



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador.

FACULTAD DE INGENIERÍA

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN REDES DE
COMUNICACIONES**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÁSTER EN
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN REDES DE
COMUNICACIONES**

**“DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA PROVEER EL SERVICIO DE
INTERNET A CONJUNTOS HABITACIONALES UBICADOS EN LA
PARROQUIA CALDERÓN, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”**

AUTOR: CARLOS EDUARDO VINELLI OROZCO

QUITO, 2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, hermanos, sobrinos, a mi cuñada, a mis mascotas y a todos los miembros de mi familia y amigos; pilares importantes en todos los aspectos de mi vida.

Me lo dedico también a mí mismo como testimonio de confianza, carácter, actitud, responsabilidad, esfuerzo, fortaleza, cumplimiento, conocimiento, compromiso, capacidad, y decisión.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia y amigos por el apoyo, a mis compañeros de clase con quienes debido a la pandemia compartimos de forma virtual criterios, ideas, conocimientos, tiempo y experiencias, a los profesores de la Maestría y a mi tutor por la guía y motivación.

A todos aquellos que de alguna u otra forma de manera directa e indirecta contribuyeron a que curse esta Maestría y a la realización de este proyecto de titulación, a todos mis sinceros sentimientos de gratitud y estima.

CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	3
1.1 Línea de vista.....	3
1.2 Zona de Fresnel	3
1.3 Topologías o arquitecturas de redes inalámbricas	4
1.3.1 Enlace de red inalámbrico punto a punto.....	4
1.3.2 Enlace de red inalámbrico punto a multipunto.....	4
1.4 Tecnologías de transmisión inalámbrica aplicables al proyecto	5
1.4.1 Wi-Fi.....	5
1.4.1.1 Redes Wi-Fi para largas distancias (WiLD / WiFi for Long Distances) ..	6
1.4.2 WiMAX	7
1.5 Tipos de antenas	7
1.5.1 Antenas Omnidireccionales.....	8
1.5.2 Antenas Sectoriales.....	9
1.5.3 Antenas Direccionales o Directivas.....	10
1.6 Normativa regulatoria aplicable al proyecto	11
1.7 Herramienta de simulación Radio Mobile	13
2. CAPÍTULO 2 - LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	15
2.1 Ubicación geográfica y situación actual	15
2.2 Proyecto de construcción a ejecutarse	17
2.3 Uso de frecuencias	18
2.3.1 Mediciones en el punto 1	18
2.3.2 Mediciones en el punto 2	19
2.3.3 Mediciones en el punto 3	18
2.3.4 Mediciones en el punto 4	19

2.3.5	Mediciones en el punto 5	19
2.3.6	Mediciones en el punto 6	20
2.3.7	Mediciones en el punto 7	20
2.3.8	Mediciones en el punto 8	22
2.3.9	Mediciones en el punto 9	22
2.4	Usuarios de la red	24
2.5	Requerimientos	24
3.	CAPÍTULO 3 - DISEÑO DE RED INALÁMBRICA.....	25
3.1	Estimación de tráfico	25
3.1.1	Tráfico para video llamadas	25
3.1.2	Tráfico para visualización de videos (Streaming de video)	26
3.1.3	Tráfico para juegos en línea	26
3.1.4	Tráfico para navegación web	27
3.1.5	Tráfico de Internet para las casas.	28
3.1.6	Tráfico de video vigilancia para el cuarto de equipos del nodo central	29
3.1.7	Tráfico para la conexión a Internet.	30
3.2	Diseño de la red	30
3.2.1	Topología de la red	30
3.2.2	Diagrama de la red.....	31
3.2.3	Nodo central	31
3.2.4	Instalaciones de cliente	34
3.2.5	Comparación Wi-Fi y WiMAX y selección de tecnología aplicable al proyecto. 34	
3.2.6	Selección de estándar Wi-Fi y de frecuencias a utilizar.	35
3.2.7	Cumplimiento de la normativa para el uso de frecuencias.	36
3.2.7.1	Enlaces entre el nodo central y las casas	37
3.2.7.2	Red inalámbrica interna en cada casa	37

4.	CAPÍTULO 4 – EQUIPAMIENTO Y COSTO REFERENCIAL	39
4.1	Equipos para el nodo central de comunicaciones	39
4.1.1	Antenas.....	39
4.1.2	Equipos de radio frecuencia	40
4.1.3	Switch	41
4.1.4	Router.....	42
4.1.5	Firewall	43
4.2	Equipos para seguridad física del cuarto de equipos	44
4.2.1	Control de acceso electrónico.....	44
4.2.2	Sistema de videovigilancia.....	45
4.3	Equipo UPS de respaldo eléctrico para el nodo central.	46
4.4	Equipos para las casas clientes	47
4.4.1	Antena con equipo de radiofrecuencia integrado	47
4.4.2	Router Wi-Fi.....	48
4.4.3	Extensor de rango Wi-Fi.....	50
4.5	Elementos pasivos	50
4.5.1	Torreta.....	50
4.5.2	Mástiles	51
4.5.3	Elementos pasivos de cableado estructurado.	52
4.6	Provisión de capacidad al nodo central mediante el enlace al ISP con conexión Internacional.	52
4.7	Presupuesto referencial del equipamiento y del enlace al ISP con conexión internacional	53
4.7.1	Costo de equipos para el nodo central.	53
4.7.2	Costo de equipos para seguridad física del cuarto de equipos.	53
4.7.3	Costo de equipo UPS de respaldo eléctrico para el nodo central.....	54
4.7.4	Costo de equipos para las casas clientes.	54

