calcular la primera zona de Fresnel, el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor.

Basados en esto, podemos investigar cuál debería ser la máxima penetración de un obstáculo (por ej., un edificio, una colina o la propia curvatura de la tierra) en esta zona para contener las pérdidas (TRICALCAR, 2007).

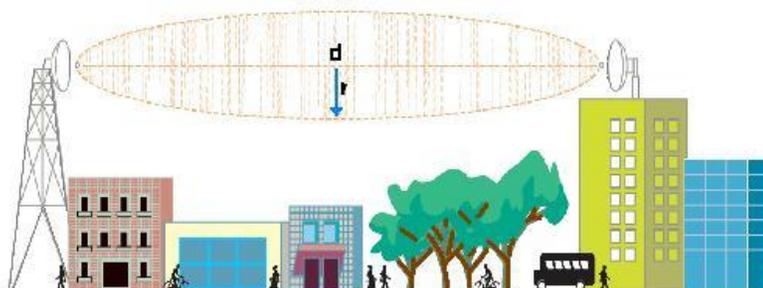


Figura 39. Zona de Fresnel

Fuente: (TRICALCAR, 2007)

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo también para condiciones anómalas de propagación, en la cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas. (TRICALCAR, 2007)

La siguiente fórmula calcula la primera zona de Fresnel

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{d * f}}$$

d1 = distancia al obstáculo desde el transmisor [km]

d2 = distancia al obstáculo desde el receptor [km]

d = distancia entre transmisor y receptor [km]

f = frecuencia [GHz]

r = radio [m]

Si el obstáculo está situado en el medio ($d_1 = d_2$), la fórmula se simplifica:

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

Tabla 5

Radio [m] para la primera zona de Fresnel

Distancia [km]	915 MHz	2.4 GHz	5.8GHz	Curvatura terrestre
1	9	6	4	0
10	29	18	11	4,2
100	90	56	36	200

Fuente: (TRICALCAR, 2007)

La “Altura de la curvatura terrestre” describe la elevación que la curvatura de la tierra crea entre 2 puntos.

2.3.3 Lado receptor

Los cálculos son iguales que el lado del transmisor.

a. Ganancia de la antena desde el receptor

Mismo procedimiento visto desde el transmisor.

b. Amplificadores desde el receptor

Los cálculos y los principios son los mismos que el transmisor. Nuevamente, la amplificación no es un método recomendable a menos que otras opciones hayan sido consideradas y aun así sea necesario, por ej., para compensar pérdidas en el cable. (TRICALCAR, 2007)

c. Sensibilidad del receptor

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits.

Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps.

Una diferencia de 10dB aquí (que se puede encontrar fácilmente entre diferentes tarjetas) es tan importante como 10 dB de ganancia que pueden ser obtenidos con el uso de amplificadores o antenas más grandes. La sensibilidad depende de la tasa de transmisión. (TRICALCAR, 2007)

d. Margen y Relación S/N

No es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado.

La relación entre el ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N). Un requerimiento típico de la SNR es 16 dB para una conexión de 11 Mbps y 4 dB para la velocidad más baja de 1 Mbps.

En situaciones donde hay muy poco ruido el enlace está limitado primeramente por la sensibilidad del receptor. En áreas urbanas donde hay muchos radioenlaces operando, es común encontrar altos niveles de ruido (tan altos como -92 dBm). En esos escenarios, se requiere un margen mayor:

$$\text{Relación } S/N \text{ [dB]} = 10 \log_{10} \frac{(\text{Potencia de la señal [W]})}{\text{Potencia del ruido [W]}}$$

En condiciones normales sin ninguna otra fuente en la banda de 2.4 GHz y sin ruido de industrias, el nivel de ruido es alrededor de los -100 dBm. (TRICALCAR, 2007)

2.3.4 HOTSPOT

Un hotspot es un lugar físico que se proporciona para dar a los usuarios la posibilidad de utilizar sus dispositivos fuera de casa. Estos puntos de acceso se hicieron populares hace más de una década en los establecimientos de comidas tales como cafeterías y ahora se encuentran dondequiera que se reúnan las personas (centros comerciales, aeropuertos, hoteles, etc.). En algunas ciudades, hotspots están disponibles incluso en edificios públicos o parques públicos. Esto resulta muy práctico, si encuentra un punto de acceso seguro que le da una conexión lo suficientemente fuerte (NetSpot©, 2018).



Figura 40. Red Hostpot

Fuente: (NetSpot©, 2018)

2.3.5 Portal Cautivo

Es una página de inicio de sesión personalizado en redes empresariales que los usuarios invitados deben pasar antes de poder conectarse a la red Wi-Fi. Aeropuertos, bares y hoteles son los lugares más comunes donde se utiliza esta función, pero realmente cualquier negocio puede beneficiarse de las ventajas que un portal cautivo proporciona. Es una solución elegante dual para una seguridad y marketing avanzados. (Belkin International, 2018)



Figura 41. Ejemplo de portal cautivo

Fuente: (Belkin International, 2018)

2.3.6 Software Especializado

a. Winbox

Winbox es una pequeña aplicación que nos permite la administración de Mikrotik RouterOS usando una interfaz gráfica.

Este software permite a sus usuarios realizar conexiones vía FTP, telnet y SSH. Incluye también una API que permite crear aplicaciones personalizadas para monitorizar y administrar. (Anrrango, 2019)



Figura 42. Winbox

Fuente: (Anrrango, 2019)

b. Radio Mobile

Radio Mobile es un programa de simulación de radio enlaces gratuito que nos sirve para operar dentro del rango de 20 MHz a 20 GHz, basado en el modelo de propagación ITS (Irregular Terrain Model) además de ser una herramienta de predicción de la propagación de ondas de radio centrada en los radioaficionados.

Utiliza la información digital del terreno y un modelo matemático para simular las transmisiones de radio entre dos sitios fijados (radioenlace) o entre un sitio fijo y uno móvil (cobertura de radio).

La información digital del terreno abarca tres bases de datos: elevación, características del terreno, y densidad de población. (Fernández Gacría, 2019)

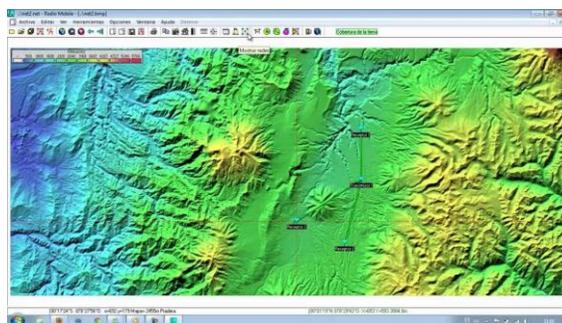


Figura 43. Software Radio Mobile

Fuente: (Fernández Gacría, 2019)

En conclusión, Radio Mobile es un excelente programa de simulación de radio enlaces el cual debe ser utilizado por todas las personas que deseen realizar una red inalámbrica exitosa, además de poder comprobar las mediciones realizadas en papel.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hablará sobre la realización de la estructura de la red. Primeramente, se describirá la geografía de la ubicación de las antenas y la cantidad de personas que habitan en el sector, también se analizará la tecnología que se usará en el diseño de la red en general.

3.2 Zona geográfica

El cantón Píllaro pertenece a la Provincia de Tungurahua, se localiza al norte de la provincia de Tungurahua, a 14 kilómetros de Ambato. La cabecera cantonal se asienta en los 2.800 msnm. Posee una superficie territorial de 442,8 Km² que corresponde al 13,14 % del área provincial de Tungurahua, su cabecera cantonal tiene una extensión de 51,6 Km² que corresponde al 11,65 % del área cantonal. (GoRaymi, 2019)

Su clima es variado desde el subtropical hasta el frío helado, con temperaturas que oscilan entre los 0° y 20° C. (GoRaymi, 2019)

3.3 Conceptos de diseño

3.3.1 Objetivo Técnico

El objetivo técnico se enfoca en una red informática estable, confiable y segura para la transmisión y recepción de datos, en base a los estándares y normas vigentes con la finalidad de brindar un excelente servicio a todos los usuarios que usen este servicio.

3.3.2 Escalabilidad

- Realización del análisis del entorno en donde se implementa la red para determinar los puntos estratégicos para la colocación de los equipos.
- Diseño de la red en base a la investigación de campo.

- La topología árbol es usada para el diseño de la red, brinda una gran optimización en el rendimiento de los equipos en comparación de otras topologías, además de facilitar mucho la resolución de problemas.
- Implementación de la red para poder brindar el servicio de internet aplicando el portal cautivo (hotspot) en el parque central del cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua.

3.3.3 Estudio técnico para la selección de equipos

En base al lugar en donde se va a implementar el proyecto se selecciona los siguientes equipos:

Comparación de los equipos para el Radioenlace PtP

Para la comparación, se selecciona los dispositivos acordes a los objetivos que se quieren cumplir en el proyecto, para ello se toma en cuenta los factores más importantes como son la frecuencia, rendimiento, etc. Según los puntos mencionados se procedió a seleccionar los siguientes equipos:

Tabla 6

Comparación de equipos de radio enlace PtP

Especificaciones	NanoStation M5	LiteBeam 5AC	NanoBeam-5AC
Frecuencia	5 GHz	5 GHz	5 GHz
Rendimiento	150+ Mbps	450+ Mbps	450+ Mbps
Distancia	15+ km	15+ km	15+km
Ganancia	16 dBi	23 dBi	19 dBi
Precio	\$ 130	\$ 88	\$ 160

Fuente: (Ubiquiti Networks, Inc, 2019)

Según la comparación de las antenas antes mencionadas se ha seleccionado la antena LiteBeam 5AC por las siguientes razones:

- Trabaja a 5 Ghz, debido a esto posee menor zona Fresnel, además de tener menos interferencias provenientes de otras fuentes.
- Posee un rendimiento mucho más amplio a la antena NanoStation M5.

- La distancia según el fabricante es de 15km debido a ello nos podrá servir mucho para más adelante reusarla en futuros proyectos.
- La ganancia de la antena es mucho mayor en comparación con las antenas NanoStation M5 y NanoBeam-5AC.
- El precio es muy bajo en comparación con la NanoStation M5 y NanoBeam-5AC a pesar de ser una antena que ofrece mucho.

Comparación de los equipos para la administración de la red.

Para la comparación, se selecciona los dispositivos acordes a los objetivos que se quieren cumplir en el proyecto, para ello se toma en cuenta los factores más importantes como son el CPU, RAM, Puertos, etc. Según los puntos mencionados se procedió a seleccionar los siguientes equipos:

Tabla 7

Dispositivos de administración

Especificaciones	RB750	RB951Ui-2HND	RB2011UiAS-2HnD-IN
CPU	400MHz	600 MHz	600 MHz.
RAM	32 MB	128 MB	128 MB
Puertos	5 Ethernet	5 Ethernet	5 Ethernet 5 Gigabits
Licencia	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 5
Ganancia de Antena	No tiene	2.5 dBi	4 dBi
USB	No tiene	2.0	2.0
Precio	\$ 82.84	\$ 84.82	\$ 221.76

Fuente: (SIA Mikrotikls, 2019)

Según la comparación de los RouterBoards antes mencionados se ha seleccionado el 951Ui-2HND por las siguientes razones:

- Posee un procesamiento muy amplio en comparación con el RB750.
- La memoria Ram que indica la cantidad de procesos que se pueden ejecutar al mismo tiempo, en este dispositivo tiene una capacidad considerable.

- Tiene 5 puertos ethernet suficientes para poder realizar el proyecto con normalidad.
- El nivel de licencia indica la capacidad del dispositivo al realizar ciertas tareas, la que interesa es la cantidad de usuarios activos que soporta al mismo tiempo pues en este nivel soporta 200 usuarios en comparación al modelo RB2011UiAS-2HnD-IN que soporta 500 usuarios, que es una cantidad exagerada para la utilización de nuestro proyecto (WNI MÉXICO S.A, 2019).
- Posee una antena integrada lo cual facilita mucho la administración.
- El precio es muy accesible a pesar de tener grandes beneficios por su tecnología.

Comparación para la antena de punto de acceso

Para la comparación, se selecciona los dispositivos acordes a los objetivos que se quieren cumplir en el proyecto, para ello se toma en cuenta los factores más importantes como son la frecuencia, rendimiento, etc. Según los puntos mencionados se procedió a seleccionar los siguientes equipos:

Tabla 8

Antenas para el punto de acceso

Especificaciones	SXTG-2HnD	LocoM2 NanoStation	LocoM5 NanoStation
Frecuencia	2.4GHz	2.4GHz	5 GHz
Rendimiento	1024+ Mbps	150+ Mbps	150+ Mbps
Ganancia	10dBi	8.5 dBi	13dBi
Grados de cobertura	60°	60°	60°
Precio	\$ 140	\$ 60.71	\$ 100

Fuente: (Ubiquiti Networks, Inc, 2019)

Según la comparación de las Antenas antes mencionadas se ha seleccionado la antena Nanostation Loco M2 por las siguientes razones:

- Trabaja en una frecuencia que es compatible con los dispositivos (celulares) más antiguos, hasta los más modernos.

- El rendimiento es similar a la antena LocoM5 NanoStation y SXTG-2HnD .
- La cobertura es lo suficientemente amplia como para poder cubrir todo el parque.
- Tiene un precio reducido en comparación con la antena LocoM5 NanoStation y SXTG-2HnD.

Comparación para el cable UTP

Para la comparación, se selecciona el cable UTP acorde a los objetivos que se quieren cumplir en el proyecto, para ello se toma en cuenta los factores más importantes como son la velocidad, frecuencia, atenuación, etc. Según los puntos mencionados se procedió a seleccionar los siguientes cables UTP:

Tabla 9

Comparación cable UTP

Especificaciones	Cat 5	Cat 5e	Cat 6
Velocidad	100 MHz	Hasta 1000 Mbps “gigabit”	10 Gbps
Frecuencia	Hasta 100 MHz	Más de 100 MHz	Hasta 250 MHz
Atenuación (100m)	4.00 dB	4.00 dB	4.00 dB
Precio (Rollo)	\$ 38	\$ 44.50	\$ 65

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Según la comparación de las categorías de cables UTP antes mencionados se ha seleccionado la CAT 5e por las siguientes razones:

- El material de que posee es de mejor calidad, reduciendo la interferencia y garantizando la máxima eficiencia y rendimiento a través de la red.
- La durabilidad del cable es muy buena en comparación con las otras
- Posee una velocidad de transmisión muy buena para la realización del proyecto
- El precio es intermediario entre las demás categorías.
- Cabe destacar que la Cat 5 casi ha quedado remplazada por la siguiente Categoría 5e.

Especificaciones técnicas de los equipos seleccionados

Analizando todos los factores importantes de cada dispositivo seleccionado para su comparación, se procedió a escoger los equipos cuyas características presentan una ventaja para la realización de la red. En el siguiente cuadro se muestra en resumen todos los dispositivos con sus respectivas especificaciones técnicas:

Tabla 10

Equipos seleccionados

Equipos	Características
LiteBeam 5AC	Ganancia de 23dBi, Potencia máxima 25dBm, Consumo de energía de 4W, Posee un procesador Atheros MIPS 74Kc- 533 MHz, Reflector tipo Grilla, Puerto Ethernet 10/100, Frecuencias 5150 - 5875 MHz
Nano Loco M2	Ganancia de 8dBi, Potencia máxima 23dBm, Consumo de energía de 5.5 W, Posee un procesador Atheros MIPS 24Kc, 400 MHz, Puerto Ethernet 10/100, Frecuencia 2.4 Ghz
RouterBoard 951Ui-2HND	CPU de 600MHz, 128MB de RAM y tiene un puerto de salida PoE el puerto #5 , RouterBoard serie 900, 5 puertos Ethernet, Antena de 2.5dBi, Puerto Usb 2.0 , AP inalámbrico de alta potencia 2.4GHz 1000mW 802.11b/g/n,
Cable UTP	100 BASE-T cat. 5e
Conectores	RJ – 45

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

3.3.4 Estrategias de seguridad

a. Seguridad Física

Equipos

- Las antenas Ubiquiti vienen diseñadas con estructuras muy convenientes para poder estar expuestas a exteriores, teniendo en cuenta los cambios climáticos de las diferentes zonas según la certificación IP55 ver *anexo A* (Ubiquiti Networks, Inc, 2019).

- Candados para los equipos de la red
- Soporte para las antenas

Estaciones finales

- Colocación del RouterBOARD con las debidas precauciones para evitar que el equipo se golpee.
- Seguridad de la infraestructura en donde se colocará todos los equipos principales de la red.

b. Seguridad lógica

- **Autenticación**

Todos los dispositivos tienen contraseña y usuario para que el técnico encargado sea el único que acceda a todos los dispositivos de la red.

- **Encriptación**

El protocolo de encriptación que usa las comunicaciones inalámbricas es WPA2-PSK que soporta una clave de hasta 63 caracteres alfanuméricos.

La estación principal tiene su respectivo antivirus para mayor seguridad de la red en el acceso a internet.

3.3.5 Adaptabilidad

Los equipos Mikrotik y Ubiquiti poseen estándares internacionales los cuales permiten la compatibilidad con todo tipo de equipos ya sea entre sí o con otras marcas, facilitando así la adaptación de nuevas tecnologías con otros equipos en el futuro.

3.3.6 Tecnología

En base a la investigación realizada en el marco teórico se utiliza el estándar 802.11 ac, debido a que trabaja en bandas libres, este estándar además usa tecnología MIMO. La tecnología MIMO consigue que los rebotes de la señal WiFi (reflexiones) en lugar de ser destructivas, sean constructivas y proporcionen mayor velocidad ya que al haber menor pérdida de datos, hacen falta menos retransmisiones (redeszone.net, 2020).

3.3.7 Diseño lógico de la red

a. Topología Lógica

Para la creación de la red se selecciona la topología en árbol, debido a que es la más acorde al proyecto, el diseño consta de un nodo central el cual transmite internet mediante un radio enlace hacia un routerboard ubicado junto al parque, el cual posee la debida configuración del portal cautivo (hostpot), compartiendo la señal inalámbricamente a través de unas antenas direccionales, la cual servirá como punto de acceso para los usuarios.

Para facilitar la implementación de las redes, cisco implementa un modelo jerárquico que se compone de tres capas.

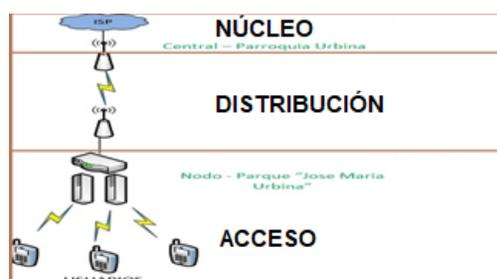


Figura 44. Modelo Jerárquico de las 3 capas de cisco

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

3.3.8 Direccionamiento y asignación de nombres

En base al tamaño de la red implementada se utiliza una dirección de IP tipo C y se realiza la respectiva asignación de las direcciones IP según la forma más conveniente, para así poder aprovechar al máximo las direcciones colocadas a cada dispositivo, además se aplicará el protocolo DHCP en las antenas receptoras del proyecto para facilitar la conexión de los usuarios.

Datos para la asignación de IP's

- Para facilidad de administración y control por parte del proveedor de internet se procedió a asignar a las dos antenas de distribución según el modelo de cisco, dos direcciones IP's disponibles: 10.2.1.250/24 (Nodo Urbina) y 10.2.1.249/24 (Nodo Parque)

- En el caso de la creación de la sub red de acceso según el modelo de cisco, se asigna las direcciones IP's de la forma más conveniente para la administración de la red.

Asignación de nombres

Se asignarán los nombres de acuerdo a las capas del modelo cisco, haciendo referencia al lugar en el que se encuentra.

Tabla 11

Plan de direccionamiento IP

Host Utilizados	Ubicación	Nombre del dispositivo	Dirección de Red	Mascara decimal planteada	IP's utilizadas
1	Central de Urbina	R_Enlace_Urbina	10.2.1.0	255.255.255.0	10.2.1.250
1	Parque Central Pillaro	R_Enlace_Parque	10.2.1.0	255.255.255.0	10.2.1.249
1	Parque Central Pillaro	N_Parque	192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.1
1	Parque Central Pillaro	AP_Parque1	192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.101
1	Parque Central Pillaro	AP_Parque2	192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.102
50	Punto de Acceso	N_Parque_50U	192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.2 - 192.168.1.51

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

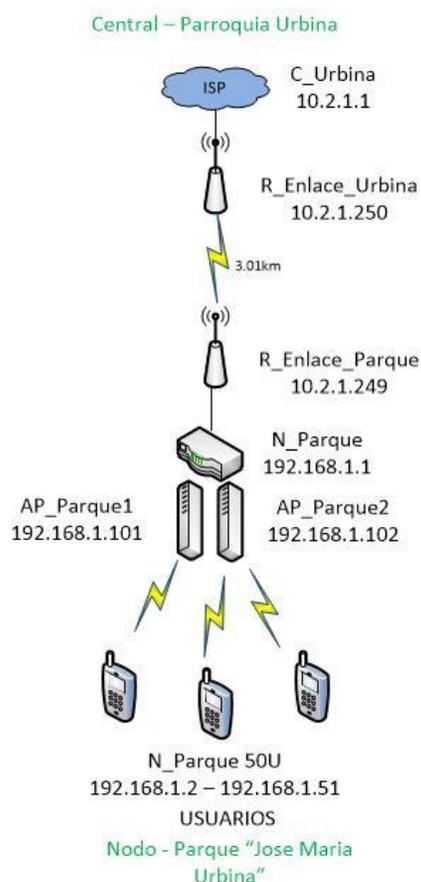


Figura 45. Asignación de Nombres e IPs

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

3.3.9 Presupuesto de enlace

a. Pérdida en la propagación

En la implementación de enlaces punto, se debe considerar un aspecto importante que sucede al enviar ondas electromagnéticas a largas distancias llamado pérdida en el espacio libre o pérdida de propagación. La pérdida por espacio libre depende de la distancia y frecuencia (ITU, 2019), en este caso la distancia entre el Nodo de Urbina hacia el Parque Central de Pillaro es de 3.15 km y la frecuencia de las antenas es de 5 150 Mhz, una vez obtenido estos valores proceder a aplicar la formula especificada por (ITU, 2019) para encontrar el resultado en (dB).

$$\text{FSL (dB)} = 20 \log_{10} (d) + 20 \log_{10} (f) + 32,40$$

$$d = 3.15 \text{ km}$$

$$f = 5.150 \text{ Mhz}$$

$$\text{FSL (dB)} = 20 \log_{10} (3.15) + 20 \log_{10} (5150) + 32,40$$

$$\text{FSL (dB)} = 9.97 + 74.24 + 32,40$$

$$\text{FSL (dB)} = 116.61 \text{ dB}$$

Este resultado servirá más adelante para obtener el presupuesto de enlace general de la red.

b. Zona Fresnel

Como regla general la máxima obstrucción permitida es 40%, pero la obstrucción recomendada es 20% o menor (SYSCOM, 2019), entonces tomando en cuenta la recomendación se procede a realizar los cálculos y para ello aplicar la siguiente formula del físico Augustin-Jean :

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

r = radio (m)

d = distancia entre las dos antenas(km)

f = frecuencia (Ghz)

$$r = 17.32 * \sqrt{\frac{3.15 \text{ km}}{4(5.15 \text{ Ghz})}}$$

$$r = 6.77 \text{ m}$$

Este dato se tiene que tomarlo en cuenta en la implementación según la ubicación y el espacio físico del radio enlace.

c. Señal recibida

- Lado del trasmisor

En el siguiente cuadro se puede visualizar todos los datos técnicos de la antena que se ubica en el lado del transmisor:

Tabla 12

Datos del transmisor

Dispositivo	Potencia	Ganancia
LiteBeam 5AC	25 dBm	23 dBi
Elementos	Unidades	Perdidas
Cable UTP	10 m	0.04 dB/m
Conectores RJ45	2 u	1 dB

Fuente: (Ubiquiti Networks, Inc, 2019)

- Lado del receptor

En el siguiente cuadro se visualiza todos los datos técnicos de la antena que se ubica en el lado del receptor:

Tabla 13

Datos del receptor

Dispositivo	Potencia	Ganancia
LiteBeam 5AC	25 dBm	23 dBi
Elementos	Unidades	Perdidas
Cable UTP	10 m	0.04 dB/m
Conectores RJ45	2 u	1 dB

Fuente: (Ubiquiti Networks, Inc, 2019)

Ahora se procede a realizar de forma gráfica el presupuesto de red, en el cual se ubica todos los datos reunidos anteriormente, además que tendrá una fácil comprensión para realizar los cálculos.