4.7.5	Costo de elementos pasivos.....	55
4.7.6	Costo del equipamiento.....	56
4.7.7	Costo del ISP con conexión internacional	56
5	CAPÍTULO 5 – SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DEL DISEÑO	57
5.1	Simulación.....	57
5.1.1	Simulación Conjunto 1	57
5.1.1.1	Establecimiento de enlaces Conjunto 1 desde el nodo central hacia las casas	63
5.1.1.2	Establecimiento de enlaces Conjunto 1 desde las casas hacia el nodo central	66
5.1.2	Simulación Conjunto 2	69
5.1.2.1	Establecimiento de enlaces Conjunto 2 desde el nodo central hacia las casas	70
5.1.2.2	Establecimiento de enlaces Conjunto 2 desde las casas hacia el nodo central.	73
5.2	Características y evaluación del diseño.	75
5.2.1	Características de las redes diseñadas.....	75
5.2.1.1	Escalabilidad y flexibilidad.....	75
5.2.1.2	Estabilidad.....	76
5.2.1.3	Balanceo de carga y disponibilidad.....	76
5.2.1.4	Calidad de servicio	77
5.2.1.5	Administración y Seguridad.....	77
5.2.1.6	Cumplimiento de normativa.....	77
5.2.2	Evaluación del diseño	78
5.2.2.1	Cobertura.....	78
5.2.2.2	Número de usuarios	79
5.2.2.3	Tasa de transferencia.	80

6	CAPÍTULO 6 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
6.1	Conclusiones.....	82
6.2	Recomendaciones	84
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
	ANEXOS.....	93
	Anexo 1 Informe de Regulación Metropolitano	93
	Anexo 2 Ficha técnica antena Cambium Networks ePMP 3000 Sector Antenna	94
	Anexo 3 Ficha técnica ePMP 3000 Access Point con MUMIMO	97
	Anexo 4 Ficha técnica del switch CRS326-24G-2S+RM	102
	Anexo 5 Ficha técnica del router CCR1009-7G-1C-1S+.....	103
	Anexo 6 Ficha técnica del firewall Palo Alto PA-440.....	105
	Anexo 7 Ficha técnica Cambium Networks ePMP Force 200	109
	Anexo 8 Ficha técnica TP-Link Archer C50.....	113
	Anexo 9 Ficha técnica TP-Link RE200.....	116
	Anexo 10 Configuraciones en Radio Mobile para las simulaciones de las áreas de cobertura para los Conjuntos 1 y 2.....	119
	Anexo 11 Planes de Internet ofrecidos por Bridge Telecom.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Representación de zona de Fresnel de radio r y distancia d entre el emisor y el receptor. (Buettrich, 2007)	3
Figura 1.2 Enlace punto a punto	4
Figura 1.3 Enlace punto a multipunto	4
Figura 1.4 Patrones de radiación de una antena omnidireccional. Gómez (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015).....	8
Figura 1.5 Radiación de una antena omnidireccional vista desde arriba y vista de perfil. Gómez (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015)	8
Figura 1.6 Patrones de radiación de una antena sectorial. Gómez (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015).....	9
Figura 1.7 Radiación de una antena sectorial vista desde arriba y vista de perfil. Gómez (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015).....	10
Figura 1.8 Patrones de radiación de una antena de panel. Gómez como se citó en (Vásquez & Corcio, 2015).....	10
Figura 1.9 Diagramas de radiación de una antena tipo plato. Gómez como se citó en (Vásquez & Corcio, 2015).....	11
Figura 2.1 Ubicación geográfica del sitio (Google, 2021b).....	15
Figura 2.2 Terreno en el que se construirán los conjuntos habitacionales en los que se brindará acceso a Internet. (Google, 2021a).....	16
Figura 2.3 Foto panorámica del terreno	16
Figura 2.4 Foto del terreno	17
Figura 2.5 Ubicación de puntos en los que se realizaron las mediciones (Google, 2021a) .	18
Figura 2.6 Medición en el punto 1 para las frecuencias de 2.4 GHz.....	19
Figura 2.7 Medición en el punto 1 para las frecuencias de 5 GHz.....	19
Figura 2.8 Medición en el punto 2 para las frecuencias de 2.4 GHz.....	18
Figura 2.9 Medición en el punto 2 para las frecuencias de 5 GHz.....	18
Figura 2.10 Medición en el punto 3 para las frecuencias de 2.4 GHz.....	18
Figura 2.11 Medición en el punto 3 para las frecuencias de 5 G	18
Figura 2.12 Medición en el punto 4 para las frecuencias de 2.4 GHz.....	19
Figura 2.13 Medición en el punto 4 para las frecuencias de 5 GH.....	19
Figura 2.14 Medición en el punto 5 para las frecuencias de 2.4 GHz.	19

Figura 2.15 Medición en el punto 5 para las frecuencias de 5 GHz.....	19
Figura 2.16 Medición en el punto 6 para las frecuencias de 2.4 GHz.....	20
Figura 2.17 Medición en el punto 6 para las frecuencias de 5 GHz.....	20
Figura 2.18 Medición en el punto 7 para las frecuencias de 2.4 GHz.....	21
Figura 2.19 Medición en el punto 7 para las frecuencias de 5 GHz.....	21
Figura 2.20 Medición en el punto 7 para las frecuencias de 5 GHz.....	21
Figura 2.21 Medición en el punto 8 para las frecuencias de 2.4 GHz.....	22
Figura 2.22 Medición en el punto 8 para las frecuencias de 5 GHz.....	22
Figura 2.23 Medición en el punto 9 para las frecuencias de 2.4 GHz.....	23
Figura 2.24 Medición en el punto 8 para las frecuencias de 5 GHz.....	23
Figura 2.25 Medición en el punto 9 para las frecuencias de 5 GHz.....	23
Figura 2.26 Medición en el punto 9 para las frecuencias de 5 GHz.....	24
Figura 2.27 Medición en el punto 9 para las frecuencias de 5 GHz.....	24
Figura 3.1 Diagrama de red propuesta.....	31
Figura 3.2 Ubicación del nodo central y distancia al punto más alejado del terreno.....	32
Figura 3.3 Conexión de equipos en el nodo central.....	33
Figura 3.4 Conexión de equipos en las casas clientes.....	34
Figura 4.1 Control de acceso biométrico Hikvision DS-K1T804B-EF (SYSCOM, n.d.)...	45
Figura 4.2 DVR-204Q-K1 (Hikvision, n.d.-a).....	45
Figura 4.3 Cámara para exteriores THC-B120-P (Hikvision, n.d.-c).....	45
Figura 4.4 Cámara para interiores THC-T120-P (Hikvision, n.d.-d).....	46
Figura 4.5 UPS Xmart Optima RT10 1.5K (Xmart by Integra, n.d.).....	47
Figura 4.6 Modelo de torreta para fijación de antenas (CYPE Ingenieros S.A., n.d.-b).....	51
Figura 4.7 Mástil para fijación de antena. (CYPE Ingenieros S.A., n.d.-a).....	51
Figura 5.1 Enlaces inalámbricos para el Conjunto 1.....	57
Figura 5.2 Configuración de parámetros para la red Conjunto 1.....	58
Figura 5.3 Configuración de la topología para la red Conjunto 1.....	58
Figura 5.4 Sistema Nodo Central Calderón.....	60
Figura 5.5 Sistema Casa Conjunto Calderón.....	60
Figura 5.6 Configuración del nodo central en el Conjunto 1.....	61
Figura 5.7 Patrón de radiación y dirección de la antena del nodo central.....	62
Figura 5.8 Configuración de las casas miembros del Conjunto 1.....	62

Figura 5.9 Patrón de radiación y dirección de una de las antenas de las casas que apuntan al nodo central.	63
Figura 5.10 Enlace del nodo central a la Casa 1.....	64
Figura 5.11 Enlace del nodo central a la Casa 3.....	65
Figura 5.12 Enlace del nodo central a la Casa 13.....	65
Figura 5.13 Enlace del nodo central a la Casa 15.....	66
Figura 5.14 Enlace de la casa 1 al nodo central.....	67
Figura 5.15 Enlace de la casa 3 al nodo central.....	67
Figura 5.16 Enlace de la casa 13 al nodo central.....	68
Figura 5.17 Enlace de la casa 15 al nodo central.....	68
Figura 5.18 Enlaces inalámbricos en el conjunto 2.	69
Figura 5.19 Enlace desde el nodo central a la casa 16.....	71
Figura 5.20 Enlace desde el nodo central a la casa 27.....	71
Figura 5.21 Enlace desde el nodo central a la casa 29.....	72
Figura 5.22 Enlace desde el nodo central a la casa 30.....	72
Figura 5.23 Enlace de la casa 16 al nodo central.....	73
Figura 5.24 Enlace de la casa 27 al nodo central.....	74
Figura 5.25 Enlace de la casa 29 al nodo central.....	74
Figura 5.26 Enlace de la casa 30 al nodo central.....	75
Figura 5.27 Diagrama de cobertura de la red inalámbrica en el conjunto 1.....	78
Figura 5.28 Diagrama de cobertura de la red inalámbrica en el conjunto 2.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Características de los estándares 802.11 (Intel, n.d.)	5
Tabla 1.2 Bandas UDBL y tipo de enlace o sistema (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018).....	13
Tabla 1.3 Bandas de operación y límites de emisión (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018).....	13
Tabla 3.1 Tasas de transferencia entrante y saliente para cada servicio.	27
Tabla 3.2 Tasas de tráfico para cada casa y para el total de casas para el caso de mayor exigencia de la red.	28
Tabla 3.3 Tasas de tráfico entrante y saliente mínimas garantizadas para cada casa y capacidad inicial a ser contratada con el ISP para todas las casas.....	29
Tabla 3.4 Tráfico del servicio de video vigilancia.....	30
Tabla 3.5 Capacidades iniciales a ser contratadas con el ISP.	30
Tabla 4.1 Características de las antenas Cambium Networks ePMP 3000 Sector Antenna (Cambium Networks, n.d.-b).....	39
Tabla 4.2 Características de los equipos de radio frecuencia Cambium Networks ePMP 3000 (Cambium Networks, n.d.-a)	40
Tabla 4.3 Características de Switch CRS326-24G-2S+RM (MikroTik, n.d.-b)	42
Tabla 4.4 Características router Mikrotik CCR1009 –7G–1C–1S+ (MikroTik, n.d.-a).....	43
Tabla 4.5 Características Firewall Palo Alto PA-440 (Palo Alto Networks, n.d.)	44
Tabla 4.6 Consumo de potencia de dispositivos del nodo central.	47
Tabla 4.7 Características del equipo Cambium Networks ePMP Force 200 (Cambium Networks, n.d.-c)	48
Tabla 4.8 Características del equipo TP-Link Archer C50 (TP-LINK Technologies Co. Ltd, n.d.-a)	49
Tabla 4.9 Características del extensor de rango TP-Link RE200 (TP-LINK Technologies Co. Ltd, n.d.-b)	50
Tabla 4.10 Costo de equipos para el nodo central.	53
Tabla 4.11 Costo de equipos para seguridad física del cuarto de equipos.	54
Tabla 4.12 Costo del equipo UPS de respaldo eléctrico para el nodo central.....	54
Tabla 4.13 Costo de equipos para las casas clientes.	55
Tabla 4.14 Costo de elementos pasivos.	55

Tabla 4.15 Costo del equipamiento.	56
Tabla 4.16 Costo del ISP con conexión internacional.	56
Tabla 5.1 Requerimiento de casas a cubrir y número de casas cubiertas.	79
Tabla 5.2 Número de usuarios que requieren el servicio de Internet y número de usuarios a los que las redes diseñadas pueden dar el servicio de Internet.	80
Tabla 5.3 Tráfico dimensionado para el caso de mayor exigencia y capacidad de tráfico de los equipos de radio en el nodo central.	81
Tabla 5.4 Tráfico entrante a cada casa garantizado por Bridge Telecom y tráfico entrante a cada casa que puede garantizarse en el diseño.	81

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1.1 Cálculo del tiempo de ranura (Peñarrieta, 2015)	6
---	---

RESUMEN

En el presente proyecto se realiza un diseño de redes inalámbricas para proveer el servicio de Internet a dos conjuntos habitacionales ubicados en la Parroquia Calderón en el Distrito Metropolitano de Quito.

Se inicia haciendo un estudio no experimental descriptivo en el terreno para determinar sus características y posibles causas de interferencia.

Se diseñan dos redes utilizando tecnología Wi-Fi con estándar 802.11 ac en la frecuencia de 5 GHz y respetando la normativa local vigente.

Se hace un dimensionamiento de tráfico que incluye servicios en tiempo real sensibles a retardo y se propone equipamiento y proveedor ISP con sus costos respectivos para soportar dicho tráfico y cumplir con los requerimientos.