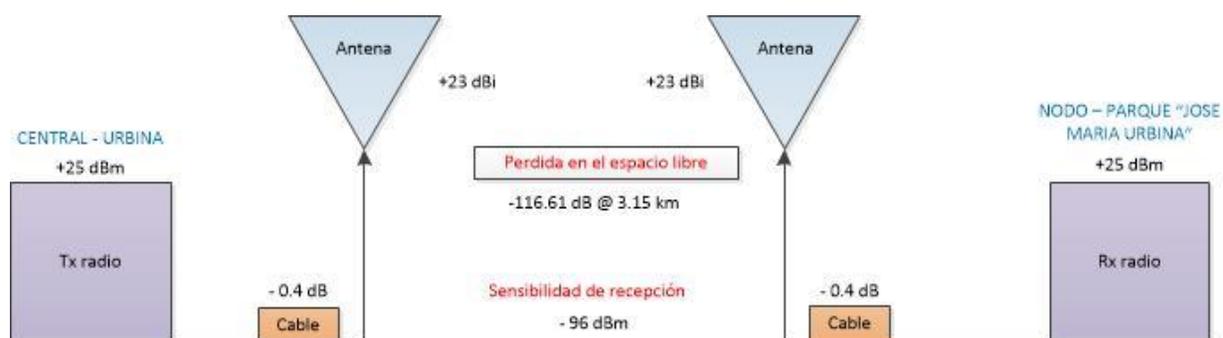


Figura 46. Presupuesto de enlace gráfico

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Después de ubicar los datos reunidos proceder a aplicar la fórmula del presupuesto de enlace para poder obtener el margen de enlace el cual nos ayuda a poder interpretar el nivel de señal recibida:

$$\begin{aligned}
 &+25 \text{ dBm (TX Potencia del AP)} \\
 &+ 23 \text{ dBi (Ganancia de la antena AP)} \\
 &- 0.4 \text{ dB (Pérdida del cable AP)} \\
 &-2 \text{ dB (Pérdida de los conectores AP)} \\
 &+ 23 \text{ dBi (Ganancia de la antena Cliente)} \\
 &- 0.4 \text{ dB (Pérdida del cable Cliente)} \\
 &-2 \text{ dB (Pérdida de los conectores Cliente)} \\
 &\text{-----} \\
 &66.2 \text{ dB Ganancia total} \\
 &-116.61 \text{ (Pérdida en el espacio libre @ 3.01 km)} \\
 &\text{-----}
 \end{aligned}$$

-50.41 dBm (Nivel de señal recibida esperando)

--96 dBm (Sensibilidad del cliente)

+45.59 dB (Margen de enlace)

El margen del enlace debe ser positivo y debe tener al menos 10 dB para un enlace exitoso (TRICALCAR, 2007), por lo que podemos notar nuestro enlace es mayor a 10 dB por lo que nuestro enlace es muy viable.

d. Cálculo de la potencia de recepción

La potencia de recepción es el nivel mínimo de señal que se necesita para un correcto funcionamiento, para ello se calcula aplicando la misma fórmula anterior tomando en cuenta el margen mínimo de señal el cual es 10 dB.

Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm].

Margen = 10 dB

25 dBm -0.4 dB + 23 dBi – 116.61 dB + 23 dBi -0.4 dB = 10 dB – Recepción

-46.41 = 10 dB – Recepción

Recepción = 46.41 dBm + 10 dB

Recepción = 56.41 dBm

Este dato será de mucha ayuda más adelante ya que nos permitirá compararlo con los cálculos que realizaremos más adelante con la herramienta Radio Mobile.

3.3.10 Radio Enlace representado en Radio Mobile

Se utiliza el software Radio Mobile para poder simular las condiciones en la cual se desarrolla el enlace y en base a ello se proporciona información fundamental para el proyecto.

Después de instalar e ingresar Radio Mobile en la PC se procede a seleccionar la pestaña *Archivo* después en la opción *Propiedades de mapa*, a continuación, se coloca las coordenadas geográficas del punto centro en donde se realiza la red, para ello se obtiene estas coordenadas en la aplicación Google Earth, después estos valores se los escribe en los recuadros de Latitud y Longitud en este caso se tiene de *Latitud -1.172528* y *Longitud -78.54266*. También hay que tomar en cuenta la altura en la que se va a mostrar el mapa para ello se coloca la más conveniente en nuestro caso se escribe en el recuadro de *Alto (Km) 10* y a continuación click en *Extraer*.

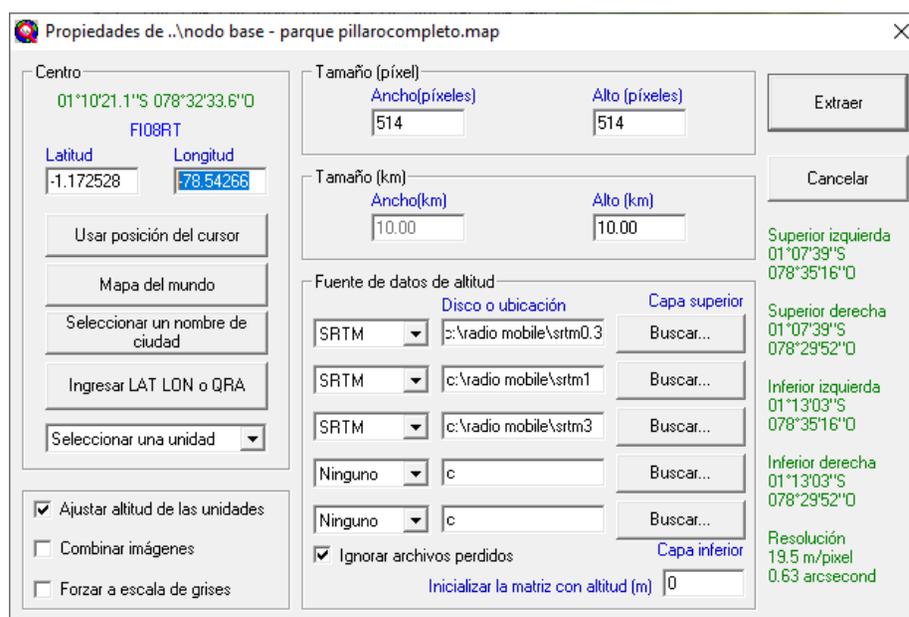


Figura 47. Propiedades de mapa

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora se procede a ingresar los lugares los cuales formaran la red en el mapa ingresado para ello ingresar a la pestaña *Archivo* después click en *Propiedades de las unidades* una vez dentro de la ventana se escribe las coordenadas obtenidas en Google Earth de cada punto del radio enlace en la opción *Ingresar LAT LON o QRA*, ahora se cambia el nombre de las unidades de manera que se

pueda diferenciar uno del otro, en este caso se coloca **Central Urbina** y **Nodo Parque**, los demás datos se pueden dejar por defecto.

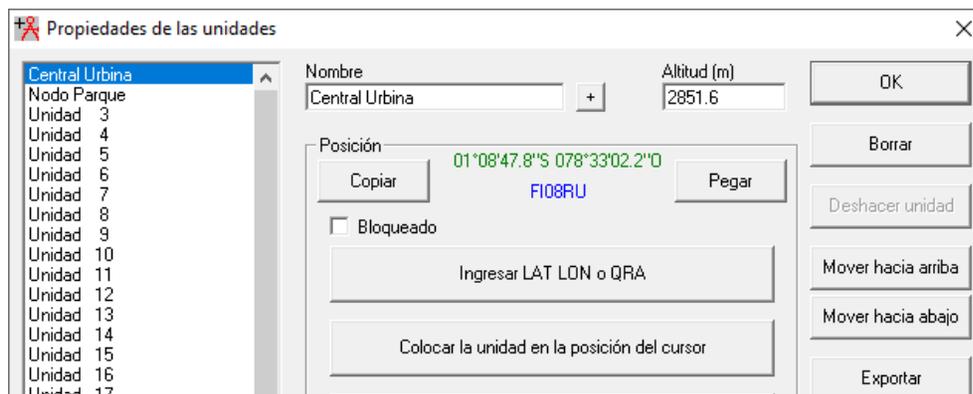


Figura 48. Propiedades de Unidades

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Después de colocar los puntos del radio enlace se procede a conectarlos a una red para representarlos como en la vida real, para ello se ingresa a la pestaña *Archivo* después click en *Propiedades de redes*, después de ingresar a esta ventana se selecciona la primera red, y se cambia el nombre en este caso se escribe **Red Nodo Base – Nodo Parque**, después se escribe la frecuencia mínima a la que trabaja según el datasheet de la antena ver *anexo b* es de **5150 MHz** y máxima de **5875 MHz**, los demás datos se deja por defecto.

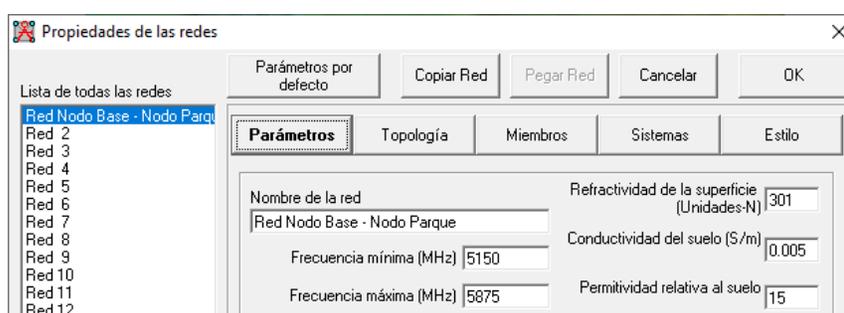


Figura 49. Propiedades de redes - Parámetros

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

A continuación, se selecciona la siguiente pestaña llamada *Topología* y click en la opción *Red de datos* ya que esta es la forma por la cual se representa la red.

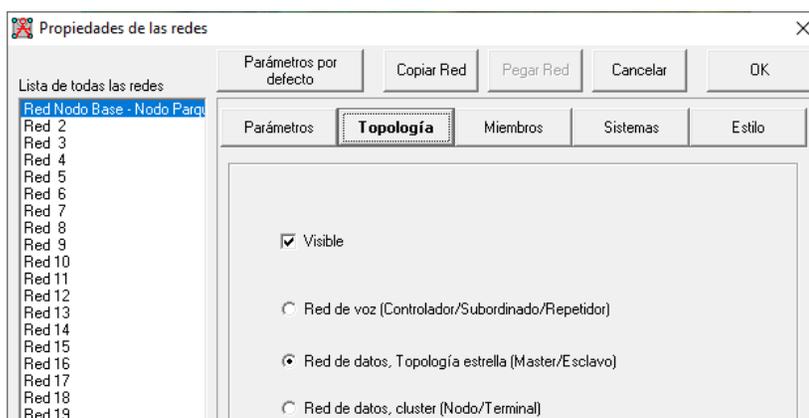


Figura 50. Propiedades de las redes - Topología

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora se procede a seleccionar en la misma ventana la pestaña *Sistemas*, se cambia el nombre acorde a la red en este caso es **Antena Ac 2Gen**, en las demás opciones se puede basar en la *figura 46* para poder llenar los datos que solicitan en esta ventana, en la opción *potencia* es **23 dBm**, en *umbral del receptor* se coloca la sensibilidad en este caso es **-96 dBm**, el tipo de antena se selecciona *yagi.ant*, altura se escribe **6 m**, y la pérdida del cable en este caso es **0.4 dBm**.

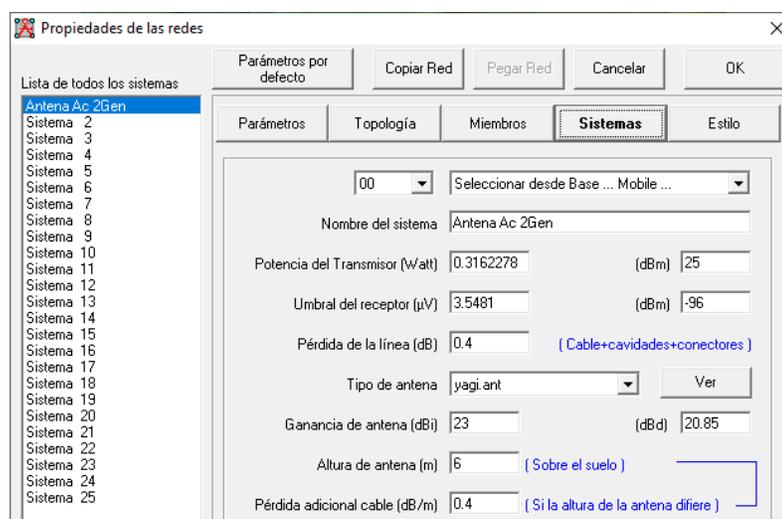


Figura 51. Propiedades de las redes - Sistemas

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Después de crear el sistema se proceder a seleccionar la pestaña *Miembros*, primeramente, el nodo principal en este caso es *Central Urbina*, se selecciona en *Rol* la opción *Master*, ya que

representa el nodo central del proyecto, luego en la opción *Sistema* se selecciona la opción *Antena Ac 2Gen* la cual fue creada anteriormente, luego se dirige la antena hacia el otro nodo que se creó en este caso es *Nodo Parque*. Después seleccionar el otro nodo, pero esta vez seleccionar en *Rol* la opción *Esclavo*, en *Sistema* seleccionar la misma y en *dirección de la antena* seleccionar *Central Urbina* y click en *OK*.

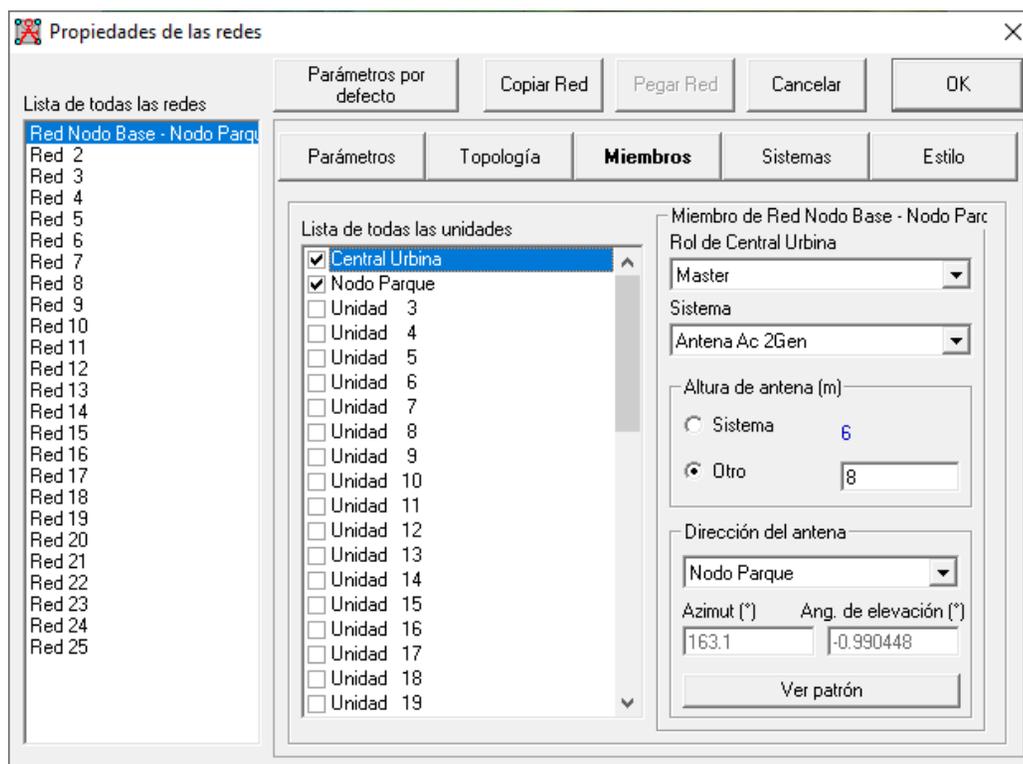


Figura 52. Propiedades de las redes - Miembros

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Por último, se puede visualizar los resultados que nos proporciona Radio Mobile haciendo click en la ventana *Herramientas*, después click en *Enlace de radio*.

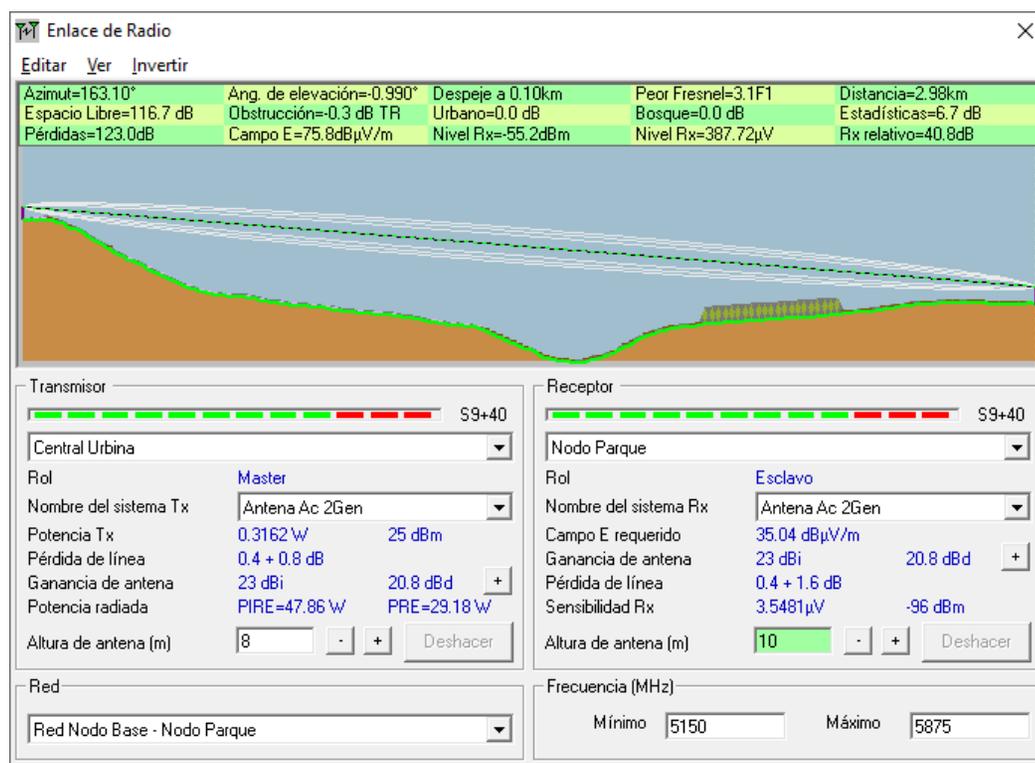


Figura 53. Enlace en Radio Mobile

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Después de obtener los datos técnicos calculados por el software, también existe una opción para poder representar ese diseño en 3D a través de la herramienta *Google Earth Pro*, para ello click en la opción *editar*, luego click en *Ex portar a...*, una vez que se despliega una pantalla, se selecciona el *Destino* haciendo click en *Google Earth* y por último en *OK*.



Figura 54. Exportar mapa

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Una vez que se guarde el archivo exportado por el *Radio Mobile* se abre automáticamente el *Google Earth* con una vista muy dinámica del enlace realizado como se muestra en la *figura 55*.

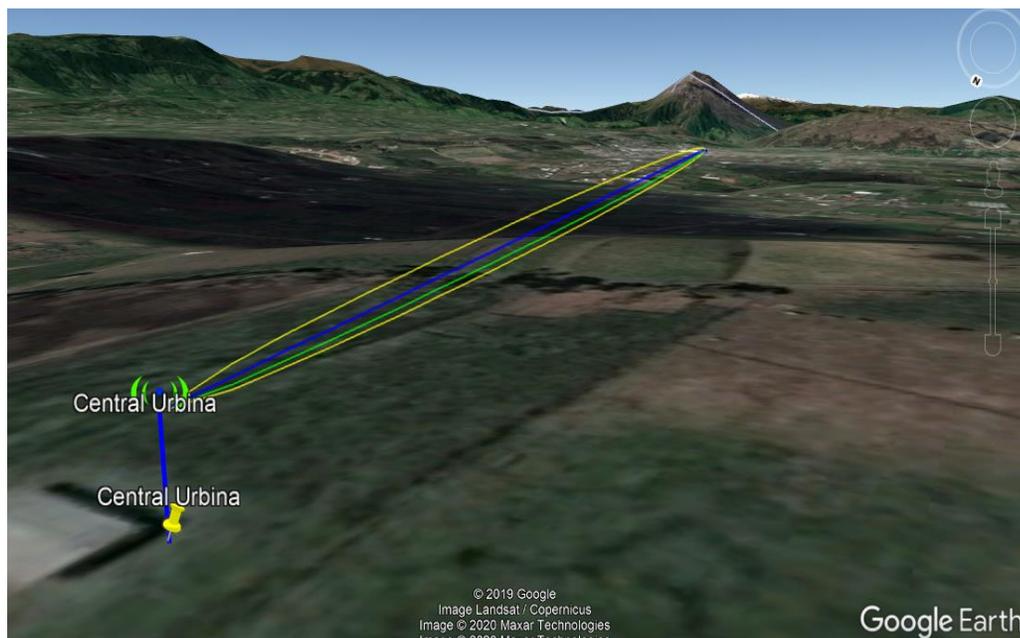


Figura 55. Radio enlace en Google Earth

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

3.3.11 Análisis de resultados calculados

Para que el enlace sea factible se basa en algunos parámetros importantes:

- Línea de Vista
- Radio de Zona Fresnel
- Señal recibida
- Nivel de recepción de Rx

En el siguiente cuadro se visualiza la comparación que existe en los cálculos realizados manualmente y los que se realiza a través de la herramienta Radio Mobile.

Tabla 14*Comparación de Valores simulados – Valores calculados*

Datos de evaluación	Valores	
	Radio Mobile	Calculo visual/manual
Línea de Vista	Si	Si
Radio de Zona Fresnel	3.1 F1	6.67 m
Señal Recibida	-55.2 dBm	-50 dBm
Nivel de recepción de Rx	40.8 dBm	46.41dBm

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Observaciones

Los valores recomendados en la señal recibida entre antenas según (Autonomous University of Puebla, 2019) entre -40 a -60 las tasas de trasferencias son muy estables, de -70 a -80 es normal, aunque en este nivel ya se tiene problemas en la trasmisión de -80 en adelante ya se considera una señal mala, observando nuestros resultados teóricos podemos concluir que la señal recibida entre antenas se encuentra entre las trasferencias muy estables.

Según los cálculos realizados para el enlace que se implementa en el proyecto, se refleja una excelente conectividad debido a que existe un nivel de recepción mayor a 10 dBm para una buena conectividad la cual teóricamente no tendrá ningún inconveniente por caídas del enlace.