Se simula los enlaces utilizando la herramienta de software Radio Mobile y se determina que las redes diseñadas son factibles, cumplen con los requerimientos de cobertura, número de usuarios, tráfico y que además disponen de características importantes como escalabilidad, flexibilidad, balanceo de carga, disponibilidad, calidad de servicio, administración, seguridad y cumplimiento de normativa en cuanto a emisiones en las bandas de frecuencia de uso libre escogidas.

ABSTRACT

In this project, a design of wireless networks is carried out to provide Internet service to two housing complexes located in Calderón in the Metropolitan District of Quito.

It begins with a descriptive non-experimental study in the field to determine its characteristics and possible causes of interference.

Two networks are designed using Wi-Fi technology with the 802.11 ac standard in the 5 GHz frequency and respecting current local regulations.

A traffic dimensioning is made that includes delay-sensitive real-time services and equipment and ISP provider are proposed with their respective costs to support the traffic and meet the requirements.

The links are simulated using the Radio Mobile software tool and it is determined that the designed networks are feasible, meet the coverage requirements, number of users, traffic and that they also have important characteristics such as scalability, flexibility, load balancing, availability, quality of service, administration, security and compliance with regulations regarding emissions in the chosen free-use frequency bands.

INTRODUCCIÓN

La empresa interesada en el desarrollo del diseño y del proyecto es una empresa constructora inmobiliaria que dentro de su planificación estratégica y comercial desea ofrecer el servicio de Internet a los habitantes de dos conjuntos habitacionales que planea construir.

Tomando en cuenta la agilidad con la que pueden desplegarse las redes inalámbricas al hacer uso de un medio de transmisión que no se ve, las redes a diseñarse deben por requerimiento utilizar tecnología de última milla inalámbrica, proveer cobertura y capacidad de tráfico que permitan el uso de varios servicios y aplicaciones utilizados en la actualidad en los hogares incluyendo aquellos en tiempo real de manera satisfactoria para los usuarios y respetando la normativa local vigente.

En el proyecto se intenta establecer la factibilidad técnica de un diseño que posea características que son importantes en toda red de datos y comunicaciones, pudiendo esta ser utilizada para actividades cotidianas en el hogar como trabajo, estudio, entretenimiento, entre otros.

El presente proyecto se estructura en capítulos, se inicia con los fundamentos teóricos y la normativa que sirven como base para su desarrollo, se continúa mediante un levantamiento de información del sitio en el que se van a ejecutar los proyectos habitacionales buscando redes que pudieran causar interferencias y definiendo la zona de cobertura, los usuarios y los requerimientos.

A continuación, se hace un dimensionamiento de tráfico en función de los servicios que se estima pudieran utilizarse incluyendo servicios en tiempo real sensibles a retardo, se elige la topología de la red, se diseña las conexiones en el nodo central de comunicaciones y en las casas, se compara las tecnologías que pudieran utilizarse y se selecciona una escogiendo además el estándar a utilizar y las frecuencias de trabajo apegados siempre al cumplimiento de la normativa.

Posteriormente se enuncia las características que debe tener el equipamiento activo, pasivo y eléctrico, se propone equipamiento que puede utilizarse, se presenta una propuesta de proveedor ISP que permita la conexión internacional y se presentan los costos para tener un presupuesto referencial.

A continuación, se realiza simulaciones de las redes diseñadas en una herramienta de software, se analiza sus resultados estableciendo la factibilidad de las mismas y las características importantes con las que contarán las nuevas redes.

Finalmente se evalúa el diseño propuesto en base a los requerimientos de cobertura, número de usuarios y tasa de transferencia (tráfico) con los que cumple el enlace.

1. CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se mencionan los fundamentos teóricos en los que se apoya la realización del presente proyecto.

Es necesario tener en cuenta algunos conceptos en cuanto a las características necesarias para el establecimiento de enlaces inalámbricos como topologías, tecnologías de transmisión, elementos de conectividad y la normativa técnica vigente aplicable al diseño.

1.1 Línea de vista

En comunicaciones inalámbricas existe línea de vista cuando hay visibilidad directa entre el emisor y el receptor sin la presencia de obstáculos intermedios. (Cárdenas & Arteaga, 2016)

En las redes de transmisión inalámbricas para que exista línea de vista no debe haber elementos que puedan reflejar o refractar las ondas de radio. En caso de no contar con línea de vista directa hay que replantear la arquitectura ubicando estaciones repetidoras (Dionicio et al., 2018) se puede también reubicar la localización de las antenas, o aumentar su altura.

1.2 Zona de Fresnel

Las zonas de Fresnel se representan como lóbulos elipsoidales que se forman entre el emisor y el receptor. Para conseguir enlaces óptimos en el que las señales emitidas por el transmisor lleguen al receptor con la misma fase, se recomienda tener sin obstrucciones al menos el 60% del radio de la primera zona de Fresnel, dicho radio depende de la longitud de onda y la distancia entre las antenas (Dionicio et al., 2018) e indica el espacio necesario de despeje visual.

En la Figura 1.1 se ilustra la zona de Fresnel de radio r y distancia d entre un transmisor y un receptor entre los que existe línea de vista.

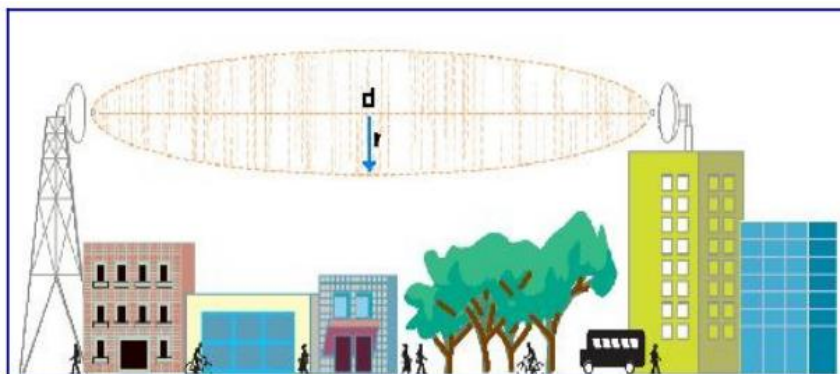


Figura 1.1 Representación de zona de Fresnel de radio r y distancia d entre el emisor y el receptor. (Buettrich, 2007)

1.3 Topologías o arquitecturas de redes inalámbricas

Los enlaces inalámbricos para conectar los nodos transmisores y receptores pueden ser de tipo punto a punto, o de tipo punto a multipunto.