Según las normas de presupuesto de radio enlace se debe realizar los cálculos desde el emisor hacia el receptor y viceversa pero como se está usando los mismos equipos en ambos lados no es necesario hacerlo ya que daría los mismos resultados.

Según las investigaciones realizadas la línea de vista no garantiza el despeje de la Zona Fresnel por lo que se realizó los cálculos manualmente y con la herramienta Radio Mobile y dieron excelentes resultados.

3.3.12 Modelo final

Una vez realizado todos los estudios necesarios para la realización del proyecto se obtenido de resultado el siguiente modelo.

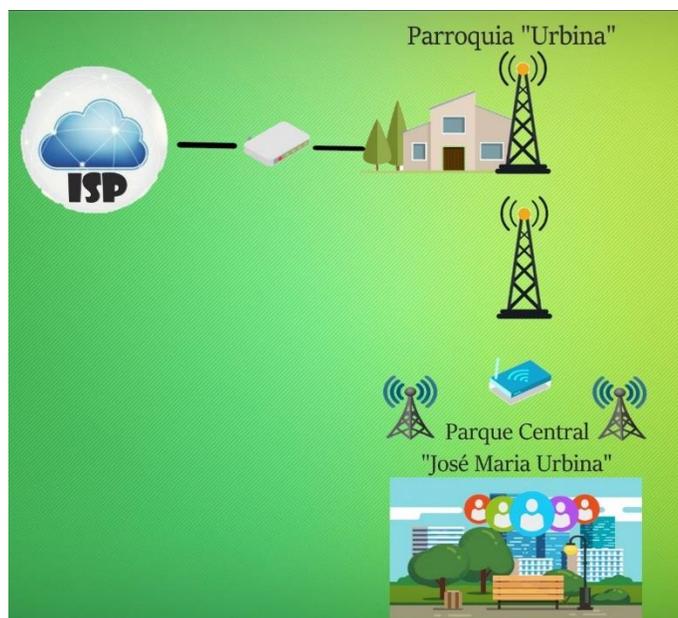


Figura 56. Diseño lógico

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

3.4 IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

3.4.1 Configuración de RouterBoard 951Ui-2HND

Para acceder a la configuración del RouterBoard Mikrotik se puede realizar de diferentes formas, ya sea a través del explorador de internet o mediante su aplicación propietaria llamada Winbox.

Winbox es un programa que trabaja con el protocolo Telnet, el cual ayuda acceder remotamente a un equipo sin estar físicamente presente, este programa posee una interfaz gráfica que facilita mucho la configuración del equipo.

Para poder acceder al equipo a través de Winbox se puede usar la dirección IP o la dirección MAC, se recomienda usar la dirección MAC para la configuración, debido a que si se realiza ciertos cambios provocará la desconexión constante del programa.

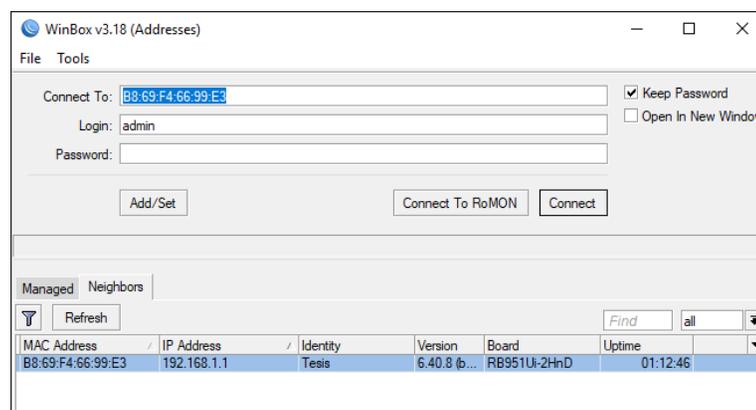


Figura 57. Pantalla de acceso a través de Winbox

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Después de elegir la forma de identificación del equipo ya sea por MAC o IP, se selecciona haciendo click encima de la identificación y automáticamente se escribe en la caja de texto “Connect To”, después se coloca todas las credenciales de autenticación. Por defecto es *admin* y no tiene contraseña. Después de llenar todos los campos necesarios hacer click en el botón de *Connect* el cual redirecciona a la pantalla principal del programa.

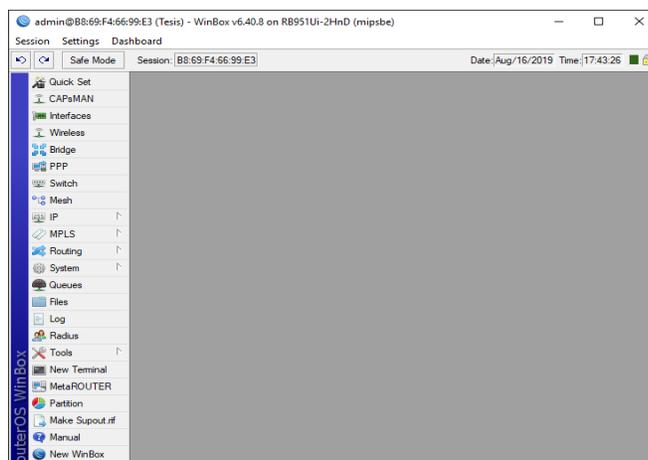


Figura 58. Pantalla principal de Winbox

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

En la barra superior del programa se puede visualizar la dirección IP o MAC según el tipo de autenticación que se usa, identificador o nombre, versión del RouterOS, modelo y el tipo de arquitectura del procesador del equipo.

En el menú izquierdo muestra varias opciones de selección, las cuales poseen submenús que permiten acceder a todas las características que ofrece el equipo Mikrotik dependiendo de la versión del RouterOS instalada.

Las más importantes son:

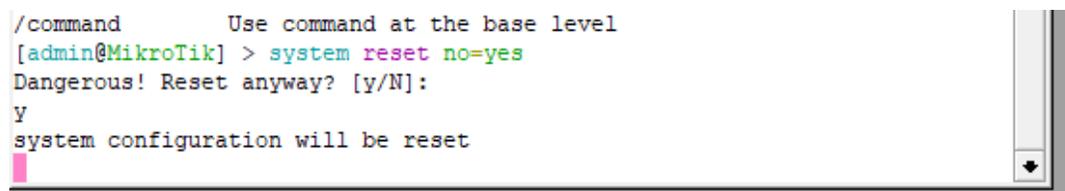
- *Interface*: Permite agregar, eliminar, habilitar, deshabilitar, definir diferentes tipos de interfaces a configurar como ser: Ethernet, Bridge, etc.
- *Wireless*: Permite administrar las interfaces inalámbricas, modificar parámetros que guarden relación con el modo de funcionamiento de la tarjeta inalámbrica.
- *Bridge*: Administra conexiones tipo bridge entre interfaces con diferentes opciones de filtrado.
- *PPP*: Permite habilitar varios tipos de túneles para los protocolos soportados
- *IP*: Administra las configuraciones y protocolos de capa 3 como: TCP/IP, Firewall, DHCP, DNS, Hotspot, etc.
- *MPLS*: Permite la incorporación de MPLS (Multiprotocol Label Switching), para administrar la calidad del servicio.
- *Routing*: Permite el uso de protocolos de enrutamiento como: OSFF, RIP, BGP, MME (Mesh Made Easy), este último utilizado para enrutar redes inalámbricas mesh. Además permite la administración de filtros en el enrutamiento.
- *System*: Permite administrar características internas del router como: reloj, velocidad del procesador, interfaces de administración, usuarios, etc, además de herramientas de diagnóstico de estado del router.
- *Queues*: Permite la creación de colas, que ayudan a una mejor gestión en la priorización de tráfico y control del mismo.
- *Files*: Ofrece la posibilidad del manejo de archivos respaldo, actualización de paquetes RouterOS, o el manejo de *scripts* para funciones programadas del router.

- *Log*: Permite guardar un historial de cambios realizados en las configuraciones del router, además de ser una bitácora de actividad del router.
- *Radius*: Permite configurar la opción de autenticación con servidores Radius.
- *Tools*: RouterOS incorpora una serie de herramientas de diagnóstico y gestión de redes, como son: *Bandwidth Test* para pruebas de rendimiento del canal usado, *IP Scan* para crear un registro ARP de los equipos remotos, *Telnet* usado para el acceso y administración de otros equipos mediante capa 3 del modelo OSI, *Torch* para visualizar el tráfico ARP de las diferentes interfaces, así como el ancho de banda utilizado.
- *New Terminal*: Permite la configuración y administración de todas las aplicaciones del router mediante línea de comandos.

a. Reseteo del RouterBoard

Después de conocer en forma general todas las funciones que posee nuestro RouterBoard se empieza con la configuración del mismo, pero antes de ello hay que asegurarse que no tenga configuraciones que puedan afectar más adelante y para ello se resetea el dispositivo.

Ingresa en la opción de *New Terminal* y escribir el siguiente comando: ***system reset no=yes*** y presionar el botón “*enter*”, luego solicitará una confirmación y presionar el botón “*y*” y empieza a resetear el dispositivo.



```

/command          Use command at the base level
[admin@MikroTik] > system reset no=yes
Dangerous! Reset anyway? [y/N]:
Y
system configuration will be reset

```

Figura 59. Ventana de comandos de New Terminal

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Al realizar el reseteo, el equipo emitirá un pitido y luego dos veces más de forma rápida, eso es normal y además se desconecta automáticamente del winbox. Es necesario el reingreso haciendo click en *Reconnect* para poder ingresar a la pantalla principal nuevamente (siempre y cuando se utilice el método de ingreso al dispositivo por MAC).

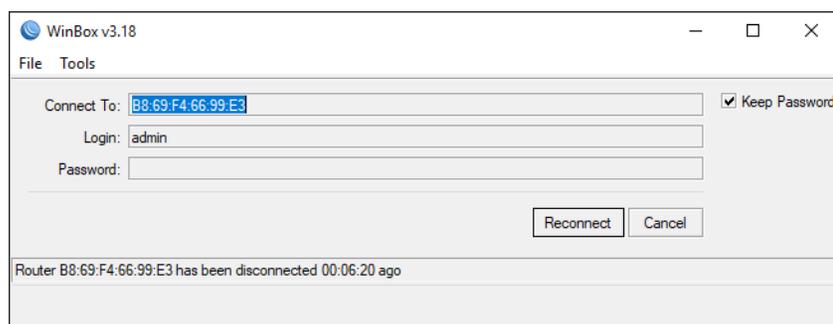


Figura 60. Ventana de reconexión al dispositivo

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

b. Configuración para Acceso a internet

El proveedor de internet brinda un ancho de banda de 10 Mbps para la utilización del respectivo proyecto.

Al iniciar el RouterBoard el primer paso más importante es darle acceso a internet al dispositivo para que de esta forma pueda distribuirlo entre los diferentes puertos que posee.

Para que la administración de los puertos sea más sencilla se cambia el nombre de cada uno de ellos de forma que se pueda identificarlos rápidamente, para ello hacer click en la opción *Interface* de pantalla principal, después hacer doble click encima de cada interface y cambiar el nombre.

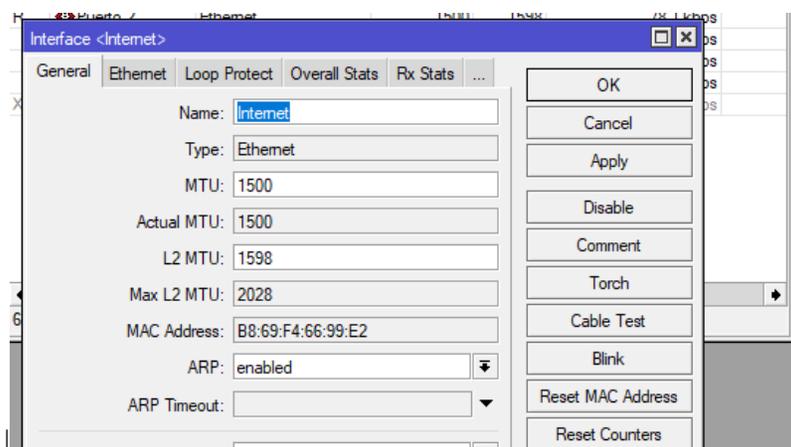


Figura 61. Configuración del nombre de la interface

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora gestionar la dirección IP del puerto en donde ingresa el internet, hacer click en la opción *IP* después en el submenú hacer click en *Addresses* y click en el símbolo de + que indica *Add*, se despliega una sub ventana que se configura, según la dirección IP que asignó el proveedor de internet en este caso tiene la siguiente dirección:

IP: 10.2.1.20

Mascara: 255.255.255.0

En el cuadro en donde dice *Address* colocar la dirección IP que asignaron en este caso es **10.2.1.20/24**, en la opción *Interface* seleccionar el puerto de la entrada del internet, después hacer click en *Apply* y después click en *OK*.

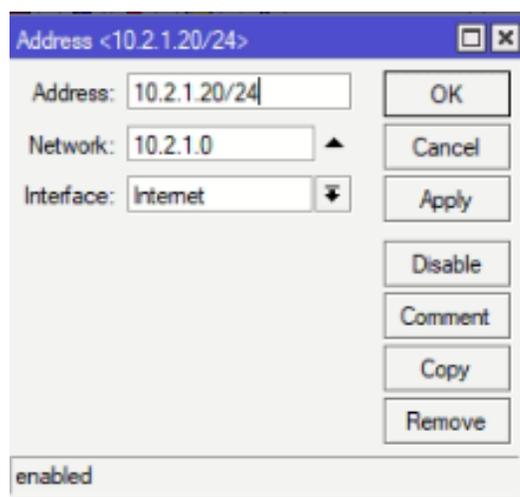


Figura 62. Configuración de la dirección IP del internet

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora se configura los DNS's que asigna el proveedor de internet en este caso tenemos dos: 8.8.4.4 que pertenece a Google y 172.24.30.1 un DNS local. Colocar los dos DNS en el cuadro *Servers* y después habilitar *Allow Remote Requests* esta opción especifica si se va a permitir o no los requerimientos remotos de la red. Cuando se activa esta opción el router Mikrotik se convierte en un DNS CACHE esto minimiza las peticiones de nuestros usuarios a la internet, debido a que cada vez que uno de nuestros usuarios haga una solicitud a los DNS de nuestro proveedor, Mikrotik

almacenará en memoria la respuesta de los servidores y los utilizara para las siguientes peticiones (mizonapc, 2019).

Una vez configurado click en Apply y click en OK

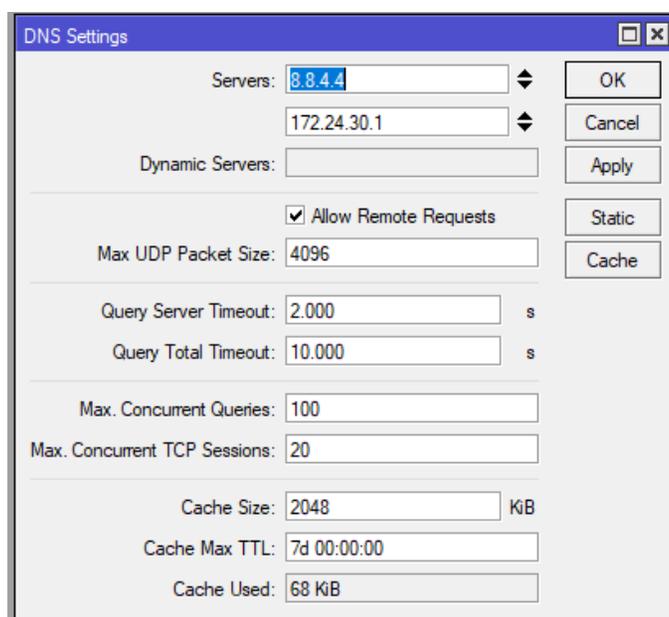


Figura 63. Configuración de los DNS's

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Para compartir Internet, lo que se hace es usar NAT (Network Address Translate) para enmascarar las direcciones IPs de los equipos de la LAN con la IP Pública de la interfaz *Internet* del router MikroTik. Esto es necesario porque en Internet no se puede navegar con un direccionamiento de IP Privada como por ejemplo 192.168.1.101. (Fernandez, 2019)

Para ello necesario crear una regla en el firewall la cual diga que: todo lo que venga de la LAN con cualquier destino se envíe por la interfaz *Internet* y se enmascare con la IP Pública de Internet. (Fernandez, 2019)

Para la configuración se dirige a la opción haciendo click en *IP, Firewall* y dentro de esta ventana hay un submenú llamado NAT hacer click y después click en agregar uno nuevo. Se despliega una pantalla llamada *NAT Rule* después seleccionar en el submenú la opción *General* y

en ella se dirige a la opción *Chain*, en ella seleccionar la opción *srcnat* debido a que este tipo de NAT se aplica a los paquetes que se originan a partir de una red NAT sustituyendo las direcciones de la fuente privada de un paquete IP con una nueva dirección IP pública a medida que viaja en el router (b-one, 2019). Después seleccionar la interface de salida en este caso es *Internet*.

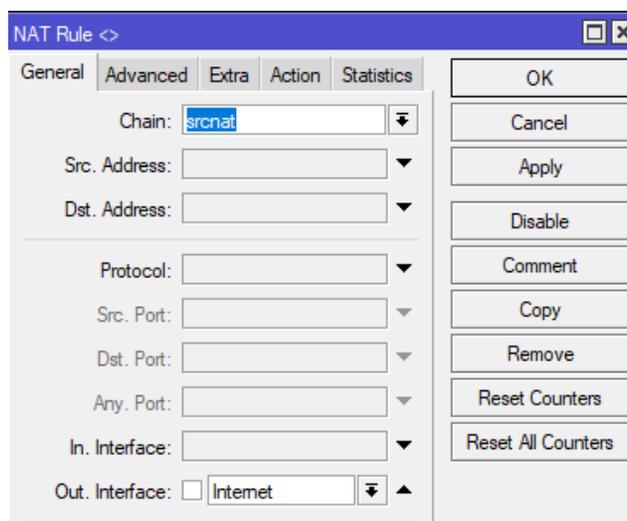


Figura 64. Configuración de las reglas NAT

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Y por último se cambia a la pestaña de *Action* y seleccionar la opción *masquerade* y click en *Apply* y click en *OK*.

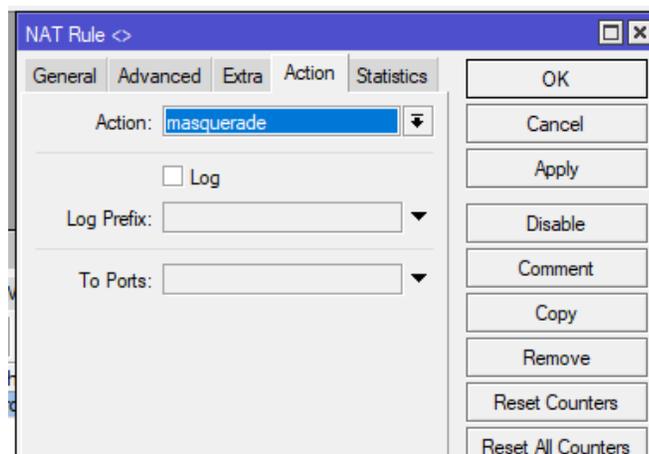


Figura 65. Configuración del método del NAT

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora se da salida a todas las peticiones de la red LAN a través de *Route* en la pestaña *General* en la opción *Dist. Address* escribimos **0.0.0.0/0** lo cual indica que todas las direcciones, en la opción *Gateway* escribimos la puerta de enlace que da el proveedor de internet, en nuestro caso es **10.2.1.1** y click en *Apply* y click en *OK*.

Y listo ahora el dispositivo ya está conectado a internet y preparado para poder compartir internet con los demás puertos.

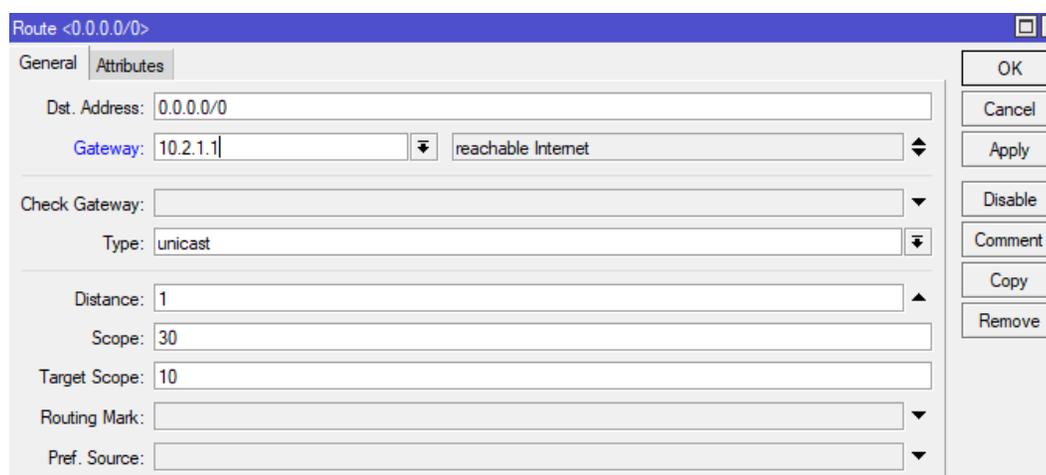


Figura 66. Configuración del Ruteo

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Para poder comprobar el acceso a internet seleccionar la opción *New Terminal* y escribir el siguiente comando: **ping 8.8.8.8**, este comando comprueba que existe conexión a internet ya que está haciendo un ping al servidor de Google.

```

/command          Use command at the base level
[admin@MikroTik] > ping 8.8.8.8
  SEQ HOST                SIZE TTL TIME  STATUS
   0 8.8.8.8                56  53 66ms
   1 8.8.8.8                56  53 66ms
   2 8.8.8.8                56  53 66ms
   3 8.8.8.8                56  53 66ms
   4 8.8.8.8                56  53 66ms

```

Figura 67. Comprobación de acceso a internet

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

c. Configuración del servidor DHCP para la red LAN

Los equipos que vayan a solicitar el internet deben tener cada usuario configurado en sus dispositivos, dirección IP, máscara de red, puerta de enlace y servidores DNS para poder acceder a internet. Pero para evitar configurar manualmente en cada dispositivo de nuestros usuarios, creamos en el RouterBoard un servidor DHCP para que toda la configuración mencionada sea automática y de forma transparente al usuario.

Primero asignar una dirección IP al puerto del dispositivo se utiliza. En nuestro caso usaremos el puerto 2 y le asignaremos la dirección IP **192.168.1.1**.

Ingresa en la opción *IP*, después en *Addresses* y allí hacer click en agregar una nueva dirección, en el cuadro de *Address* escribir la dirección IP, en este caso le asignaremos la dirección **192.168.1.1/24**, seleccionar la interface llamada *Puerto 2*, click en *Apply* y click en *OK*.

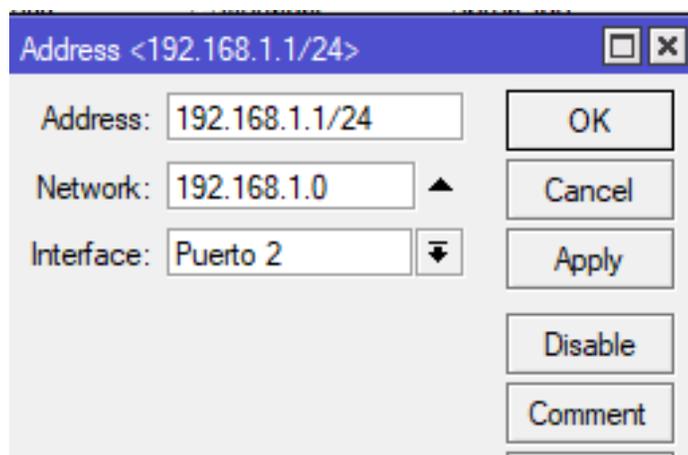


Figura 68. Asignación de IP al puerto 2

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora crear el *Pool* o rango de direcciones IP's de las cuales el servidor DHCP las tomara para asignarlas aleatoriamente a los usuarios que se conecten a la red.