1.3.1 Enlace de red inalámbrico punto a punto

Esta topología conecta de manera inalámbrica dos nodos.

Este tipo de enlace inalámbrico es usado para unir el *backbone* de la red, o en conexiones de alto rendimiento donde hay exigencias de ancho de banda y de largas distancias. (Serrano Castro, 2018).

En la Figura 1.2 se puede ver este tipo de enlace.

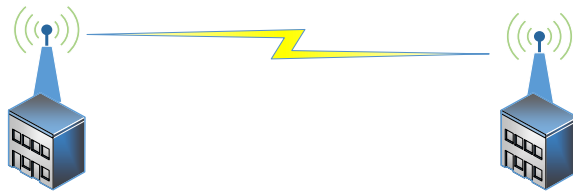


Figura 1.2 Enlace punto a punto

1.3.2 Enlace de red inalámbrico punto a multipunto

En este tipo de enlaces un nodo sirve como punto central de conexión para varios nodos de manera inalámbrica. (Valencia Zambrano, 2013)

Esta topología se utiliza en la práctica para conectar una antena central de un proveedor o de una matriz, con varios clientes o sucursales.

En la Figura 1.3 se puede ver una representación de este enlace.

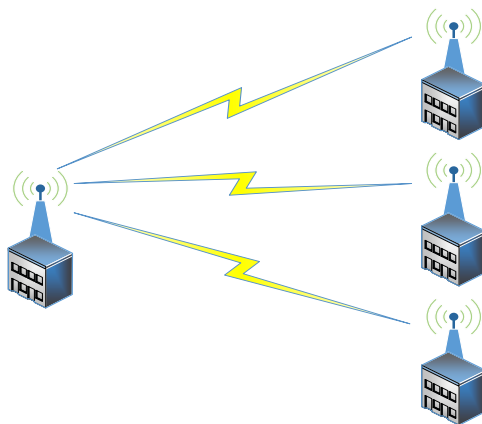


Figura 1.3 Enlace punto a multipunto

1.4 Tecnologías de transmisión inalámbrica aplicables al proyecto

El proyecto pretende establecer conectividad con un área ubicada en un poblado rural del Distrito Metropolitano de Quito, para este escenario se toman en cuenta dos tipos de tecnologías inalámbricas aplicables, Wi-Fi (802.11) y WiMAX (802.16).

1.4.1 Wi-Fi

La tecnología Wi-Fi incluye un conjunto de estándares IEEE 802.11 que en la práctica se diferencian por algunos aspectos como la frecuencia de operación, capacidad de transmisión, área de cobertura, etc. (Vinelli, 2015)

Wi-Fi utiliza el espectro radioeléctrico en las bandas de 902 – 928 MHz e ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) que incluye a las bandas de 2.400-2.4835 GHz y 5.725-5.850 GHz. (Peñarrieta, 2015) (Araujo et al., 2011) de uso libre y gratuito.

El método de acceso al medio utilizado al tratarse de un medio abierto en el que pueden existir varias transmisiones de forma simultánea es CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) con el cual se pretende evitar colisiones, reduciendo las pérdidas y la necesidad de retransmisiones. (Vinelli, 2015)

La tecnología Wi-Fi es aplicable también en redes de largo alcance, para conectar áreas rurales se han realizado enlaces de decenas de kilómetros con buenos resultados aportando además a la reducción de la brecha digital. (Peñarrieta, 2015)

La Tabla 1.1 resume las características de los protocolos estandarizados para 802.11

IEEE 802.11 Wi-Fi protocol summary

Protocol	Frequency	Channel Width	MIMO	Maximum data rate (theoretical)
802.11ax	2.4 or 5GHz	20, 40, 80, 160MHz	Multi User (MU-MIMO)	2.4 Gbps ¹
802.11ac wave2	5 GHz	20, 40, 80, 160MHz	Multi User (MU-MIMO)	1.73 Gbps ²
802.11ac wave1	5 GHz	20, 40, 80MHz	Single User (SU-MIMO)	866.7 Mbps ²
802.11n	2.4 or 5 GHz	20, 40MHz	Single User (SU-MIMO)	450 Mbps ³
802.11g	2.4 GHz	20 MHz	N/A	54 Mbps
802.11a	5 GHz	20 MHz	N/A	54 Mbps
802.11b	2.4 GHz	20 MHz	N/A	11 Mbps
Legacy 802.11	2.4 GHz	20 MHz	N/A	2 Mbps

¹ 2 Spatial streams with 1024-QAM modulation.

² 2 Spatial streams with 256-QAM modulation.

³ 3 Spatial streams with 64-QAM modulation.

Tabla 1.1 Características de los estándares 802.11 (Intel, n.d.)

1.4.1.1 Redes Wi-Fi para largas distancias (WiLD / WiFi for Long Distances)

Las redes Wi-Fi originalmente son utilizadas en ámbitos de redes locales con coberturas cercanas a 100 m en interiores y 300 m en espacios abiertos, sin embargo, el estándar no presenta restricciones en cuanto a distancia o cobertura para los enlaces Simó (como se citó en Naranjo, 2012) y (Araujo et al., 2011)

La utilización de esta tecnología para enlaces de larga distancia implica la existencia de línea de vista.

Para alcanzar largas distancias utilizando el protocolo de acceso al medio CSMA/CA se debe realizar, acorde a la distancia entre estaciones, ajustes en los parámetros de la capa MAC SlotTime y ACKTimeout:

SlotTime: El tiempo de ranura prevé que la estación que transmite es escuchada por el receptor en el mismo slot de tiempo.

Este parámetro se calcula en función de la distancia.

$$\text{SlotTime} = 2\delta$$

Fórmula 1.1 Cálculo del tiempo de ranura (Peñarrieta, 2015)

Donde: $\delta = (d/c)$

d es la distancia del enlace medida en metros [m]

c es la velocidad de la luz = 3×10^8 [m/s]

A distancias mayores a 3 Km puede apreciarse reducción en la eficiencia de la transmisión (Araujo et al., 2011).

ACKTimeout: Es el tiempo que el transmisor espera por la llegada de un ACK una vez terminada la transmisión de un paquete.