Para ello hacer click en la opción *IP*, click en *Pool* y seleccionar en agregar una nueva *IP Pool*. Escribir un nombre para poder identificar el rango de IP que se agrega en el cuadro de *Name* y en el cuadro *Addresses* escribir el rango de IP's, hacer click en *Apply* y click en *OK*.

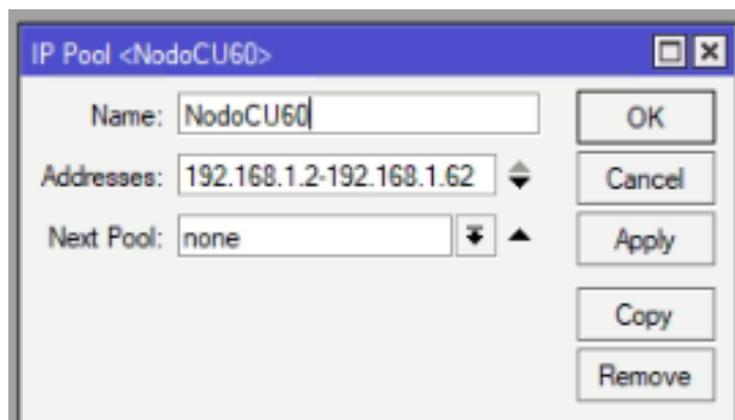


Figura 69. Creación de Pool o rangos de IP

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Para que la configuración del DHCP sea más sencilla existe un asistente de configuración muy rápido que ayuda paso a paso la configuración de todos los parámetros para poder habilitar del DHCP de forma correcta y rápida.

Para ello hacer click en la opción *IP*, click en *DHCP Server*, ahora se agrega un nuevo servidor para ello hacer click en *DHCP Setup*, se despliega la interface por la cual se realiza el DHCP, seleccionar el *Puerto 2* en este caso y click en *Next*.

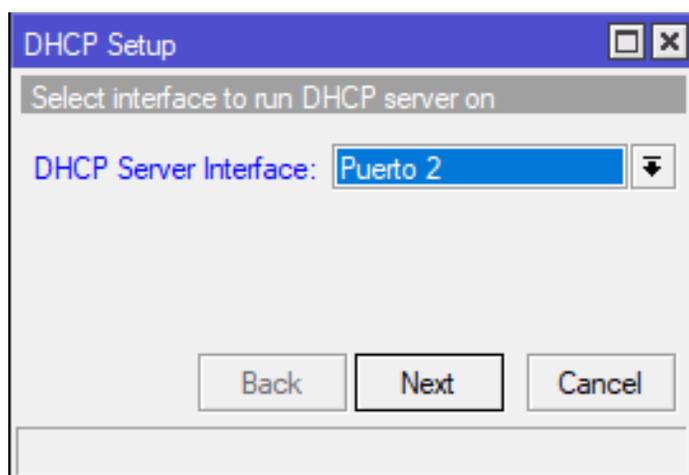


Figura 70. Interfaz que se usara para el DHCP

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

En esta sección se indica la dirección de Broadcast del puerto y solo se hace click en *Next*.

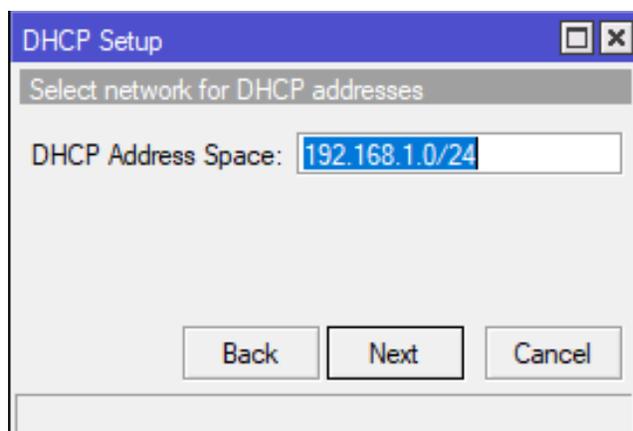


Figura 71. Configuración de Broadcast

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

En el siguiente paso se indica la puerta de enlace del puerto que se selecciona y click en *Next*.

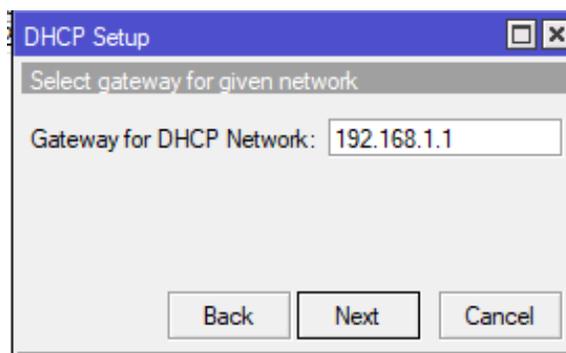


Figura 72. Puerta de enlace para el DHCP

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Seleccionar el *Address Pool*, que se configuró al inicio para que asigne direcciones IP solo en ese rango especificado y click en *Next*.

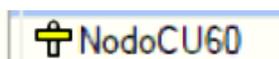


Figura 73. Selección de rangos de IP o Pool

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Esta ventana nos muestra todos los DNS que se configuró anteriormente por ello solo hacer click en *Next*.

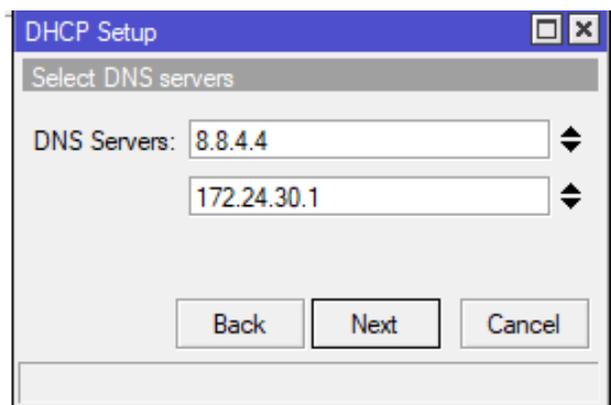


Figura 74. Configuración de los DNS servers

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Luego se muestra una cantidad, en la cual muestra el intervalo en el que se termina el tiempo de arrendamiento de la dirección IP para luego asignarle otra, asignar el tiempo de acuerdo al tiempo de utilización del portal cautivo en nuestro caso 30 minutos y click en *Next*.

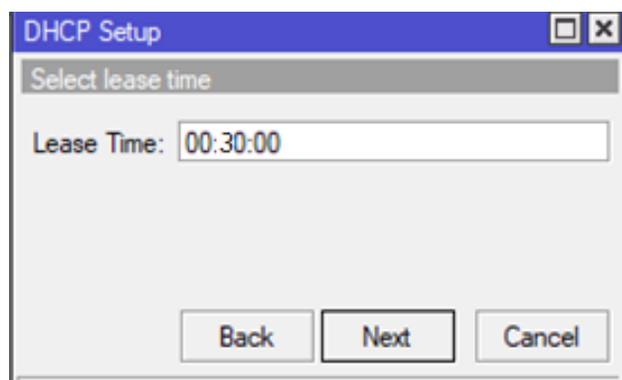


Figura 75. Configuración del tiempo de arrendamiento

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Al final muestra un mensaje de confirmación.

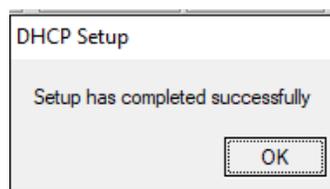


Figura 76. Mensaje de confirmación

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

d. Configuración de la interface WLAN (OPCIONAL)

La versión del RouterBoard, que adquirimos cuenta con una interface inalámbrica la cual facilita mucho la administración del dispositivo.

La interface inalámbrica que pueda ser usada hay que habilitarla ya que viene deshabilitada por defecto. Seleccionar la opción *Wireless* y dentro de la ventana seleccionar *Interfaces*, en esta pestaña seleccionar la interface que se encuentra en color “plomo” y hacer click en el símbolo en forma de visto, de esta manera después de unos segundos está habilitada la red Wifi.

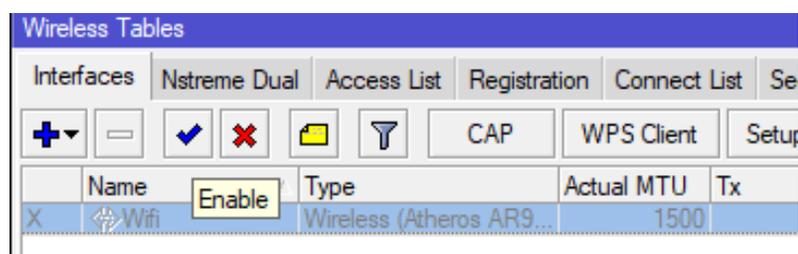


Figura 77. Interface inalámbrica disponible

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Después de habilitarla se nota que no hay redes nuevas redes disponibles entonces para poder usar la red Wifi no basta solo con habilitarla, hay que modificar algunos parámetros para que pueda ser compatible con los equipos inalámbricos.

En la misma ventana hacer click en la pestaña *Security Profiles*, dentro de ella click en el simbolo + y se despliega una ventana. En el cuadro de *Name* escribir el Nombre del perfil de seguridad en este caso escribir **WifiSeguro**, en la opción *Mode* dejar por defecto el seleccionado,

en *Authentication Types* marcar solo el protocolo de seguridad *WPA2 PSK* debido a que es el protocolo más confiable y seguro en comparación con los otros, después en el cuadro *WPA2 Pre-Shared Key* escribir una contraseña mayor a 8 dígitos, click en *Apply* y click en *OK*

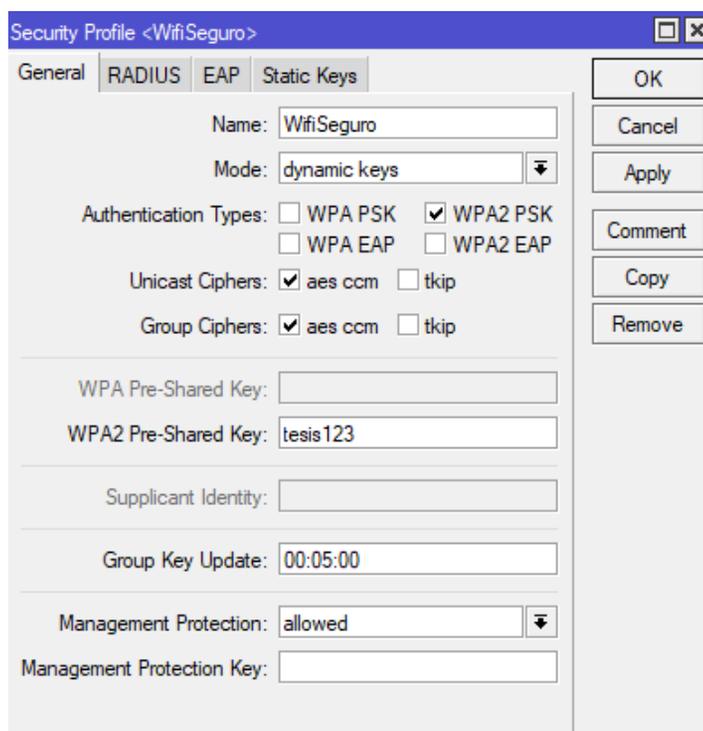


Figura 78. Configuración del perfil de seguridad

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora dirigirse a la pestaña *Interfaces*, después hacer doble click a la interface *Wireless* en esta ventana, seleccionar la pestaña *Wireless*, click en la opción *Advanced Mode* de la derecha, en el cuadro *Mode* seleccionar el modo *ap bridge* esto que indica que se usa las direcciones IP del nodo principal como un punto de acceso inalámbrico en modo puente, en *frecuencia* se puede dejar la que lleva por defecto, el cuadro *SSID* y *Radio Name* colocar el nombre que se desee en este caso es *Tesis1*, después modificamos el cuadro *Wireless Protocol* seleccionando el estándar *802.11*, siendo este el estándar compatible con los dispositivos inalámbricos personales en cambio los otros estándares se usan entre routers de mikrotik. Ahora dirigirse al cuadro *Security Profile*, seleccionar el perfil creado anteriormente en este caso era *WifiSeguro*, para que no exista algún tipo de inseguridad desactivar la opción *WPS Mode*, en la opción *Frequency Mode* seleccionar

superchannel esto da la capacidad de tener más canales disponibles para la transmisión y los demás campos se dejan por defecto, click en *Apply* y click en *OK*.

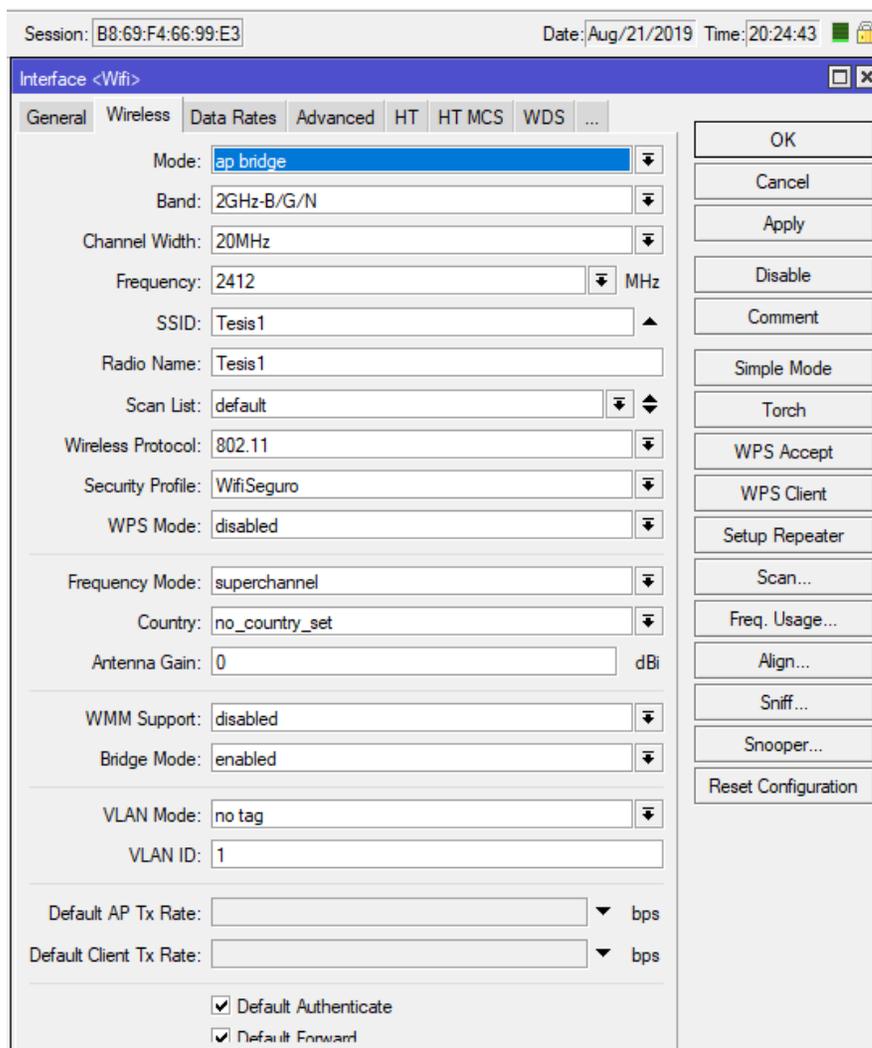


Figura 79. Configuración de la red WLAN

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

e. Configuración del Bridge

El RouterBoard está disponible y visible, pero no tendrá acceso a internet debido que no se encuentra realizado el Bridge para poder darle acceso al internet del nodo principal.

Ingresar en la opción *Bridge* y hacer click en el símbolo +, en el cuadro *Name* escribir el nombre que se desee, en este caso le dejamos el que viene por defecto, click en *Apply* y click en *OK*.

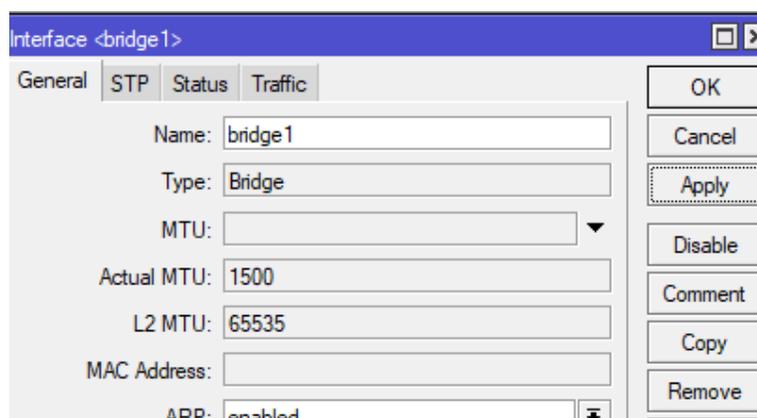


Figura 80. Creación del bridge

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

En la misma ventana seleccionar la pestaña *Ports*, hacer click en el símbolo de +, seleccionar en el cuadro *Interface* el puerto por el cual se está transmitiendo el internet a los usuarios en nuestro caso es el *Puerto 2*, después hacer click en el *bridge1*, que se creó anteriormente, click en *Apply* y click en *OK*.

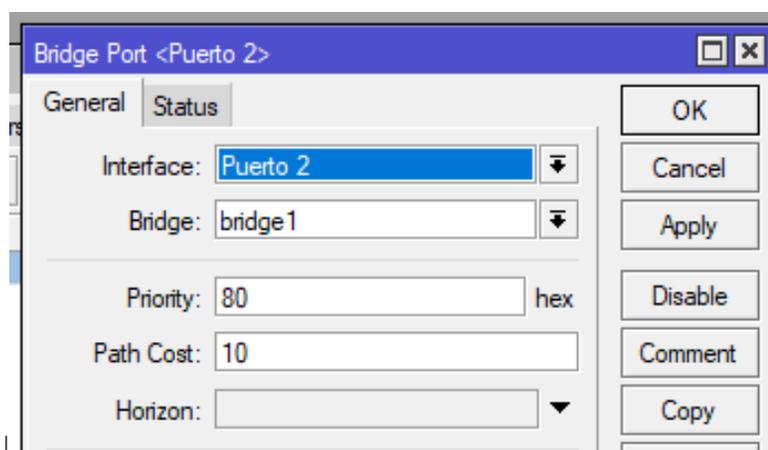


Figura 81. Selección de los puertos

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Se presenta una desconexión, esto es normal solo se tiene que reconectar nuevamente al dispositivo y se dirige nuevamente a la opción para agregar un nuevo puerto, pero esta vez seleccionar la red WLAN, en nuestro caso se llama *Wifi*, click en *Apply* y click en *OK*.

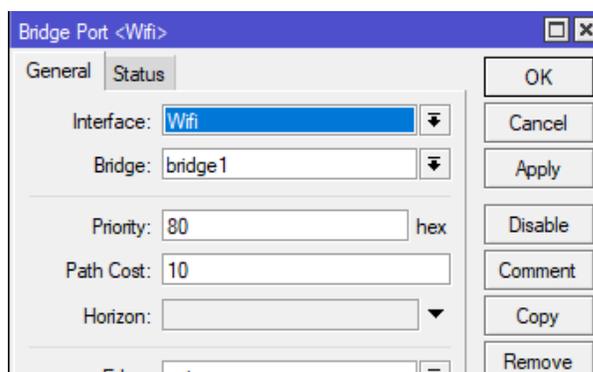


Figura 82. Selección del puerto inalámbrico

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Después de configurar todos los puertos que forman parte del Bridge, solo queda una cosa por hacer, para ello se dirige a la opción *IP*, click en *Address*, seleccionar el puerto que comparte el internet con los usuarios en este caso es el *puerto 2*, hacer doble click en la siguiente ventana modificar la *Interface* ya que ahora este puerto es parte del bridge seleccionar *bridge 1*, click en *Apply* y click en *OK*.

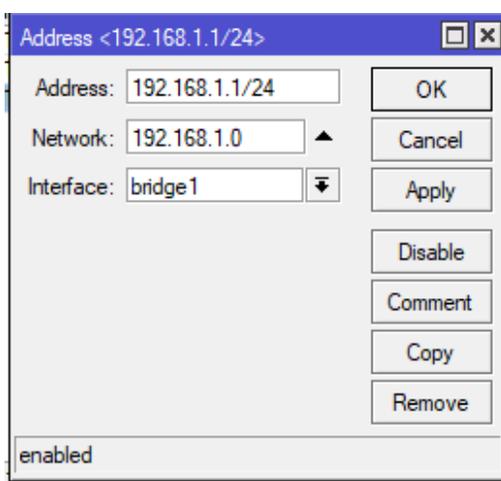


Figura 83. Modificación del puerto 2

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Por último, se presenta una desconexión de internet debido a que el DHCP también debe ser modificado para que pueda asignar direcciones IP a todos los dispositivos agregados al *bridge 1*.

Ahora dirigirse a la opción *IP*, click en *DHCP Server*, click en la pestaña *DHCP*, doble click en el DHCP configurado anteriormente y modificar el cuadro de *Interface* seleccionar *bridge 1*, click en *Apply* y click en *OK*.