El valor de tiempo de este parámetro debe ser mayor que el tiempo de propagación de ida y vuelta más un tiempo fijo que define la separación entre la recepción del paquete y la transmisión de su ACK desde el receptor.

En la práctica para enlaces punto a punto entre 15 y 50 Km, este valor debe ser ligeramente superior a dos veces el tiempo de propagación, y en el caso de enlaces punto a multipunto debe ser fijado para el enlace más largo, aun así, en este último tipo de enlaces de larga

distancia el rendimiento puede verse seriamente afectado si se tiene una distancia mayor a 15 Km (Araujo et al., 2011)

Por lo tanto, según lo indicado, de utilizarse tecnología que emplea este protocolo, los equipos a utilizar deberán permitir la configuración de estos parámetros.

Otra opción para alcanzar mayores distancias es reemplazar el protocolo CSMA/CA de la subcapa MAC por TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo), lo cual reduce ineficiencias propias del uso de CSMA/CA en largas distancias y evita las interferencias internas en un nodo con múltiples interfaces. Sonesh et al. (como se citó en Peñarrieta, 2015)

1.4.2 WiMAX

El estándar IEEE 802.16 conocido como WiMAX permite establecer enlaces inalámbricos de altas prestaciones en áreas metropolitanas pudiendo o no requerir, según el caso, de la existencia de línea de vista.

Permiten coberturas en el orden de las decenas de kilómetros, soportando calidad de servicio (QoS) y requerimientos de servicios heterogéneos. (Araujo et al., 2011).

Esta tecnología es la base de las redes metropolitanas de acceso a Internet, el estándar establece conexiones con velocidades de hasta 75 Mbps, es apta para brindar servicios de VoIP e IPTV pudiendo una misma estación base dar servicio a miles de usuarios.

Suele ser empleada en redes corporativas de voz y datos y por operadores de telecomunicaciones (Chacón, 2017). Y es también utilizado para proporcionar acceso en pequeñas oficinas y casas.

Utiliza bandas de uso libre de 2.5 GHz a 5.8 GHz y bandas licenciadas de 10 a 66 GHz en las que se requiere de línea de vista.

Las bandas por debajo de los 11 GHz no necesitan de la existencia de línea de vista y suelen ser utilizadas para enlaces a gran distancia permitiendo enlaces con capacidad de hasta 120 Mbps (Araujo et al., 2011)

1.5 Tipos de antenas

Las antenas son los elementos que permiten la emisión y recepción a manera de radiación de las ondas electromagnéticas.

1.5.1 Antenas Omnidireccionales

Las antenas omnidireccionales son aquellas que radian transmitiendo y recibiendo en un ángulo de 360° en el plano horizontal (Vásquez & Corcio, 2015) y no emiten radiación ni hacia arriba, ni hacia abajo de la antena.

Permiten menor alcance que las antenas directivas y sectoriales.

Este tipo de antena es utilizada en el nodo central de enlaces punto a multipunto.

La Figura 1.4 muestra una antena omnidireccional con sus patrones de radiación en los planos horizontal y vertical, mientras que la Figura 1.5 permite entender mejor la radiación de este tipo de antenas al mostrar la ilustración visual de una antena omnidireccional radiando vista desde arriba y vista de perfil.

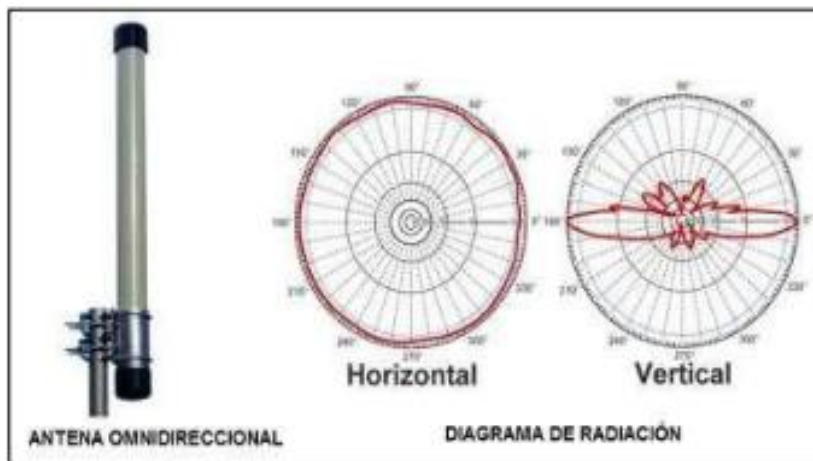


Figura 1.4 Patrones de radiación de una antena omnidireccional. Gómez (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015)

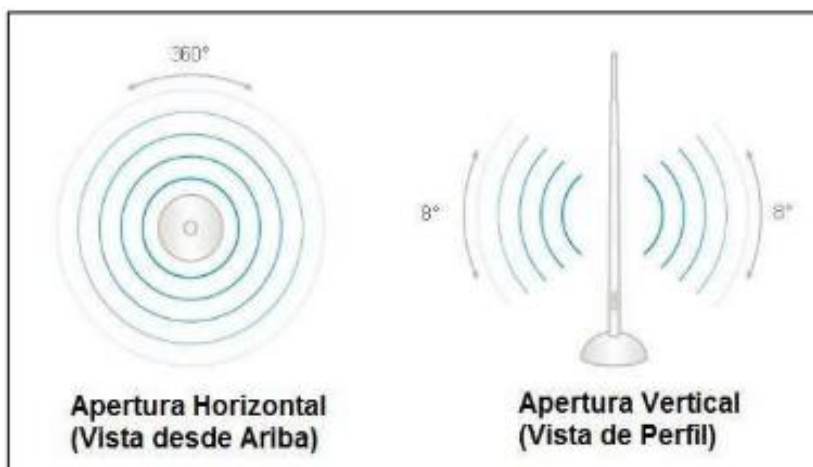


Figura 1.5 Radiación de una antena omnidireccional vista desde arriba y vista de perfil. Gómez (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015)

1.5.2 Antenas Sectoriales

Estas antenas cubren áreas en ángulos generalmente amplios mayores a los de las antenas directivas, pero menores a los de las antenas omnidireccionales.