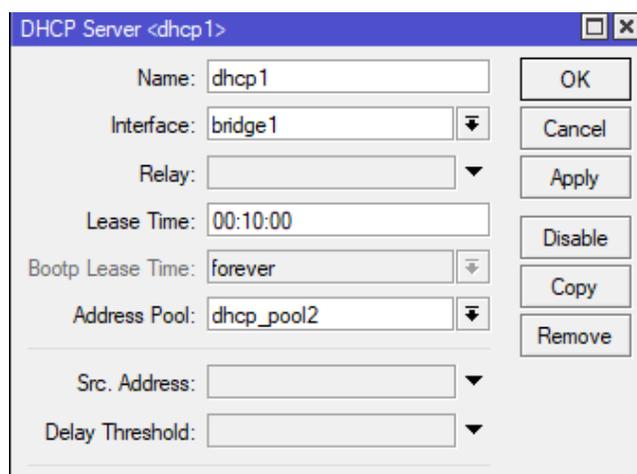


Figura 84. Modificación del DHCP

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Una vez concluida la configuración, se tiene acceso a internet correctamente en la red LAN y WLAN.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.17134.950]
(c) 2018 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Fausto>ping 8.8.8.8

Haciendo ping a 8.8.8.8 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=104ms TTL=52

Estadísticas de ping para 8.8.8.8:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 104ms, Máximo = 104ms, Media = 104ms
  
```

Figura 85. Comprobación de acceso a internet desde el usuario

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

f. Configuración del portal cautivo (hotspot)

Cuando la interfaz, por la que se utiliza el portal cautivo se encuentra completamente configurada se procede a realizar la creación del hotspot. Hay varias maneras de crearlo, una de ellas es a través del asistente de configuración, se consideró factible realizarlo de esta manera y después modificar algunos parámetros en base al proyecto.

Entonces se procede a ingresar a la opción *IP*, click en *Hotspot*, una vez ingresado en la pantalla principal del hotspot hacer click en la pestaña *Servers*, click en *Hotspot Setup*.

En la primera ventana en la opción *Hotspot Interface* seleccionar el puerto por el cual el hotspot va a “escuchar” la solicitud de los usuarios, en este caso se creó un bridge el cual representa una o varias interfaces, entonces se selecciona el que se llama *bridge 1* y click en *Next*.

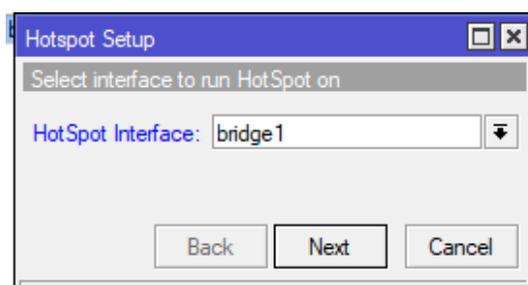


Figura 86. Configuración de interface

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

En esta ventana verificar si la puerta de enlace es la correcta según lo especificado anteriormente y click en *Next*

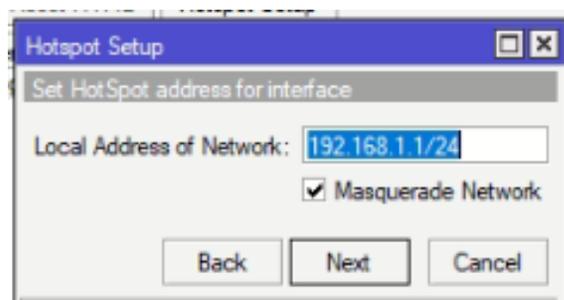


Figura 87. Verificación de la puerta de enlace

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

De igual manera verificar si el rango de IPs que se muestran están correctamente configurados.

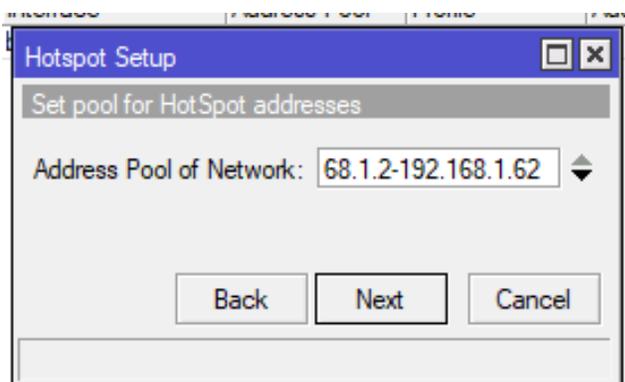


Figura 88. Selección de los rangos de IP

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

El certificado SSL es un título digital que autentifica la identidad de un sitio web y cifra con tecnología SSL la información que se envía al servidor (GoDaddy Operating Company, 2019). Debido a que el servidor es local y la página que vamos a acceder no se encuentra en la web, no es necesario obtener un certificado SSL, además de ser un gasto innecesario, entonces seleccionar *none* y hacer click en *Next*.

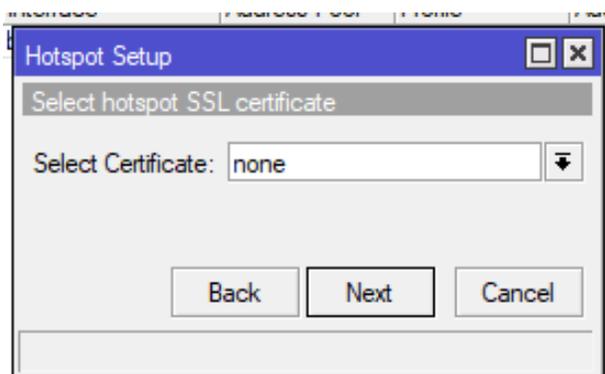


Figura 89. Selección del certificado SSL

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

En este caso no se tiene un servidor de correo electrónico por ello solo hacer click en *next*.

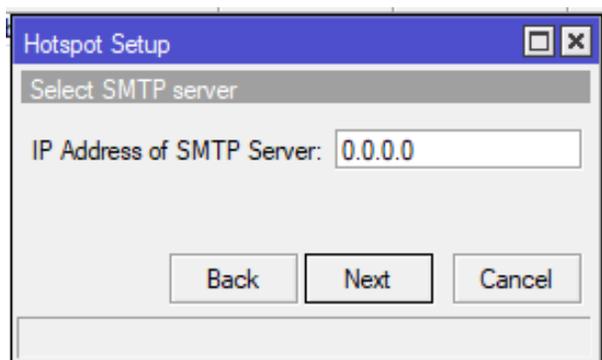


Figura 90. Configuración del servidor de correo

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

En esta sección verificar que las direcciones de los DNS's estén correctas y click en *Next*.

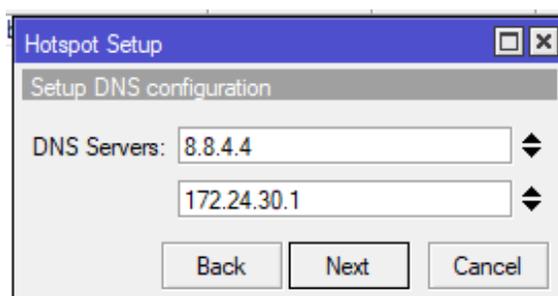


Figura 91. Configuración de los DNS

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

En esta ventana se coloca la dirección o nombre del DNS, que serán dirigidos los usuarios cuando accedan al hotspot en este caso es ***www.computacionugtespe.com*** , y click en *Next*.

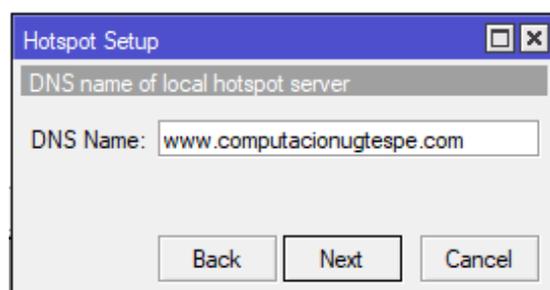


Figura 92. Configuración del nombre del DNS

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Al terminar la configuración se crea el portal cautivo (hotspot) listo para usarse, pero ahora se cambia los parámetros más importantes para poder adecuarlo al proyecto.

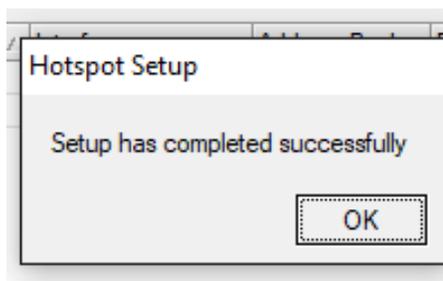


Figura 93. Ventana de datos guardados

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Para ello se dirige a la pestaña *User Profiles*, ahora se crea un nuevo perfil de usuario haciendo click en el símbolo “+”, una vez dentro de la nueva ventana se procede a cambiar el nombre del perfil en el cuadro *Name*, en este caso escribir **Velocidad1/2**, dejar los datos por defecto y dirigirse al cuadro *Rate Limit (rx/tx)*, esta función se encarga de limitar el ancho de banda a todos los usuarios que usen este perfil, por ello escribir **510k**, click en *Apply* y click en *OK*.

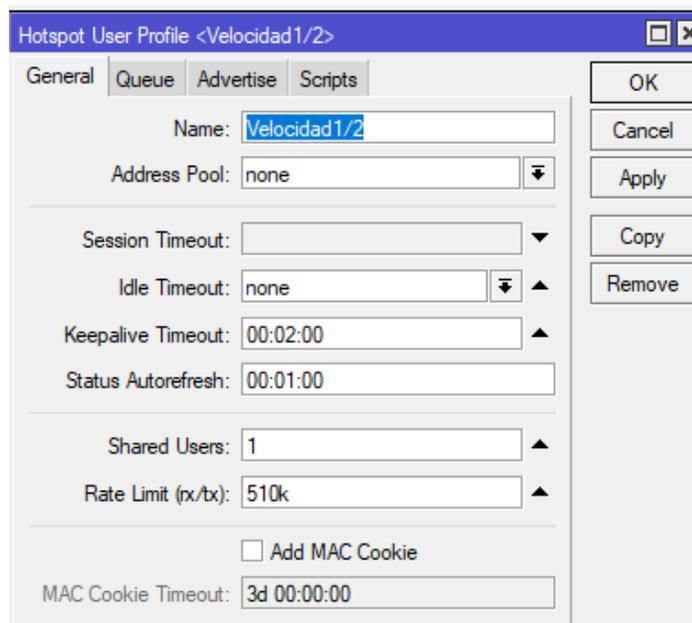


Figura 94. Configuración del perfil del usuario

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora seleccionar la pestaña *Sever Profiles*, y hacer doble click sobre el perfil que se creó por defecto en este caso se llama *hsprof1*, después que se despliega la nueva ventana click en la pestaña *Login* una vez dentro en los cuadros de selección marcar HTTP CHAP esta opción sirve para que el RouterBoard espere la información del usuario de manera que nunca envía contraseñas en texto plano, también seleccionar la opción *trial* siendo esta la más importante, ya que esta opción nos habilita la configuración siguiente, que nos da la función de poder especificar el tiempo de uso de cada usuario y en que intervalos de tiempo no podrá acceder a la red, entonces en este caso darle un tiempo de uso de **30 minutos** por usuario en el cuadro *Trial Uptime Limit*, en un intervalo de 2 horas en el cuadro *Trial Uptime Reset* para que pueda volver a ingresar al servicio una vez cumplido el tiempo determinado y por último en la opción *Trial User Profile* seleccionar el perfil de usuario que se creó anteriormente en nuestro caso se llama *Velocidad1/2*, click en *Apply* y click en *OK*.

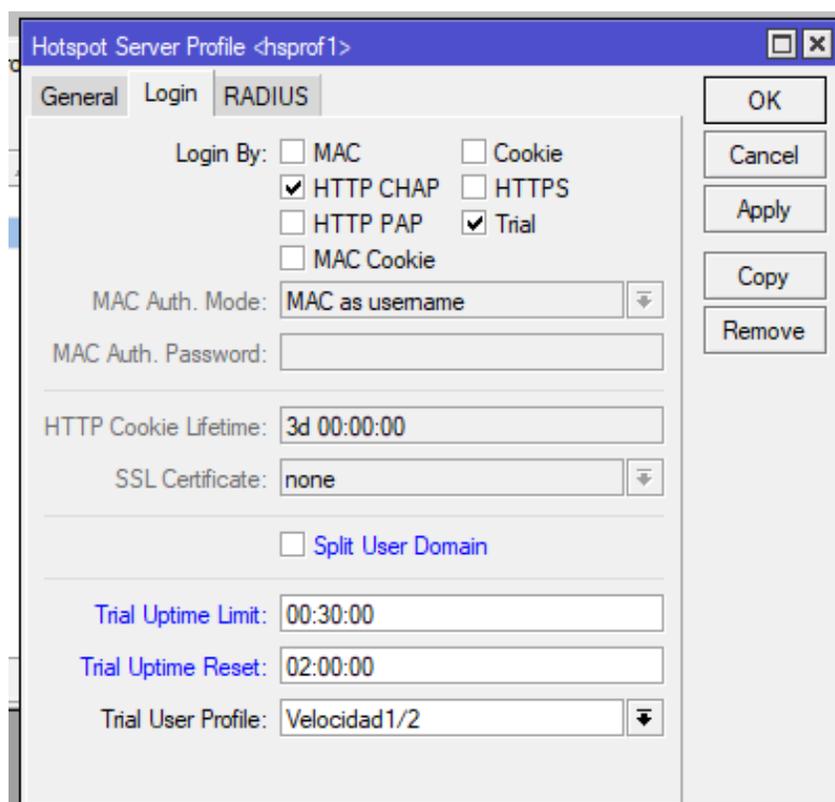


Figura 95. Configuración del tiempo de acceso

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Una vez configurado completamente el portal cautivo (hotspot) funcionará correctamente.

g. Personalización del portal cautivo (Hotspot)

La página de inicio de sesión del portal cautivo (hotspot) que se muestra por defecto no es llamativa a la vista de los usuarios por ello se decide modificarlo para que el usuario pueda conocer quiénes somos y ¿por qué? hacemos este proyecto.

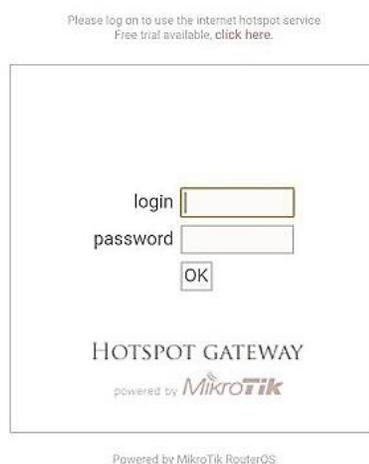


Figura 96. Página de Inicio del hotspot por defecto

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Entonces lo primero que tenemos que hacer es escoger alguna plantilla acorde a nuestro proyecto, los modelos de plantillas que existen se las puede descargar en la página web oficial de mikrotik: <https://mikrotikthemes.airpoint.club/>.

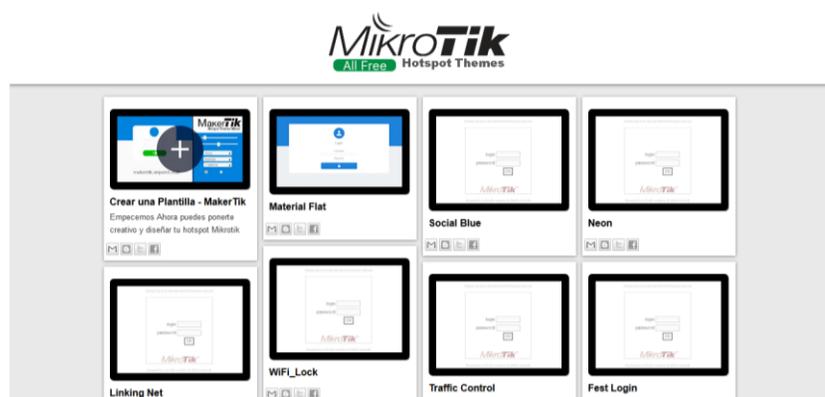


Figura 97. Página web de plantillas gratuitas

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Después de seleccionar algún modelo en especial, proceder a personalizarlo con la herramienta DreamViewer.

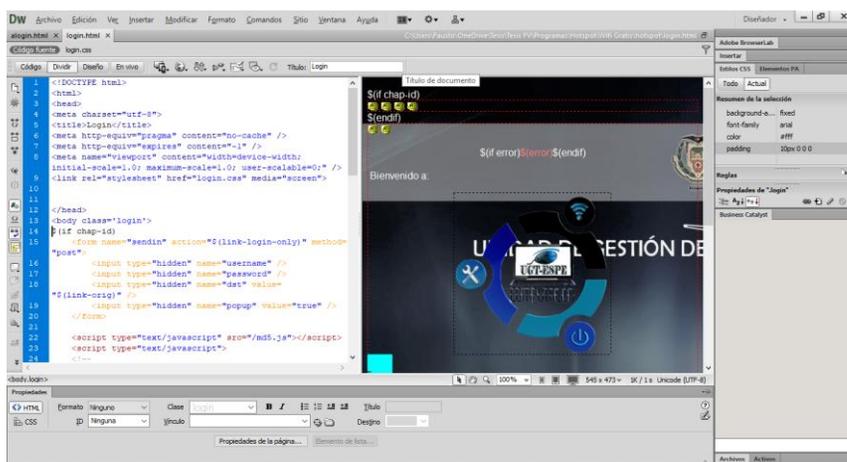


Figura 98. Personalización de la página web

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

El portal cautivo también da una opción adicional, la cual es redireccionar a una página en especial al momento que ingresar a la red, por ello se procedió colocar la página de nuestra carrera, para que los usuarios vean la capacidad de emprendimiento e innovación que pueden lograr los estudiantes de nuestra universidad.

Abrir el archivo llamado *alogin.html*, ubicado en la carpeta que contiene toda la plantilla del portal cautivo, una vez abierto buscar en el código, la propiedad *location.href* una vez encontrada se modifica la dirección que se encuentre dentro de las comillas en este caso colocaremos '*https://redestel-ugt.espe.edu.ec/*' y después guarda los cambios.

```
idif)location.href = 'https://redestel-ugt.espe.edu.ec/',500;
```

Figura 99. Código fuente de la página de inicio

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Al terminar de modificar la página de inicio del portal cautivo al gusto con la herramienta DreamViewer, guardar todos los cambios y proceder a colocarlo al RouterBoard.

Acceder al RouterBoard y hacer click en la opción de la pantalla principal que se llama *File*, una vez que se abre una ventana proceder a seleccionar la carpeta que se encuentra en su interior llamada *hotspot* y después hacer click en el botón del símbolo menos “-” esto borra la página de inicio del hotspot que viene por defecto.

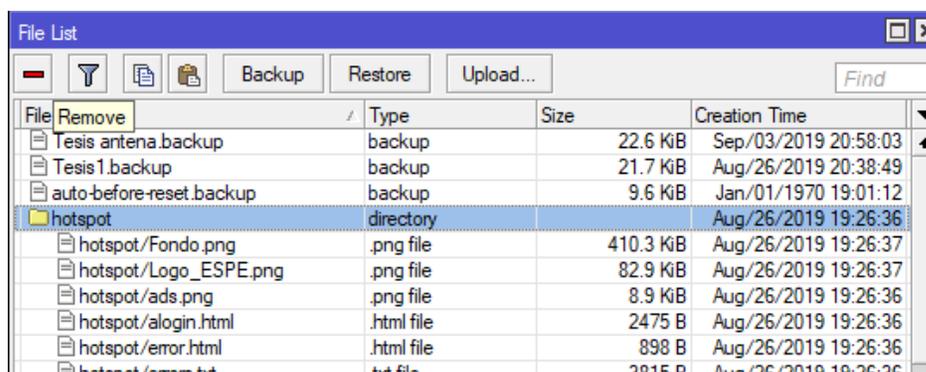


Figura 100. Borrado de la carpeta del hotspot

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

En este momento el RouterBoard no posee página de inicio para el hotspot, entonces buscar la carpeta llamada hotspot de la plantilla que se descarga y modifica de internet, con el mouse se arrastra a su interior de tal manera que se guarda en el dispositivo.

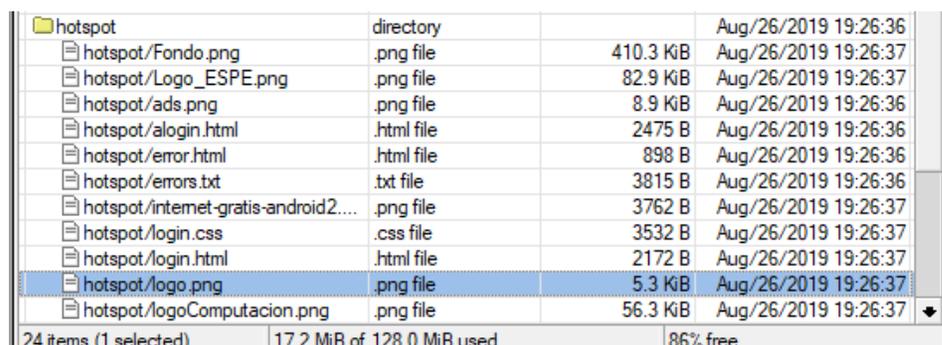


Figura 101. Ingreso de los nuevos archivos al dispositivo

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Al terminar la configuración, ya está completamente configurado el portal cautivo (Hotspot).



Figura 102. Nueva página de inicio para el portal cautivo

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

3.4.2 Configuración de las antenas para el radio enlace

Ahora proceder a realizar la configuración de las antenas, para que el enlace punto a punto se realice satisfactoriamente antes de colocar los equipos en su lugar correspondiente.

a. Configuración de la tarjeta de red para acceder a la antena

Las antenas Ubiquiti vienen configurado por defecto con la dirección IP 192.168.1.20/24, para acceder al panel de configuración de las antenas, conectar directamente al puerto de red de la computadora con el cable Ethernet, debido a que las antenas no cuentan con servidor DHCP, configurar manualmente.

Acceder a la configuración de la antena haciendo click derecho en el icono de red de nuestra computadora, click en *Abrir configuración de red e Internet*, una vez abierta la nueva ventana hacer click en *Cambiar opciones de Adaptador* se abre otra ventana, click derecho sobre el controlador de red y click en *Propiedades*, al desplegarse la nueva ventana hacer doble click sobre la opción

Internet versión 4 y escribir una dirección en el rango de **192.168.1.1/24** siempre y cuando no sea la dirección 192.168.1.20/24, ya que esta dirección es de la antena.

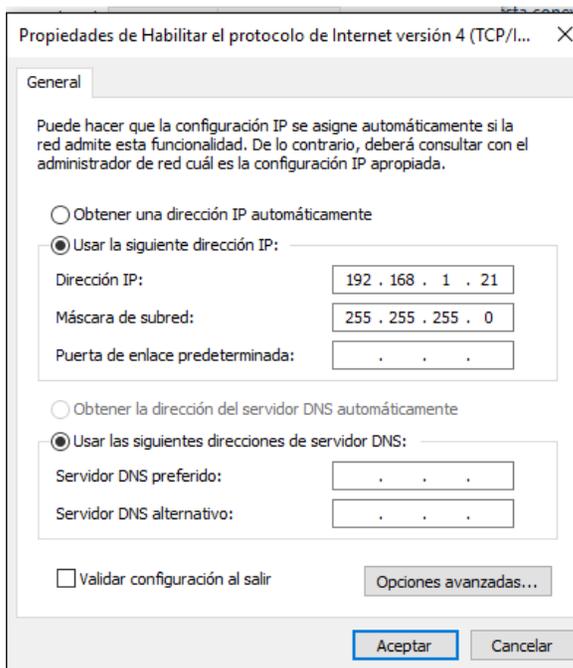


Figura 103. Configuración del adaptador de red manualmente

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Al realizar la configuración de red de nuestra PC, ingresar al explorador de internet, en la barra de direcciones, escribir **192.168.1.20** y presionar Enter. En el explorador se muestra dos recuadros para ingresar *usuario* y *contraseña*, los cuales por defecto son **ubnt** en ambos recuadros y después ingresar haciendo click en Iniciar Sesión.



Figura 104. Inicio de sesión de la antena

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Al terminar ingresamos a la configuración principal de la antena.

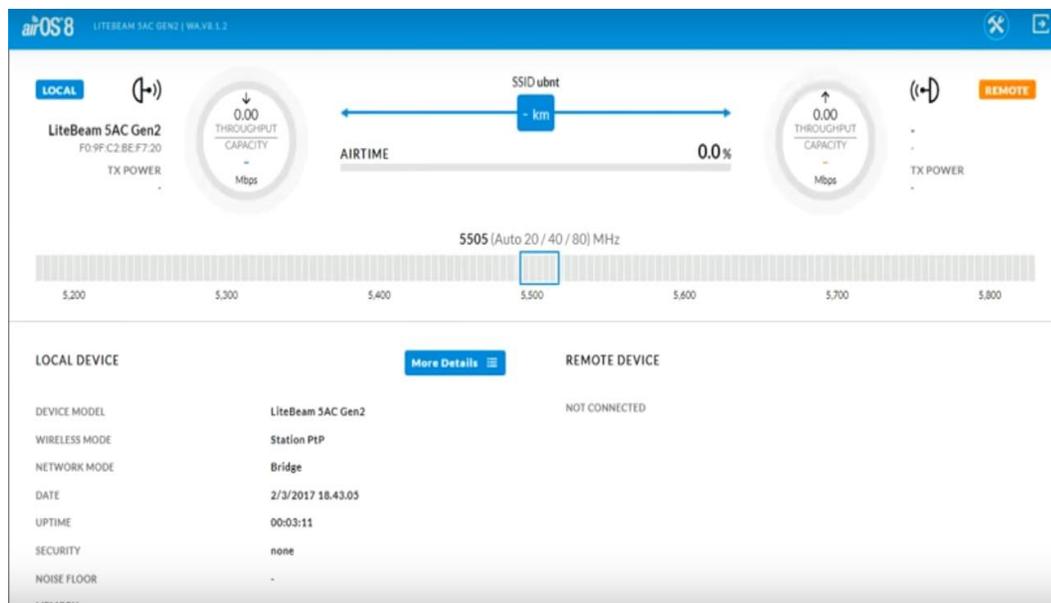


Figura 105. Pantalla de inicio de la configuración de la antena

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

b. Configuración de la antena **R_Enlace_Urbina**

Después de acceder al menú principal de la antena proceder a realizar la configuración de la misma haciendo click en el icono de Configuración, ubicada en el lado izquierdo de la pantalla.

En esta ventana en la opción Modo inalámbrico seleccionar *Access Point PtP*, en SSID escribir el nombre de la antena en nuestro caso es **R_Enlace_Urbina** esto será de mucha utilidad para poder encontrar la señal que nos emitirá la antena.

Ahora se procede a seleccionar un ancho de canal en el menú desplegable. Nota: como principio, canales más anchos son mejores para enlaces de corta distancia, mientras que canales más cortos son los más adecuados para enlaces a larga distancia (SYSCOM, 2019), por ello seleccionar el canal de *10MHz*.

Seleccionar una frecuencia en la que la AP puede transmitir. Nota: Si bien es opcional, agregar canales a la lista de frecuencia especifica posibles frecuencias en el que el AP puede transmitir. Cuando se selecciona *Automático*, el AP escanea todas las frecuencias posibles y selecciona el

canal más claro en el tiempo de arranque para iniciar la difusión. Nota: Debido a la frecuencia disponible / configuración del canal dependen de la región, asegúrese de que el código de país correcto está seleccionado en tiempo de configuración inicial (SYSCOM, 2019).

Desactivar la opción *CALCULAR LÍMITE DE PIRE*, esto permite a la antena usar la *POTENCIA DE SALIDA* a toda su capacidad en este caso a *24 dBm*.

Los demás datos se los deja por defecto ya que no tiene mucha relevancia y además la antena los calcula automáticamente.

Figura 106. Configuración Inalámbrica Básica

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora proceder a configurar la Seguridad inalámbrica de las antenas para que algún intruso no pueda acceder a la red y realizar algún tipo de cambio, para ello seleccionar *WPA2-PSK* con cifrado *AES* y escribir alguna contraseña que se recuerde fácilmente. Los demás ajustes de igual manera dejar por defecto.

Figura 107. Seguridad Inalámbrica

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Una vez realizada la configuración seleccionar la otra pestaña llama *Red* una vez dentro cerciorarse que el Rol de la red se encuentre en *modo Bridge o Puente*, ya que esto da el paso para poder recibir el internet desde el proveedor.

Según la *figura 45* de asignación de nombres y IPs realizada anteriormente, configura la IP de acceso a la antena en este caso colocar la siguiente dirección **10.2.1.250**, con la puerta de enlace de nuestro router **10.2.1.1** . Los demás datos se dejan por defecto.

The screenshot shows a web-based configuration interface for a network device. It is divided into three main sections:

- Rol de la red:** A dropdown menu labeled 'MODO DE RED' is set to 'Puente (Bridge)'.
- Modo de Configuración:** A dropdown menu labeled 'MODO DE CONFIGURACIÓN' is set to 'Simple'.
- Configuración de Administración de red:** This section contains several fields and toggle switches:
 - DIRECCIÓN IP DE ADMINISTRACIÓN:** Radio buttons for 'DHCP' and 'ESTÁTICA' (selected).
 - DIRECCIÓN IP:** Text input field containing '10.2.1.250'.
 - MÁSCARA DE RED:** Text input field containing '255.255.255.0'.
 - IP DE LA PUERTA DE ACCESO:** Text input field containing '10.2.1.1'.
 - IP DEL DNS PRINCIPAL:** Text input field containing '10.2.1.1'.
 - STP:** Toggle switch set to 'OFF'.
 - VLAN DE ADMINISTRACIÓN:** Toggle switch set to 'OFF'.
 - IP ALIASING AUTOMÁTIC:** Toggle switch set to 'ON'.
 - DHCP OPTION 82:** Toggle switch set to 'OFF'.
 - IPV6:** Toggle switch set to 'OFF'.

Figura 108. Configuración de la red

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Para mejorar la administración de las antenas dirigirse a la pestaña *Sistema* y cambiar el nombre de la antena por el nombre asignado anteriormente en este caso es **R_Enlace_Urbina**.

Dispositivo

The screenshot shows a web-based configuration interface for a device. It is divided into two main sections:

- DEVICE MODEL:** LBE-5AC-GEN2
- NOMBRE DEL DISPOSITIVO:** Text input field containing 'R_Enlace_Urbina'.
- IDIOMA DE LA INTERFAZ:** Dropdown menu set to 'Español'.

Figura 109. Nombre del dispositivo

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Los demás datos dejar por defecto y ahora si proceder a guardar todos los cambios realizados anteriormente, hacer click en Save Changes. La AP se reinicia y comienza a difundir el SSID a estaciones cercanas de 5GHz.

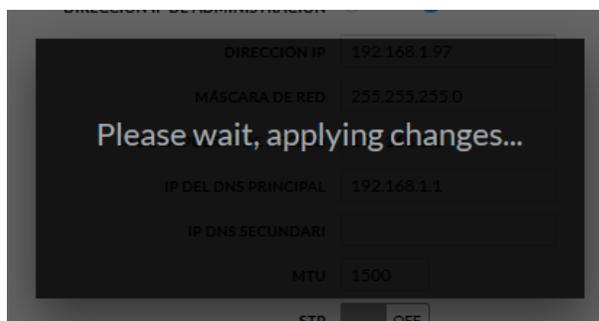


Figura 110. Notificación de guardado

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Al terminar la configuración ya tenemos terminada la primera parte del enlace PtP.

c. Configuración de la antena R_Enlace_Parque

Al acceder al menú principal de la antena proceder a realizar la configuración de la misma haciendo click en el icono de Configuración, ubicada en el lado izquierdo de la pantalla.

En esta ventana en la opción Modo inalámbrico seleccionar *Station PtP*, luego proceder a asignar un SSID que empareja para la estación o utilice la herramienta de encuesta del sitio para encontrar un SSID correspondiente a la que asociará a la estación. La herramienta de encuesta del sitio es un método más preciso para unir un AP. Esta herramienta escanea el espectro de frecuencias disponibles, entonces muestra información como el SSID, MAC dirección y señal de los niveles de todos cerca de APs (SYSCOM, 2019). En este caso seleccionar *R_Enlace_Urbina*, y después seleccionar Fijar al punto de acceso ya que esto da más seguridad para el PtP.

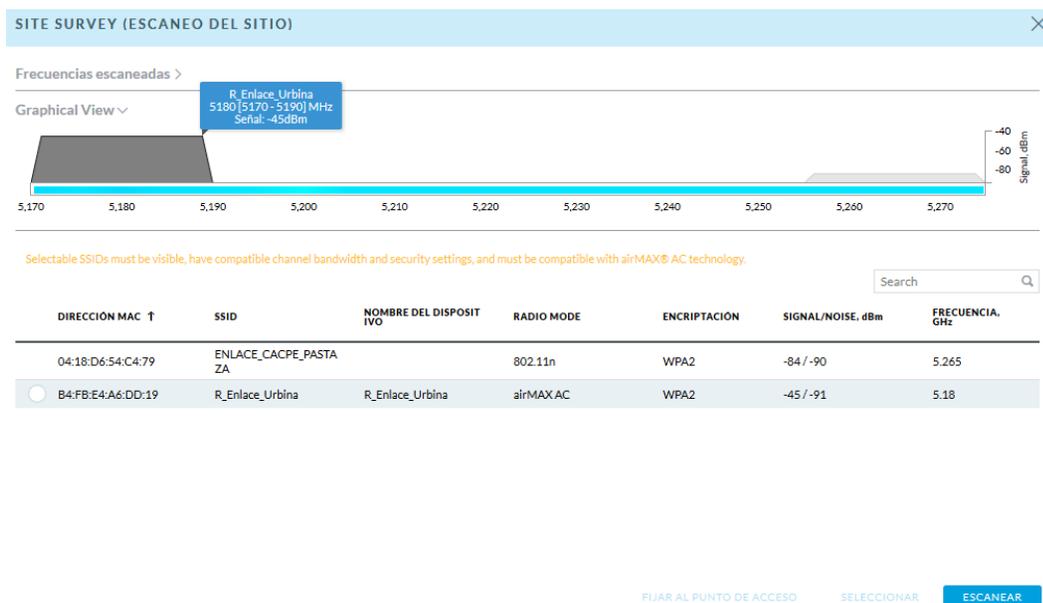


Figura 111. Herramienta de escaneo de redes 5GHz

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora proceder a seleccionar un ancho de canal en el menú desplegable. El ancho de canal debe también coincidir con la de la AP que se configuró anteriormente en nuestro caso es de 10 MHz. Los demás datos los dejar por defecto.

The screenshot shows the 'Configuración Inalámbrica Básica' configuration page. The settings are as follows:

- MODO INALÁMBRICO [?]: Station PtP
- SSID: R_Enlace_Urbina
- FIJAR A LA MAC DEL PUNTO DE ACCES: 74:83:C2:A4:5D:BC
- PAÍS: Ecuador
- ANCHO DEL CANAL: 10 MHz
- AUTO CHANNEL WIDTH [?]: OFF
- CONTROL FREQUENCY SCAN LIST, MHz: OFF
- ANTENA: 23 - 23 dBi
- CALCULAR LÍMITE DE PIRE: OFF
- GANANCIA DE LA ANTENA: 23 dBi
- POTENCIA DE SALIDA: 24 dBm
- AUTO ADJUST DISTANCE: ON
- DISTANCIA [?]: 0.4 mi. 0.6 km
- MAX TX DATA RATE: Automático
- DATA RATE MODULE: Default

Figura 112. Configuración Inalámbrica de la Estación

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Se debe asignar una clave de acceso inalámbrico para asegurar las interfaces inalámbricas del enlace PtP. Esto también debe coincidir la configuración de seguridad definida en el AP.

Seguridad Inalámbrica

SEGURIDAD

AUTENTICACIÓN WPA

CLAVE PRE-COMPARTIDA WPA

Figura 113. Seguridad Inalámbrica de la Estación

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Una vez realizada la configuración seleccionar la otra pestaña llama *Red* una vez dentro cerciorarse que el rol de la red se encuentre en modo *Bridge o Puente*, ya que esto da el paso para poder recibir el internet desde el proveedor de internet.

Según la *tabla 11* de asignación de nombres y IPs realizada anteriormente, configurar la IP de acceso a la antena en este caso se coloca la siguiente dirección **10.2.1.249**, con la puerta de enlace del Router **10.2.1.1**. Los demás datos se los deja por defecto.

Rol de la red

MODO DE RED

Modo de Configuración

MODO DE CONFIGURACIÓN

Configuración de Administración de red

DIRECCIÓN IP DE ADMINISTRACIÓN DHCP ESTÁTICA

DIRECCIÓN IP

MÁSCARA DE RED

IP DE LA PUERTA DE ACCESO

IP DEL DNS PRINCIPAL

IP DNS SECUNDARI

MTU

STP OFF

VLAN DE ADMINISTRACIÓN OFF

IP ALIASING AUTOMÁTIC ON

DHCP OPTION 82 OFF

IPV6 OFF

Figura 114. Configuración de red

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Para mejorar la administración de las antenas proceder a la pestaña *Sistema* y cambiar el nombre de la antena por el nombre asignado anteriormente en este caso es **R_Enlace_Parque**.

Dispositivo

DEVICE MODEL	LBE-5AC-GEN2
NOMBRE DEL DISPOSITIVO	<input type="text" value="R_Enlace_Parque"/>
IDIOMA DE LA INTERFAZ	<input type="text" value="Español"/> ▼

Figura 115. Nombre del dispositivo estación

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Los demás datos dejar por defecto y ahora si proceder a guardar todos los cambios realizados anteriormente, haciendo click en *Save Changes*.

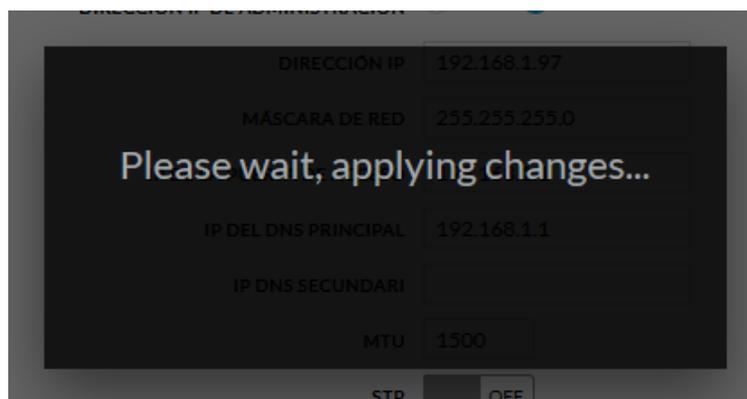


Figura 116. Notificación de guardado

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

La Estación se reinicia y da acceso a internet en nuestra PC, de esta manera se comprueba que la conexión de las antenas se realiza correctamente.

3.4.3 Configuración de las antenas de distribución

Ahora proceder a realizar la configuración de las antenas, para que la distribución de la señal wifi se compruebe antes de colocar los equipos en su lugar correspondiente.

a. Configuración de la tarjeta de red para acceder a la antena

Las antenas Ubiquiti vienen configurado por defecto con la dirección IP 192.168.1.20, para poder acceder al panel de configuración de las antenas, conectar directamente al puerto de red de la computadora con el cable Ethernet, debido a que las antenas no cuentan con servidor DHCP, configurar manualmente y para ello seguir los mismos pasos especificados en el punto 3.4.2.a realizado anteriormente para la configuración del radio enlace.

b. Configuración de la antena AP_Parque 1 y 2

Después de acceder al menú principal de la antena proceder a realizar la configuración de la misma haciendo click en el icono de *Wireless*, ubicada en la parte superior de la pantalla.

En esta ventana en la opción Modo inalámbrico seleccionar *Punto de acceso*, más a delante se encuentra la opción SSID escribir **ESPE**, luego dirigirse a la opción *Ancho de banda* seleccionar *20 Mhz* siendo este el más adecuado para la implementación, se procede a cambiar el *Código del país* por *United States* debido a que seleccionando este código se aprovecha la potencia máxima de salida de la antena, también se procede a seleccionar la frecuencia más adecuada para la transmisión y las demás opciones se dejan por defecto tomando en cuenta que la red es una red abierta por lo que no tiene ningún tipo de seguridad para continuar al siguiente paso click en *Cambiar*.

The screenshot displays the wireless configuration interface for a Ubiquiti device. The settings are as follows:

- Modo inalámbrico: Punto de acceso (dropdown)
- WDS (Modo puente transparente): Activar
- SSID: ESPE (text input) Ocultar SSID
- Código del país: United States (dropdown)
- Modo IEEE 802.11: B/G/N mezclado (dropdown)
- Ancho de canal: 20 MHz (dropdown)
- Lista de frecuencias, MHz: 2442 (dropdown)
- Canal de extensión: Ninguno (dropdown)
- Lista de frecuencias, MHz: Activar
- Calcular límite EIRP: Activar
- Antena: Built in (2x2) - 8 dBi (dropdown)
- Potencia de salida: 23 dBm (slider)
- Módulo de velocidad de datos: Predeterminado (dropdown)
- Índice TX máx., Mbps: MCS 15 - 130/144.4 (dropdown) Auto

Figura 117. Configuración Wireless del NS M2 loco

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora seleccionar la pestaña llamada *Network* y verificar que el Modo de máscara de red se encuentre seleccionado *Puente* y también en Desactivar red esté seleccionado *Ninguno*. Una vez verificado más adelante se encuentra la opción para cambiar la dirección IP de la antena en este caso escribir la dirección correspondiente **192.168.1.101** y las demás opciones las dejar por defecto y click en *Cambiar*.

Figura 118. Configuración Network del NS M2 loco

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Para que los dispositivos clientes o usuarios se puedan conectar a la antena desactivar la tecnología *airMax* debido a que los teléfonos y laptops no cuentan con esta tecnología propia de Ubiquiti, para ello dirigirse a la ventana que tiene el slogan de Ubiquiti y dentro de ella dirigirse a la opción *airMax* y desactivarlo, después click en *Cambiar*.

 Activar' and 'Modo de enlace punto a punto rango largo: [?] '. Both checkboxes are currently unchecked."/>

Figura 119. Menú Ubiquiti

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Para facilitar la administración de las antenas de distribución proceder a cambiarle de nombre para ello dirigirse a la pestaña *System* y en la opción Nombre del dispositivo escribimos *AP_Parque1*, click en *Cambiar* y para guardar todos los cambios realizados click en *Aplicar* y esperar que se guarden todos los cambios.

The screenshot displays the configuration page for the NS M2 loco, specifically the 'System' tab. The page is organized into several functional areas:

- Actualización de firmware:** Shows the current firmware version as XW.v5.6.12 and the compilation number as 30039. There is a 'Cargar firmware' section with an 'Examinar...' button and a note that no file has been selected. Below this, there is a checkbox for 'Activar' (checked) and a 'Buscar ahora' button.
- Dispositivo:** This section is highlighted. It contains a text input field for 'Nombre de dispositivo' with the value 'AP_Parque1', a dropdown menu for 'Idioma de la interfaz' set to 'Español', a 'Zona horaria' dropdown set to '(GMT) Western Europe TI', and two 'Fecha de inicio' fields, one with an 'Activar' checkbox.