Estos ángulos de cobertura varían normalmente entre 60 y 180 grados (Engst & Fleishman, 2003). Pero también pueden ser de ángulos menores como 30 y 45 grados.

Permiten mejorar la ganancia que tienen las antenas omnidireccionales, y logran un alcance de distancia mayor. Gómez (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015)

Se las utiliza en enlaces punto a multipunto donde se pretende enlazar a varios nodos en un mismo sector o área geográfica.

Utilizar varias antenas sectoriales para cubrir un área en lugar de una sola antena omnidireccional tiene la ventaja de que se puede inclinar las primeras y se puede lograr un mayor alcance, sin embargo, habría que considerar la diferencia en cuanto a costo o inversión que implicaría cubrir un área con varias antenas direccionales en comparación a hacerlo con una antena omnidireccional. (Engst & Fleishman, 2003)

En la Figura 1.6 se puede ver una antena sectorial con sus patrones de radiación en los planos horizontal y vertical, por su parte la Figura 1.7 ilustra la radiación de este tipo de antenas vista desde arriba y vista de perfil.

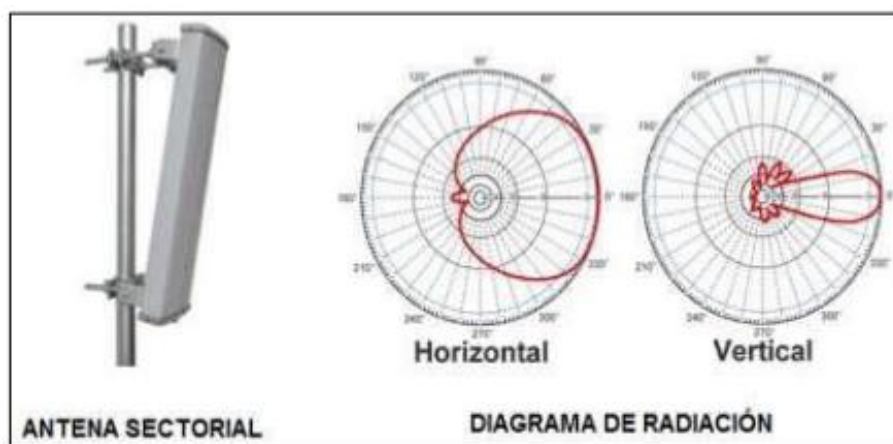


Figura 1.6 Patrones de radiación de una antena sectorial. Gómez (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015)

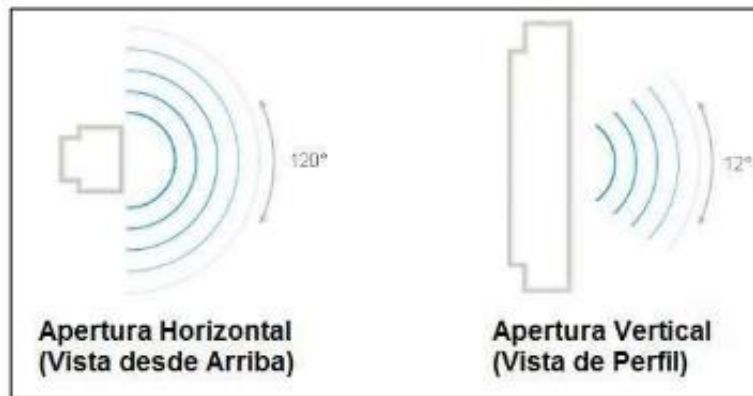


Figura 1.7 Radiación de una antena sectorial vista desde arriba y vista de perfil. Gómez (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015)

1.5.3 Antenas Direccionales o Directivas

Se las utiliza para apuntar hacia una dirección específica, los ángulos de radiación son relativamente reducidos (más estrechos) en comparación a las antenas sectoriales.

Tienen una mayor ganancia y permiten lograr un mayor alcance en cuanto a distancias.

Son utilizadas en enlaces punto a punto y también suelen utilizarse en los clientes o sucursales de enlaces punto a multipunto apuntando hacia el nodo central.

Ejemplos de antenas directivas son las antenas de panel, y las antenas parabólicas de plato o de rejilla. En cuanto a las dos primeras hay que considerar que debido a su forma los vientos fuertes podrían afectar la alineación o dañar las antenas. Butler (como se citó en Vásquez & Corcio, 2015), en este aspecto las antenas de rejilla tienen menor afectación.

En la Figura 1.8 se aprecia una antena direccional de panel con sus lóbulos de radiación en los planos vertical y horizontal, y en la Figura 1.9 se tiene una antena direccional parabólica tipo plato con sus respectivos diagramas de radiación vertical y horizontal.

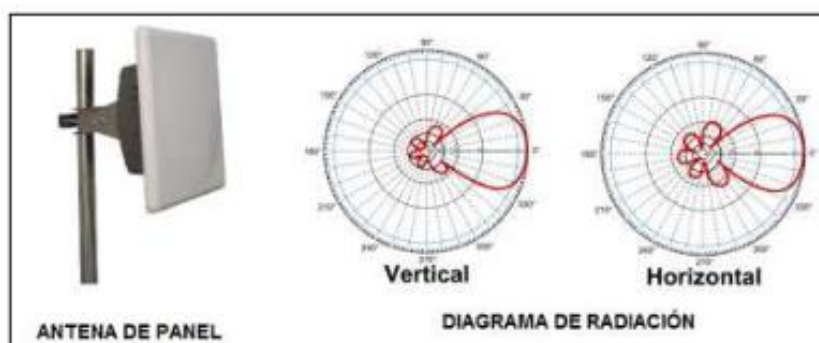


Figura 1.8 Patrones de radiación de una antena de panel. Gómez como se citó en (Vásquez & Corcio, 2015)

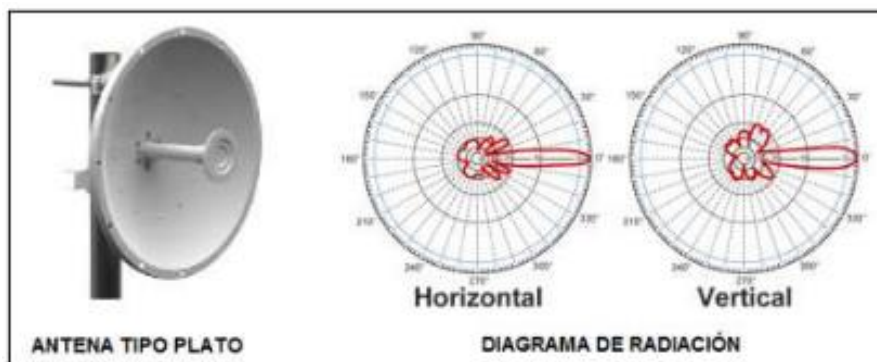


Figura 1.9 Diagramas de radiación de una antena tipo plato. Gómez como se citó en (Vásquez & Corcio, 2015)

1.6 Normativa regulatoria aplicable al proyecto

La normativa regulatoria a ser observada en el proyecto tiene relación a la autorización para proveer el servicio de acceso a Internet a través del medio inalámbrico y a las condiciones técnicas de operación para el uso de frecuencias.