- Ajustes de la fecha:** This section is partially visible, overlapping with the 'Dispositivo' section.
- Cuentas del sistema:** Contains a text input for 'Nombre de usuario del administrador' with the value 'ubnt' and a search icon. Below it is a checkbox for 'Cuenta de solo lectura' (unchecked) and an 'Activar' checkbox.
- Varios:** Contains a checkbox for 'Botón de reinicio' (checked) and an 'Activar' checkbox.
- Ubicación:** Contains two empty text input fields for 'Latitud' and 'Longitud'.

A 'Cambiar' button is located at the bottom right of the configuration area.

Figura 120. Configuración System del NS M2 loco

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Ahora proceder a realizar la misma configuración a la otra antena debido que son las mismas, siempre y cuando cambiando el nombre a *AP_Parque2*, dirección IP *192.168.1.102* de acuerdo al Direccionamiento realizado anteriormente y el SSID *ESPE FREE*.

Terminada la configuración proceder a colocar todos los equipos configurados a su lugar correspondiente

3.4.4 Ubicación de los equipos

Una vez configurado el portal cautivo (Hotspot), las antenas para el radio enlace y los equipos de distribución, se ubica todos los equipos en los lugares correspondientes para poder brindar el servicio de internet a los usuarios del parque.

a. Torres

Las torres del radio enlace son muy importantes tal y como se realiza en la representación a través del software de Radio Mobile, se procedió a colocar dos torres de una altura de 6m en cada nodo debido a que esto facilita mucho la línea de vista directa de las antenas y mejora mucho la zona fresnel de la antena mejorando la conectividad entre ellas.



Figura 121. Torres del radio enlace

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

b. Antenas

En la *figura 122* se muestra las antenas del radio enlace en su lugar correspondiente, con línea de vista directa entre ellas, también visualiza las antenas de acceso en dirección al parque central, como se realiza en el diseño de la *figura 56*.



Figura 122. Antenas de distribución

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)



Figura 123. Antenas de acceso

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

c. Energía Eléctrica

Para el suministro de energía de los equipos, se utilizan una fuente de alimentación eléctrica de corriente alterna de 110 voltios, distribuida a través del cable Ethernet o Poe hacia los equipos. Todos los dispositivos mencionados se encuentran dentro de una caja térmica protegida por una llave como se muestra en la *figura 124*.



Figura 124. Caja de energía eléctrica

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

d. Nodo central del proyecto

Ubicado sobre un cerro en la parroquia Urbina en Píllaro se encuentra el nodo principal, el cual posee todas las seguridades necesarias para proteger todos los equipos.



Figura 125. Nodo central – Urbina

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

e. Estación Receptora

Ubicada en frente al parque central de Píllaro, está un edificio en donde se encuentra ubicado todos los dispositivos del nodo – parque como se ve en la *figura 56* el cual debido a su altura facilita la recepción de la señal del nodo central y de igual manera también facilita mucho para emitir la señal al parque central.



Figura 126. Estación receptora – Parque central

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

3.5 MONITOREO Y ANÁLISIS DE LA RED

3.5.1 Ejecución de pruebas

Después de realizar la instalación y configuración de todos los equipos procedemos a verificar mediante pruebas el óptimo funcionamiento de la red.

La prueba que se realiza es en el radio enlace del nodo principal ubicado en Urbina hasta el siguiente nodo que se encuentra en el parque central de Pillaro, debido a que las antenas son del mismo tipo se obtendrán resultados similares en ambos lados.

3.5.2 Parámetros de evaluación

Para poder comprobar el óptimo funcionamiento de la red se ha considerado los siguientes parámetros importantes que muestran la operatividad de la red:

- Señal recibida.
- Ping y Paquetes perdidos
- Test de ancho de Banda y Throughput
- Tasa de transmisión de la interfaz
- Jitter
- Disponibilidad de la red

a. Señal Recibida

La señal recibida indica la cantidad de intensidad de señal recibida para ello la antena posee una herramienta interna que permite medir este valor en tiempo real para poder identificar algún inconveniente en caso de pérdida como se muestra en la *figura 127*.



Figura 127. Intensidad de señal

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

b. Ping y Paquetes perdidos

El ping es una aplicación que se encuentra en todos los sistemas operativos por defecto y en este caso se encuentra en la antena, utiliza un protocolo llamado ICMP (Internet Control Message Protocol) sirve para indicar que un host no puede ser localizado o algún servicio solicitado no se encuentra disponible.

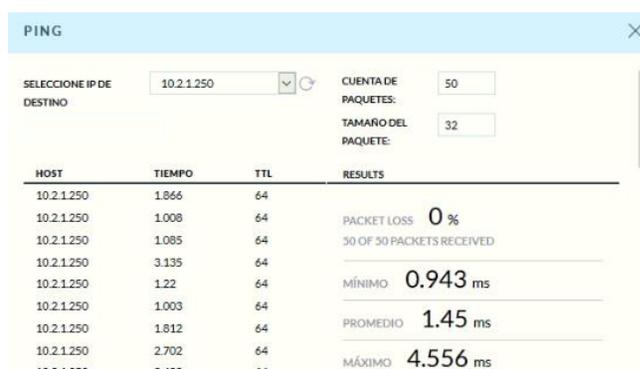


Figura 128. Ping R_Enlace_Parque - R_Enlace_Urbina

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

c. Test de ancho de Banda y Throughput

El Throughput es la capacidad efectiva de transferencia de datos sobre el enlace, para ello se verifica usando la herramienta que se encuentra internamente en la antena además que también ayuda a medir el ancho de banda que dispone el enlace. En la *figura 129* podemos identificar de color celeste y verde en el fondo la capacidad de recepción y transmisión de datos respectivamente, también podemos observar en la línea celeste y verde la throughput de recepción y transmisión respectivamente.

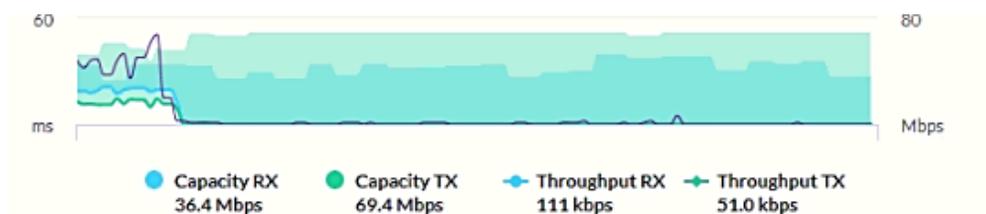


Figura 129. Ancho de Banda y Throughput

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

d. Tasa de transmisión de la interfaz

La velocidad de transmisión de datos mide el tiempo que tarda un host o un servidor en poner en la línea de transmisión el paquete de datos a enviar, de igual manera se calcula a través de las herramientas que posee la antenna, se mide en Mbps. En la *figura 130* podemos observar en el grafico la representación de los valores de la tasa de transmisión y recepción de datos representados por el color tomate y celeste respectivamente.



Figura 130. Tasa de transmisión

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

e. Jitter

La fluctuación o Jitter también se denomina técnicamente variación de retardo de paquetes. Esto se refiere a la variación en el tiempo de retardo en milisegundos (ms) entre paquetes de datos a través de una red. Esto es típicamente una interrupción en la secuencia normal de envío de paquetes de datos (Speedcheck, 2019).

Debido a que este parámetro influye de gran manera en el rendimiento de la red se monitorea en tiempo real. En la *figura 131* podemos notar que se encuentra una línea de color morado el cual representa la latencia de los paquetes enviados.

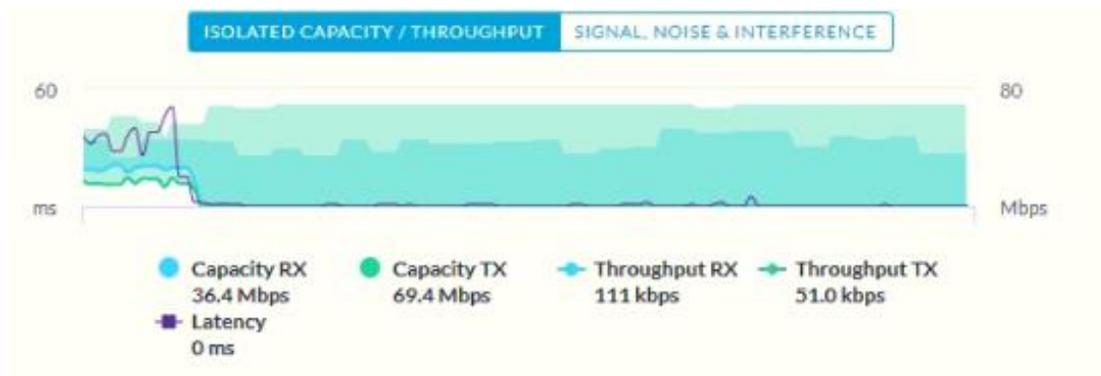


Figura 131. Resultados de Latencia

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

f. Portal Cautivo (Hotspot)

Se procede a realizar la comprobación del portal cautivo (hotspot) ingresando a la red desde un dispositivo móvil de un usuario, como podemos observar en la *figura 132* y *133*.



Figura 132. Página inicial del portal cautivo

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

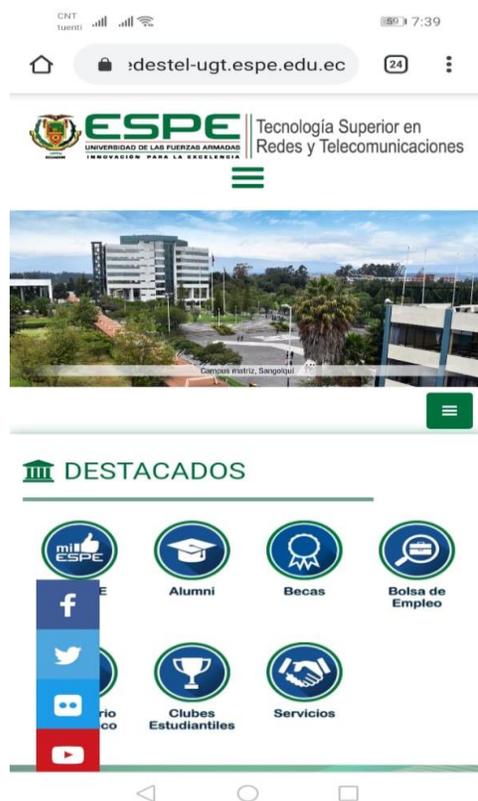


Figura 133. Página de inicio después de acceder a la red

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

g. Disponibilidad de la red

Los equipos MIKROTIK y UBIQUITI implementados en esta red tienen un MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) mayor a 100 000 (technocenter, 2019) y MTTR (Tiempo Medio Para Reparar) por lo cual el personal encargado de la red se compromete en solucionar alguna posible falla en un máximo de 24 horas tomando en cuenta los factores externos.

$$\mathbf{MTBF} = 100\ 000\ \text{h}$$

$$\mathbf{MTTR} = 24\ \text{h}$$

$$\text{Disponibilidad} = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) * 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 99.97\%$$

3.5.3 Análisis de resultados

a. Latencia y Paquetes perdidos

Después de obtener los resultados del PING que se realizó en R_Enlace_Parque hacia R_Enlace_Urbina se identifica lo siguiente:

Tabla 15

Análisis cualitativo del radio enlace

N° de paquetes enviados	Paquetes Perdidos (%)	Tiempo de respuesta		
		Min	Max	Promedio
50	0	0.943 ms	4.556 ms	1.45 ms

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Paquetes Perdidos

En los resultados de la *tabla 15* existe un 0% de paquetes perdidos esto indica que todos los paquetes fueron recibidos con éxito, en caso que si hubiera perdida lo aceptable según (Agudelo, 2015) es que no exista una perdida mayor que el 1% de los paquetes enviados en nuestro caso sería de 0.5 paquetes. Según los resultados obtenidos y los sugeridos podemos notar que la conexión está muy estable como se muestra en la *figura 134*.

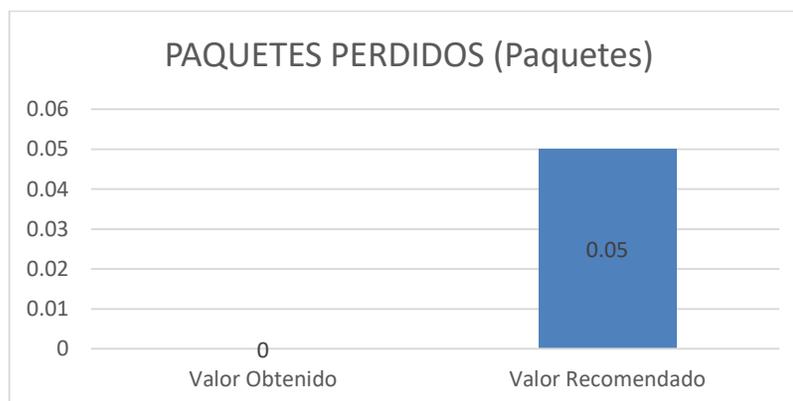


Figura 134. Paquetes perdidos

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Tiempo de respuesta

Otro factor importante relacionado con el ping, es el tiempo de respuesta obtenido al realizar el envío de paquetes, según los resultados obtenidos se tiene un tiempo promedio de 1.45 ms, según (Agudelo, 2015) un ping típico es menor a 200ms, para uso de streaming y juegos en línea es menor que 150ms y una conexión lenta es mayor que 250ms.

Según el resultado obtenido se puede notar que la conexión entre antenas trabajan de manera óptima, ya que el resultado obtenido es menor al tiempo de una conexión óptima como se muestra en la *figura 135*.

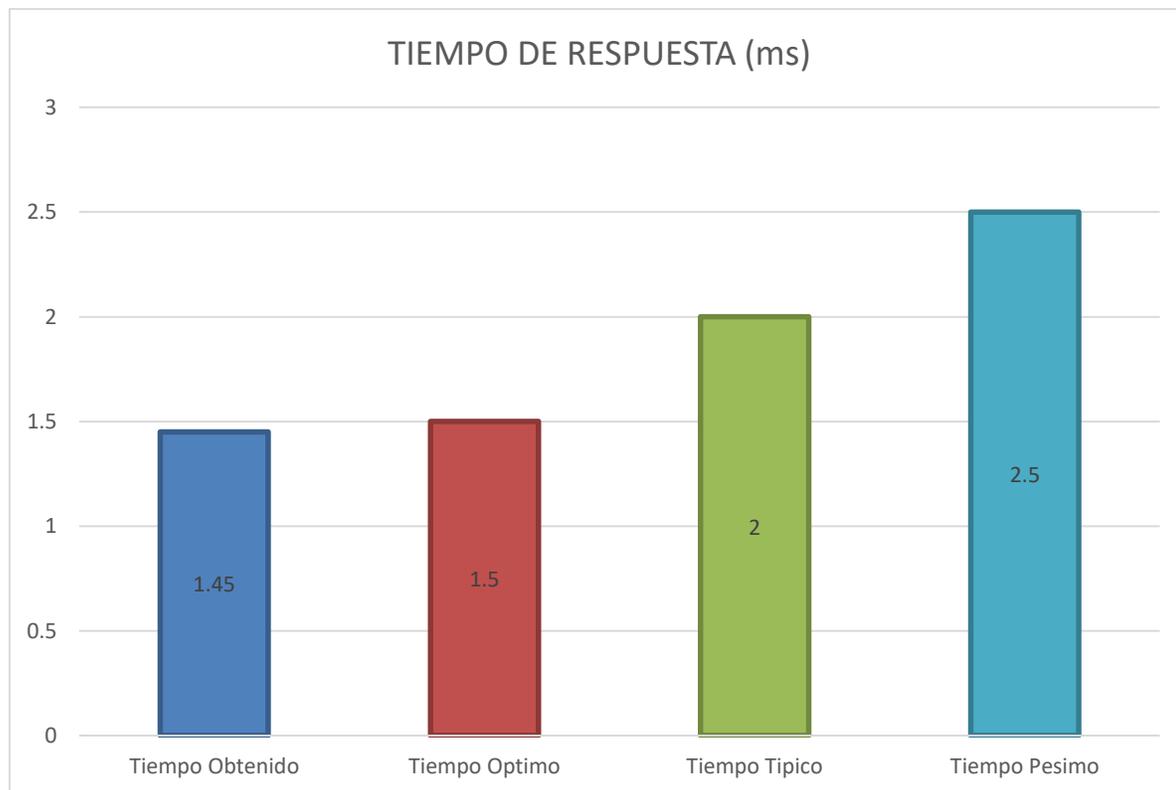


Figura 135. Tiempo de respuesta

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

b. Throughput

Para medir el Throughput se realiza el test de ancho de banda el cual nos dio los siguientes resultados:

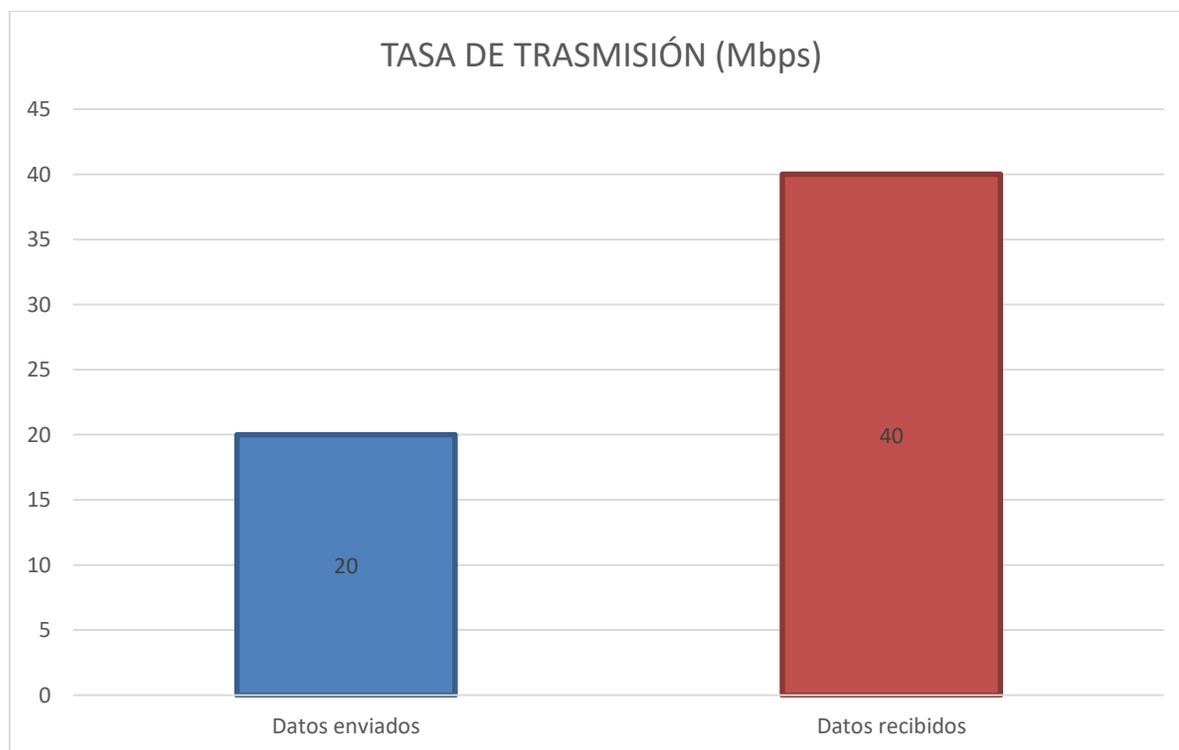
Tabla 16*Análisis cuantitativo Throughput*

Tasa de trasmisión (Mbps)		Intensidad de la señal (dBm)	Throughput (Kbps)	
TX	RX		TX	RX
24.59	42.12	-54 dBm	51.0	111

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

TASA DE TRASMISIÓN

Basados en los resultados obtenidos en la tasa de trasmisión, se puede enviar más de 20 Mbps y recibir más de 40 Mbps. Los resultados son muy satisfactorios ya en nuestro caso solo necesitamos la mitad del potencial de las antenas para poder transmitir el internet hacia el parque central.

**Figura 136.** Tasa de trasmisión

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

INTENSIDAD DE SEÑAL

La intensidad de la señal recibida se mide en escala de 0 a 80 dBm en valores negativos, siendo los valores negativos más cercanos a 0 una representación de mejor señal. Los valores recomendados según (Autonomous University of Puebla, 2019) entre -40 a -60 las tasas de transferencias son muy estables, de -70 a -80 es normal aunque en este nivel ya se tiene problemas en la transmisión de -80 en adelante ya se considera una señal mala.

Por ello basándonos en nuestros resultados obtenidos de -54 dBm podemos notar que nuestra señal es muy estable, asegurándonos una confiabilidad en envío y recepción de paquetes de datos.

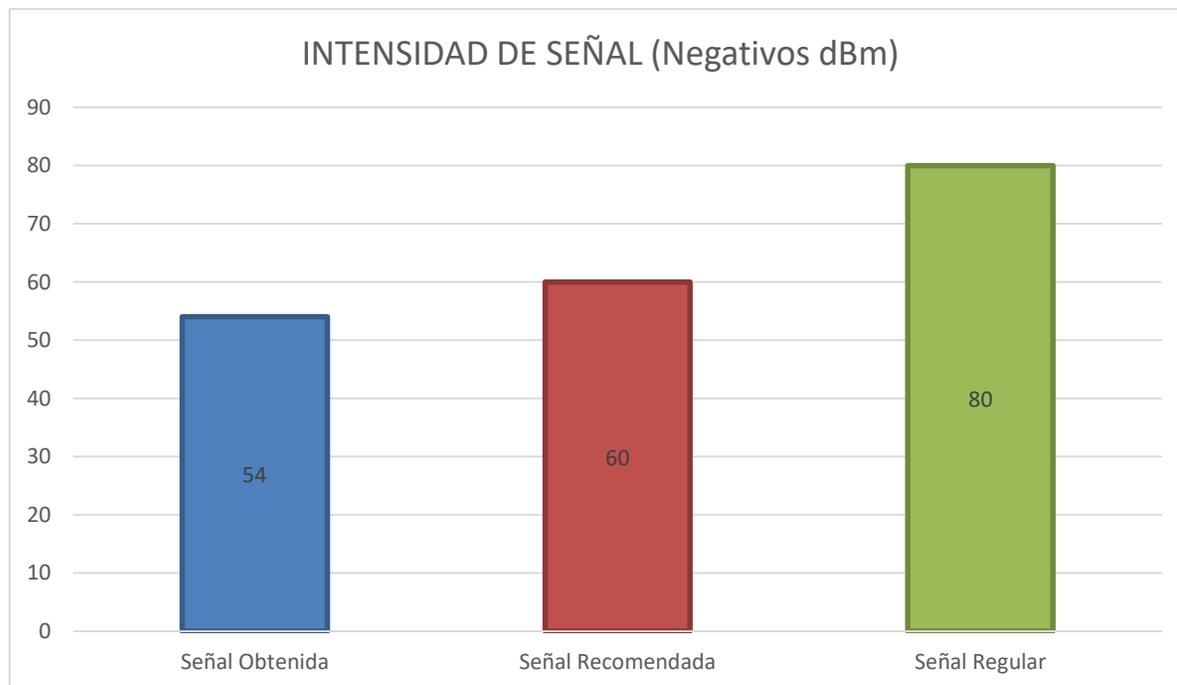


Figura 137. Intensidad de señal

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

THROUGHPUT

Al realizar el cálculo de throughput se obtuvieron los siguientes resultados, en envío 51 Kbps y recepción 111 Kbps, lo cual indica que estos valores son la cantidad de datos que fueron recibidos con éxito. Según las pruebas realizadas los datos que se obtuvieron son muy satisfactorios para el radio enlace.

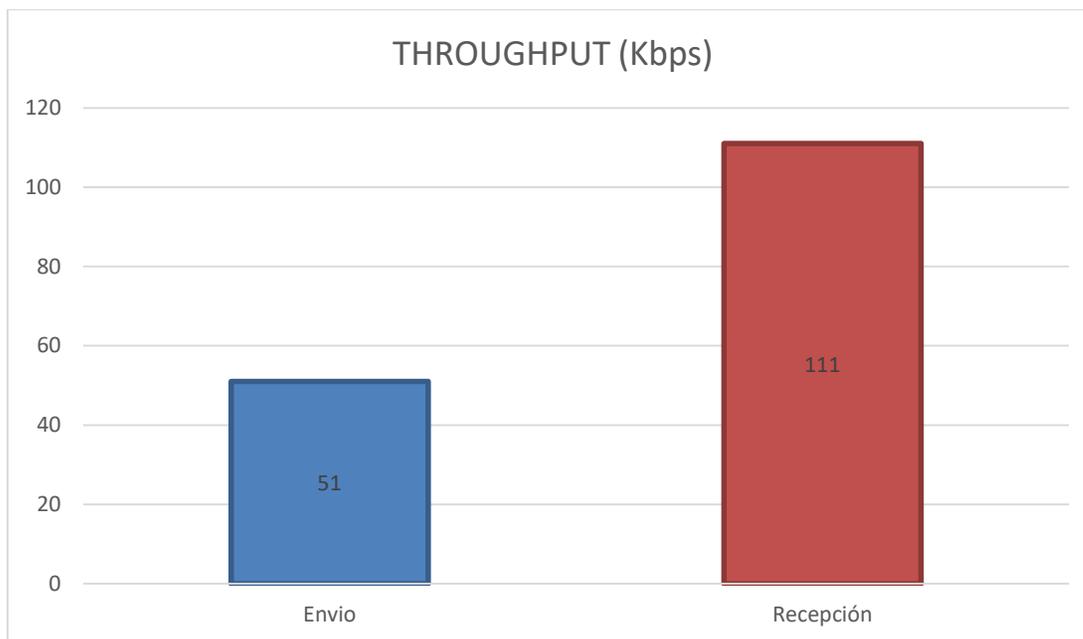


Figura 138. Throughput

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

c. Portal Cautivo (Hotspot)

Según los resultados obtenidos después de realizar las pruebas correspondientes con varios usuarios se comprobó que todos los parámetros anteriormente configurados se cumplen correctamente.

The screenshot shows the "Hotspot" management interface. The main window displays a table of users and their session details. The table has columns for "Server", "Name", "Address", "MAC Address", "Profile", and "Uptime". The "all" user is selected, and the "Uptime" column shows a value of "7d 02:13:01".

Server	Name	Address	MAC Address	Profile	Uptime
all	admin			default	7d 02:13:01
D hotspot1	T-DC:CF:96:EF:3C:30		DC:CF:96:EF:3C:30	Velocidad1/2	00:00:00
D hotspot1	T-58:C9:35:27:9D:2B		58:C9:35:27:9D:2B	Velocidad1/2	00:04:18
D hotspot1	T-88:9F:6F:79:3C:40		88:9F:6F:79:3C:40	Velocidad1/2	00:02:58
D hotspot1	T-E8:D5:B4:E5:F5:2A		E8:D5:B4:E5:F5:2A	Velocidad1/2	00:11:32
D hotspot1	T-E8:D5:B4:E5:F5:2A		E8:D5:B4:E5:F5:2A	Velocidad1/2	00:30:00
D hotspot1	T-14:A5:1A:6A:32:3F		14:A5:1A:6A:32:3F	Velocidad1/2	00:30:00
D hotspot1	T-20:2D:07:B6:93:9F		20:2D:07:B6:93:9F	Velocidad1/2	00:30:00
D hotspot1	T-90:06:28:5F:B8:5B		90:06:28:5F:B8:5B	Velocidad1/2	00:11:48
D hotspot1	T-0C:B5:27:79:FF:10		0C:B5:27:79:FF:10	Velocidad1/2	00:02:47
D hotspot1	T-88:BD:45:F3:8E:E6		88:BD:45:F3:8E:E6	Velocidad1/2	00:11:45
D hotspot1	T-3C:05:18:F7:7B:B9		3C:05:18:F7:7B:B9	Velocidad1/2	00:03:11
D hotspot1	T-A0:57:E3:69:27:18		A0:57:E3:69:27:18	Velocidad1/2	00:10:16
D hotspot1	T-A8:34:6A:FA:9D:F4		A8:34:6A:FA:9D:F4	Velocidad1/2	00:03:13

Figura 139. Bloqueo en tiempo de espera (2 horas por Usuario)

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

d. Antenas de distribución

Según los resultados obtenidos después de realizar las pruebas correspondientes en varios dispositivos, se comprobó que todos los usuarios que accedieron a las antenas no tienen ningún inconveniente respecto al rendimiento del internet y señal en sus dispositivos.

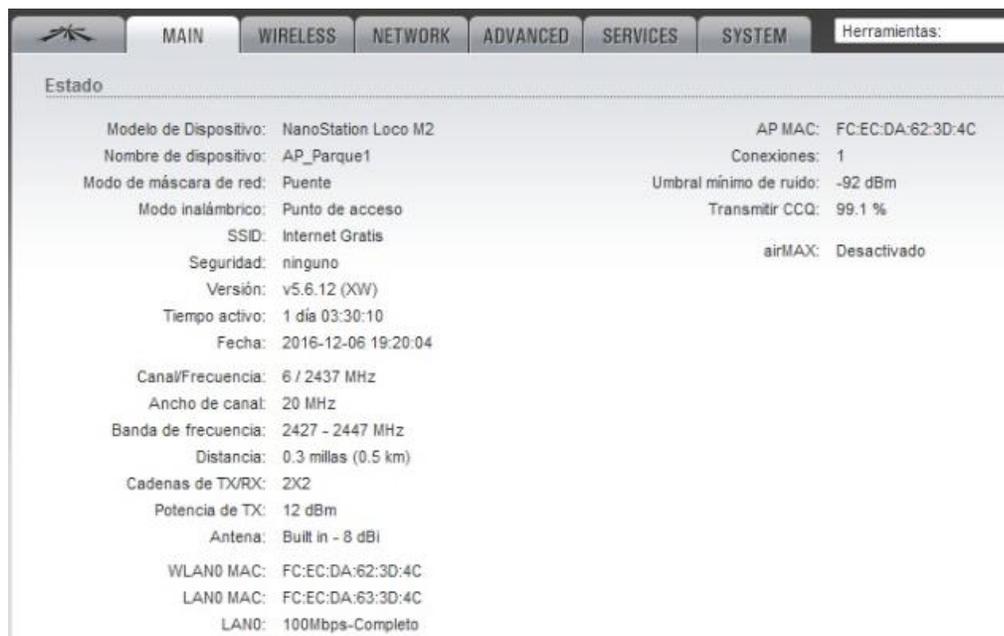


Figura 140. Antenas de distribución

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

e. Disponibilidad de la red

Según el resultado obtenido por la disponibilidad de red del 99.97% se puede interpretar en la *tabla 17* los tiempos de desconexión en minutos que tendrá la red en los siguientes lapsos de tiempo:

Tabla 17

Tiempo de desconexión en minutos

Disponibilidad	Por hora	Por día	Por mes	Por año
99.97%	0.018m	0.432m	12.96m	155m

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

f. Cobertura de las antenas de acceso

El mapa de calor demuestra la atenuación que sufre la señal WiFi cuando no está con línea de vista directa, también indica el nivel de cobertura que tiene las antenas de acceso para los usuarios que se encuentran en el parque.

Existen muchas aplicaciones las cuales diseñan mapas de calor, aunque todas son de pago y en otros casos no tienen las mismas características que los equipos usados en el proyecto, para solucionar este inconveniente se procedió a diseñar un mapa de calor basado en los resultados de la aplicación WiFiman. WiFiman es una aplicación móvil propia de Ubiquiti que proporciona un conjunto de herramientas para monitorear y analizar la cobertura de la red Wi-Fi. (Ubiquiti Networks, Inc, 2019).

Para el diseño del mapa de calor primeramente se procedió a tomar la pérdida de señal en dBm's de las antenas en varios puntos de referencia alrededor y dentro del parque con la aplicación WiFiman como se muestra en la *figura 141*.

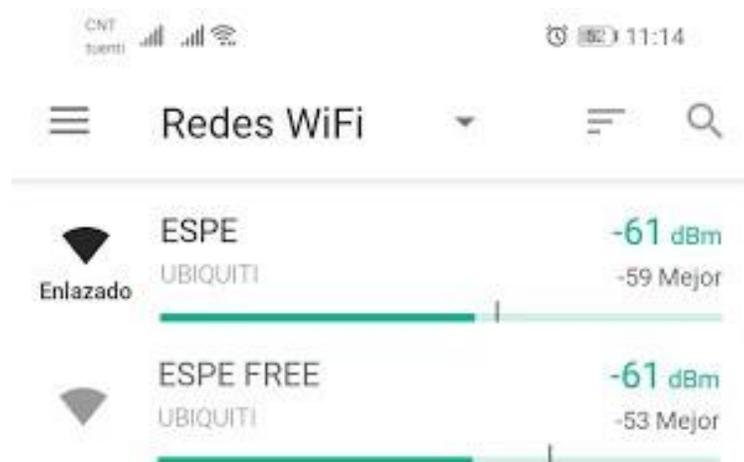


Figura 141. WiFiman cobertura

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Después de tomar todos los puntos de referencia de la señal en dBm's del parque, se procedió a diseñar el mapa de calor en base a los resultados obtenidos, dando como resultado la *figura 142*.



Figura 142. Cobertura de antenas de acceso

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

Como se puede observar en el mapa de calor de la *figura 142*, podemos concluir que existe cobertura en todo el parque central de Píllaro, dando como resultado que todos los usuarios del parque puedan acceder a la red sin ningún inconveniente.

3.5.4 Tabla de presupuesto

El costo total del proyecto es un monto de \$ 482.24, los cuales se desglosan de la siguiente manera:

Tabla 18

Presupuesto final

PRESUPUESTO			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V.UNITARIO	V.TOTAL
1	RB 951Ui-2HND	84.82	84.82
2	LBE 5AC GEN 2	88.00	176.00
2	NS loco M2	60.71	121.42
1	Extras	100	100
TOTAL			482.24

Fuente: (Valenzuela Valenzuela, 2019)

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- Mediante la simulación se pudo verificar que los equipos tienen la capacidad de cubrir todo el parque central de Píllaro, lo cual garantiza un acceso adecuado desde cualquier punto.
- Una vez realizado el estudio técnico de los equipos que se utilizaron en la red se pudo determinar que al trabajar con una tecnología 802.11 ac, se tiene una mayor velocidad de transmisión lo cual ofrece grandes beneficios.
- Las antenas para radio enlace seleccionados poseen grandes beneficios, como es la comprobación de frecuencias menos saturadas para su uso y otras herramientas incluidas que versiones anteriores no poseen.
- El uso de los dispositivos marca Ubiquiti y Mikrotik son una muy buena combinación ya que entre ellos se obtienen excelentes resultados en la creación de redes inalámbricas y la administración de ellas en forma completa, además de tener interfaces muy amigables y de fácil configuración.
- La red que se implemento tuvo gran aceptación por parte de los usuarios que acuden al parque central y se notó gran uso de la red desde su primer día de funcionamiento usando la regla de los 30 minutos cada 2 horas.
- La implementación de este proyecto en el parque central de Píllaro fue un gran avance para la ciudad ya que esto motiva a las autoridades a preocuparse más por las personas de escasos recursos y la población en general.

RECOMENDACIONES

- Capacitar al encargado de la red inalámbrica, para que pueda solucionar algún tipo de inconveniente que puede presentarse en el transcurso del proyecto y brinde un servicio técnico eficiente a los usuarios.
- Dar a conocer el proyecto a las personas que transitan el parque a través de volantes publicitarios los cuales indiquen los beneficios que tiene el uso de esta red inalámbrica en el ámbito académico.
- Al realizar la implementación de las antenas punto a punto se debe realizar con anticipación la comprobación de la altura del terreno con la herramienta radio mobile confirmando si existe la posibilidad de línea de vista directa.
- Para la colocación de las antenas de distribución se debe tomar en cuenta el ángulo de distribución de cada antena con los datos técnicos de la misma, para tomarlos en cuenta a la hora de la colocación y cubrir toda la zona que se desea transmitir la señal en este caso todo el parque.
- Existen varias maneras de colocar los equipos de administración los cuales deben tener las respectivas seguridades, pero existe un equipo de protección llamada “caja térmica” la cual posee varios tamaños dependiendo de la necesidad, es muy factible para colocar los equipos de administración o los cables POE de las antenas de manera ordenada y segura.
- Todos los equipos de red por lo general son muy delicados a voltajes altos por ello es recomendable usar reguladores de voltaje los cuales protejan en caso de alguna sobrecarga de energía.
- Se recomienda usar equipos Mikrotik y Ubiquiti para realizar este tipo de proyectos ya que los equipos son de muy buena calidad, soportan altas y bajas temperaturas y están diseñados para estar expuestos a los cambios de clima, además ser muy económicos.
- Este proyecto es el inicio de una gran idea que puede utilizarse en otros sectores todavía más alejados de la población con ayuda de las autoridades de la provincia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Molina C, C. E. (19 de Mayo de 2019). *RedTaurus Ltda.* Recuperado el 24 de Agosto de 2019, de RedTaurus:
http://www.redtauros.com/Clases/Telecomunicaciones_I/07_Factores_Afectan_TX.pdf
- Academia©. (07 de Julio de 2019). *Academia.* Recuperado el 5 de Agosto de 2019, de Academia:
https://www.academia.edu/3491995/Apuntes_de_confiabilidad-disponibilidad_de_redes_y_servicios_de_telecomunicaciones
- Agudelo, J. P. (2015). *Comando ping utilidad y como interpretarlo.* Manizales. Recuperado el 3 de Enero de 2020
- ALEGSA. (02 de Mayo de 2019). *ALEGSA - Santa Fe, Argentina.* Recuperado el 2 de Junio de 2019, de ALEGSA.com.ar:
http://www.alegsa.com.ar/Respuesta/ventajas_y_desventajas_de_usar_redes_inalambricas.htm
- ALEGSA. (17 de Octubre de 2019). *ALEGSA.com.ar.* Recuperado el 15 de Noviembre de 2020, de ALEGSA.com.ar: http://www.alegsa.com.ar/Dic/cisco_systems.php
- Andalucía. (20 de Diciembre de 2019). *Junta de Andalucía.* Recuperado el 26 de Diciembre de 2019, de Junta de Andalucía:
http://www.juntadeandalucia.es/empleo/recursos/material_didactico/especialidades/materialdidactico_administrador_servidores/Content/2-redes_tcp/3-LosProtocolosTCP-IP.pdf
- Anrrango, R. (16 de Junio de 2019). *Configurar Mikrotik Wireless.* Recuperado el 21 de Agosto de 2019, de Configurar Mikrotik Wireless:
<https://configurarmikrotikwireless.com/blog/conceptos-winbox-configurar-mikrotik.html>
- Arivilca , E., Saltivañez, A., & Alvarez Sergio. (2015). *Tecnología Ubiquiti (Informe).* Universidad de Aquino Bolivia, Facultad de Ciencias y tecnología, Bolivia. Recuperado el 5 de Febrero de 2019
- Autonomous University of Puebla. (2019). *Rssi el indicador de fuerza de la señal recibida.* Mexico: Course Hero. Recuperado el 26 de Diciembre de 2019
- Belkin International. (09 de Octubre de 2018). *LINKSYS.* Recuperado el 14 de Febrero de 2019, de LINKSYS: <https://www.linksys.com/es/r/resource-center/business-solutions/portal-cautivo/>

- b-one. (20 de Agosto de 2019). *b-one-informatica.blogspot*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2019, de b-one-informatica.blogspot: <http://b-one-informatica.blogspot.com/2016/02/nat-mikrotik.html>
- CAPACITY ACADEMY©. (16 de Junio de 2019). *Capacity Academy*. Recuperado el 17 de Julio de 2019, de Capacity Academy: <http://blog.capacityacademy.com/2014/04/09/ques-mikrotik-routeros/>
- CCNA. (2018). *CCNA 1 and 2*. USA: Cisco Press. Recuperado el 09 de Julio de 2019
- Cika Internacional. (28 de Abril de 2015). *Cika Electrónica*. Recuperado el 8 de Julio de 2019, de Cika Electrónica: <https://www.cika.com/newsletter/archives/pp1.pdf>
- Colegio Lincoln. (23 de Noviembre de 2012). *LA PRENSA*. Recuperado el 8 de Agosto de 2019, de LA PRENSA: <https://www.laprensa.com.ni/2012/11/23/opinion/124869-importancia-de-la-tecnologia-en-la-educacion>
- Curotto, F., Espinosa, S., & Vergara, M. (2012). *Antenas, Polarización y Diagramas de Radiación (Informe)*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Chile. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019
- Definición.de. (17 de Octubre de 2019). *ConceptoDefinición*. Recuperado el 24 de Julio de 2019, de ConceptoDefinición: <https://conceptodefinition.de/cpu/>
- Definicion.de. (17 de Octubre de 2019). *Definicion.de*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de Definicion.de: <https://definicion.de/ram/>
- Definicion.de. (19 de Octubre de 2019). *Definicion.de*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de Definicion.de: <https://definicion.de/altitud/>
- Definicion.de. (17 de Octubre de 2019). *Definicion.de*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de Definicion.de: <https://definicion.de/cable-utp/>
- Definicion.de. (17 de Octubre de 2019). *Definicion.de*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de Definicion.de: <https://definicion.de/voltio/>
- Díaz, A. J. (17 de Octubre de 2019). *AJBD soft*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2019, de AJBD soft: <http://www.ajpdsoft.com/modules.php?name=Encyclopedia&op=content&tid=823>
- Ecuaintegral Consulting S.A. (13 de Junio de 2019). *Ecuaintegral Consulting S.A.* Recuperado el 22 de Julio de 2019, de FIS soluciones:

<https://www.fisoluciones.com/index.php/noticias/59-mikrotik-innovacion-en-el-mundo-de-las-telecomunicaciones>

EcuRed. (12 de Mayo de 2019). *EcuRed*. Recuperado el 17 de Junio de 2019, de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Modulaci%C3%B3n>

Ecured. (11 de Enero de 2020). *Ecured*. Recuperado el 26 de Enero de 2020, de Ecured: https://www.ecured.cu/Topolog%C3%ADa_de_red

Educaonline S.L. (01 de Diciembre de 2018). *Educaweb*. Recuperado el 28 de Enero de 2019, de Educaweb: <https://www.educaweb.com/noticia/2008/12/01/importancia-tic-ensenanza-prevencion-riesgos-laborales-3346/>

elTelégrafo. (23 de Julio de 2017). *elTelégrafo*. Recuperado el 13 de Agosto de 2019, de elTelégrafo: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/ecuador-es-un-pais-de-progreso-social-medio-alto>

Fernández Gacía, D. (16 de Junio de 2019). *Redes Móviles e Inalámbricas*. Recuperado el 23 de Julio de 2019, de Redes Móviles e Inalámbricas: <http://www.ve2dbe.com/rmonlineinfospa.html#intro>

Fernandez, R. P. (20 de Agosto de 2019). *Mirkrotik Academy*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2019, de Mirkrotik Academy: <https://www.raulprietofernandez.net/blog/mikrotik/como-configurar-mikrotik-routers-para-compartir-el-acceso-a-internet>

Francisco Molina. (09 de Mayo de 2019). *Francisco Molina*. Recuperado el 4 de Julio de 2019, de Francisco Molina: <https://www.franciscomolina.cl/conceptos-basicos-de-redes-inalambricas/>

Frenzel, Carrasco, Monachesi, & Chaile. (2010). *Efecto de la Foresta en las Transmisiones Electromagnéticas (Proyecto de Investigación)*. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado el 5 de Noviembre de 2019

GADAE NETWEB S.L. (05 de Julio de 2015). *GADAE NETWEB*. Recuperado el 24 de Agosto de 2019, de GADAE NETWEB: <http://www.gadae.com/blog/tipos-de-redes-informaticas-segun-su-alcance/>

García, J., Morell, F., & Martín, P. (27 de Mayo de 2019). *Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional*. Recuperado el 21 de Junio de 2019, de Antenas: <http://todoantenas.weebly.com/>

- GoDaddy Operating Company. (26 de Agosto de 2019). *GoDaddy*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2019, de GoDaddy: <https://es.godaddy.com/help/que-es-un-certificado-ssl-542>
- GoRaymi. (27 de Junio de 2019). *GoRaymi*. Recuperado el 28 de Julio de 2019, de GoRaymi: <https://www.goraymi.com/es-ec/pillaro/pillaro-a5f1a641e>
- INEC. (25 de Noviembre de 2001). *INEC*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2019, de INEC: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantoniales/Tungurahua/Fasciculo_Pillaro.pdf
- INEC. (28 de Noviembre de 2010). *INEC*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2019, de INEC: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Infoes. (17 de Octubre de 2019). *Easy Smar Tech*. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de Easy Smar Tech: <https://easysmartech.com/ssid-wifi/>
- ITU. (01 de Octubre de 2019). *Unión Internacional de telecomunicaciones*. Recuperado el 09 de Noviembre de 2019, de Unión Internacional de telecomunicaciones: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.525/es>
- Jaime Santillán, C. V. (2016). *Proúesta de implementación de un portal cautivo Hostspot, para brindar el servicio de nternet inalámbrico en negocios PYMES y (Small oddice home office) de la Ciudad de Guayaquil*. Guayaquil. Recuperado el 13 de Enero de 2019
- Luaces Novoa, J. (1 de Marzo de 2013). *Repositorio Institucional*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2019, de Universitat Oberta de Cataluña: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/18804/6/jluacesTFC0113memoria.pdf>
- Microbyte Ltda. (11 de Enero de 2020). *Electro Industria*. Recuperado el 25 de Enero de 2020, de Electro Industria: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3266>
- mizonapc. (20 de Agosto de 2019). *Blog Mikrotik*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2019, de Blog Mikrotik: <https://mizonapc.wordpress.com/2013/12/26/configurar-el-dns-cache-de-mikrotik/>
- MTM-TELECOM. (01 de Enero de 2010). *MTM-TELECOM*. Recuperado el 04 de Mayo de 2019, de MTM-TELECOM: <http://www.mtm-telecom.com/index.php/2012-07-04-19-05-27/enlaces-inalambricos-punto-a-punto-y-punto-multipunto.html>
- NetSpot©. (09 de Octubre de 2018). *NetSpot*. Recuperado el 24 de Febrero de 2019, de NetSpot: <https://www.netspotapp.com/es/wifi-hotspot.html>

- ORACLE Technology Network. (11 de Enero de 2020). *Oracle*. Recuperado el 12 de Enero de 2020, de Oracle: https://docs.oracle.com/cd/E24842_01/html/820-2981/ipov-6.html#ipov-22
- Paessler AG. (17 de Octubre de 2019). *Paessler AG*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de PAESSLER: <https://www.es.paessler.com/it-explained/ip-address>
- Prezi Inc. (07 de Julio de 2019). *Prezi*. Recuperado el 8 de Agosto de 2019, de Prezi: <https://prezi.com/mnhhfkzvxiio/disponibilidad-de-redes/>
- R, L. (28 de Noviembre de 2008). *Ip reference*. Recuperado el 21 de Febrero de 2019, de Ip reference: <https://ipref.wordpress.com/2008/11/28/modelo-jerarquico-de-red/>
- Ramos García, A. d. (2 de Noviembre de 2016). *ESCRIBD*. Recuperado el 12 de Febrero de 2019, de ESCRIBD: <https://es.scribd.com/document/333246343/Cuadro-Comparativo-Del-Estandar-802-11>
- redeszone.net. (10 de Enero de 2020). *redeszone.net*. Recuperado el 12 de Enero de 2020, de redeszone.net: <https://www.redeszone.net/2012/09/10/mimo-que-es-para-que-sirve-todo-lo-que-necesitas-saber/>
- RedUsers. (2019). *Técnico en redes y seguridad*. Argentina: STAFF RedUSERS. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019
- Ruesca, P. (29 de Mayo de 2019). *Radio & Engineering Company SL*. Recuperado el 21 de Junio de 2019, de Radio Comunicaciones: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>
- Sanaguano Moreno, D. A., & Zabala Haro, M. A. (2011). *Estudio, análisis e implementación de una red inalámbrica comunitaria orientada al sector educativo rural del cantón chambo (Tesis de Pregrado)*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba. Recuperado el 13 de Enero de 2019
- Segundo Llagua, L. T. (2013). *Implementación de una red inalámbrica de comunicaciones con tecnología WI-FI para el casino de voluntarios de la 17 BS Pastaza (Tesis de Pregrado)*. Universidad de las fuerzas armadas (ESPE), Pastaza. Recuperado el 8 de Enero de 2019
- SIA Mikrotīkls. (29 de Julio de 2019). *Mikrotīk*. Recuperado el 24 de Agosto de 2019, de Mikrotīk: <https://mikrotik.com/>
- SIEMON. (17 de Octubre de 2019). *SIEMON*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de SIEMON: <https://www.siemon.com/la/GuiadeAplicaciones/100baset.asp>

- Solano, J. (14 de Abril de 2019). *dis.um.es*. Recuperado el 4 de Mayo de 2019, de [dis.um.es: http://dis.um.es/~lopezquesada/documentos/IES_1213/LMSGI/curso/xhtmll/xhtmll22/index.html](http://dis.um.es/~lopezquesada/documentos/IES_1213/LMSGI/curso/xhtmll/xhtmll22/index.html)
- Speedcheck. (11 de Septiembre de 2019). *Speedcheck*. Recuperado el 9 de Octubre de 2019, de Speedcheck: <https://www.speedcheck.org/es/wiki/jitter/>
- STALLINGS, W. (2001). *Comunicaciones y Redes de computadores 6ª Edición*. Madrid: PRENTICE HALL. Recuperado el 15 de Febrero de 2019
- SYSCOM. (10 de Septiembre de 2019). *SYSCOM*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2019, de SYSCOM: <http://conocimiento.syscom.mx/article/configurar-un-bridge-ntp-enlace-utilizando-airmax-ac-radios-y-aeros-7/>
- technocenter. (07 de Julio de 2019). *Mikrotik*. Recuperado el 27 de Agosto de 2019, de Mikrotik: <http://www.mikrotik.com.py/?inc=view&p=28165&prod=ROUTER%20ROUTERMAX%20X6%20DUAL%20CORE%201106-L4>
- TRICALCAR. (2007). *Cálculo de Radioenlace guía v02*. EEUU: Asociación Civil Nodo TAU. Recuperado el 02 de Julio de 2019
- UAEH. (15 de Diciembre de 2019). *CIDECAM*. Recuperado el 3 de Enero de 2020, de CIDECAM: <http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro27/index.html>
- Ubiquiti Networks, Inc. (29 de Julio de 2019). *Ubiquiti*. Recuperado el 21 de Agosto de 2019, de Ubiquiti: <https://www.ui.com/>
- Universidad de Sevilla. (12 de Noviembre de 2019). *Biblioteca de ingeniería*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2019, de Biblioteca de ingeniería: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11138/fichero/memoria%252FCap%C3%ADtulo+3.pdf+>
- Valenzuela Valenzuela, F. J. (2019).
- VALLERY.ES. (2016 de Marzo de 2016). *VALLERY.ES*. Recuperado el 24 de Diciembre de 2019, de VALLERY.ES: <https://www.vallery.es/la-importancia-la-tecnologia-la-vida-humana/>
- Vila Burguete, C. A. (2005). *Simulación de Zonas de Fresnel para Enlaces de Microondas Terrestres (Tesis Profesional)*. Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Puebla, México. Recuperado el 5 de Marzo de 2019

WifiSafe Spain S.L. (18 de Junio de 2019). *WifiSafe Productos y soluciones Wireless*.

Recuperado el 25 de Julio de 2019, de WifiSafe: <https://www.wifisafe.com/blog/jerf-test-velocidad/>

WNI MÉXICO S.A. (26 de Julio de 2019). *WNI MÉXICO S.A.* Recuperado el 29 de Julio de 2019, de WNI MÉXICO S.A Wireless Solutions:

https://wni.mx/index.php?page=shop.product_details&category_id=79&flypage=flypage_new.tpl&product_id=568&option=com_virtuemart&Itemid=53

WNI MÉXICO S.A. (26 de Mayo de 2019). *WNI MÉXICO S.A.* Recuperado el 17 de Junio de 2019, de WNI MÉXICO Wireless Solutions!:

https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenasoport e&catid=31:general&Itemid=79

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor: VALENZUELA VALENZUELA FAUSTO JOAN.

En la ciudad de Latacunga a los 27 días del mes de enero del 2020.

ING. FERNANDO CAICEDO

DIRECTOR DE LA MONOGRAFÍA

Aprobado por:

ING. JORGE PARDO

DIRECTOR DE CARRERA

ABG. SARTITA PLAZA

SECRETARIO ACADÉMICO