En Ecuador el ente regulador de las condiciones para el uso del espectro radio eléctrico de frecuencias para transmisiones inalámbricas es La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones del Ecuador, 2020)

El Artículo 18 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) respecto del uso y explotación del espectro radioeléctrico, menciona que “su uso y explotación requiere el otorgamiento previo de un título habilitante emitido por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, de conformidad con lo establecido en la presente Ley, su Reglamento General y regulaciones que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.” (Ley Orgánica De Telecomunicaciones, 2015). Es decir, que para proveer el servicio de acceso a Internet es menester contar con un título habilitante.

Para obtener dicho título, se tiene que cumplir con los requisitos expresados en los formatos técnicos para el otorgamiento de títulos habilitantes para la prestación del servicio de acceso a Internet, los cuales se encuentran en el sitio web de ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, n.d.) y se clasifican en 5 grupos:

- Solicitud General
- Infraestructura Física
- Infraestructura Inalámbrica
- Sostenibilidad Financiera

- Mercado, Competencia y Expansión

Concernientes al alcance de este proyecto de diseño se toma en cuenta los parámetros en cuanto a infraestructura física e infraestructura inalámbrica.

Estos formatos requieren indicar la ubicación geográfica de los nodos, descripciones de los equipos técnicos utilizados para la gestión de la red que se encuentren en los nodos principales y nodos secundarios, incluyendo copias de los catálogos técnicos y sus costos referenciales, un diagrama esquemático de la red en el que se incluya velocidades de transmisión, medios de transmisión, conexiones internacionales en caso de requerirlos, enlaces con sus longitudes y características y empresas proveedoras. (ARCOTEL, n.d.).

Se pide también parámetros relacionados a los enlaces radioeléctricos entre los que se incluyen información de la estructura del sistema de radiocomunicaciones, información de antenas, patrones de radiación, información de equipamiento, información de enlaces punto a punto, perfil topográfico de los enlaces punto a punto. (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2016)

Todos estos parámetros técnicos requeridos se presentan posteriormente durante las diversas fases de la realización del presente proyecto de diseño y anexos por cuanto son aspectos necesarios para poder desarrollarlas.

En cuanto a las condiciones técnicas de operación para el uso de frecuencias, estas se especifican en el Anexo 2 de la Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro para Uso Determinado en Bandas Libres conforme al Capítulo 3 para la prestación de servicios de telecomunicaciones. (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018)

La Tabla 1.2 presenta las bandas para uso determinado en bandas libres y el tipo de enlace o sistema.

Banda UDBL	Tipo de Enlace / Sistema		
	PUNTO A PUNTO	PUNTO A MULTIPUNTO	MÓVIL
915 – 928 MHz	X	X	X
2400 – 2483.5 MHz	X	X	X
5150 – 5250 MHz	X	X	X
5250 – 5350 MHz	X	X	X
5470 – 5725 MHz	X	X	X
5725-5850 MHz	X	X	X
24.05 – 24.25 GHz	X	No permitido	No permitido
57 – 64 GHz	X	No permitido	No permitido

Tabla 1.2 Bandas UDBL y tipo de enlace o sistema (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018)

La Tabla 1.3 muestra las características técnicas en cuanto a límites de emisión en sus respectivas bandas de operación.

Bandas de Operación	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E. (mW)	Densidad de P.I.R.E. (mW/MHz)
915 – 928 MHz*	500	----	----
2400 – 2483.5 MHz*	1000	----	----
5150 – 5250 MHz*	50	200	10
5250 – 5350 MHz*	250	1000	50
5470 – 5725 MHz*	250	1000	50
5725-5850 MHz*	1000	---	----
57 – 64 GHz	500	20000	

Tabla 1.3 Bandas de operación y límites de emisión (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018)

Cabe mencionar que la red debe conectarse con un proveedor (ISP) que permita la conexión internacional con Internet y con el cual se deberá firmar un acuerdo de reventa. Es recomendable que dicho contrato no contemple un tiempo mayor a un año dado que los precios suelen por lo general disminuir.

1.7 Herramienta de simulación Radio Mobile

Radio Mobile es un software desarrollado por Roger Coudé, según la página oficial del software [ve2dbe.com](http://www.ve2dbe.com) (<http://www.ve2dbe.com/rme.html>, n.d.) Radio Mobile es una herramienta gratuita de descarga libre que permite predecir el desempeño de un sistema de radio comunicaciones.

Utiliza datos digitalizados de elevación de terrenos que se descargan automáticamente de Internet para obtener también automáticamente un perfil geográfico de la ruta entre los nodos que se enlazan y para generar mapas virtuales que aparecen de fondo.

Los datos de las elevaciones se obtienen de diferentes fuentes como las del proyecto de la NASA *Shuttle Terrain Radar Mapping Mision (SRTM)* que entrega datos de altitud de 100 m. (Grupo de Radiocomunicación Departamento SSR ETSIT-UPM, 2007)

El software considera parámetros ambientales y estadísticos y los añade al “Modelo de propagación de ondas de radio para terreno irregular” en el cual se sustenta el programa.

Este modelo de propagación de ondas de radio para terreno irregular (ITM) se aplica para frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y es conocido como el modelo de Longley – Rice, el cual puede ser aplicado a gran variedad de problemas de ingeniería. Está basado en teoría electromagnética, análisis estadísticos de las características del terreno y mediciones de radio; predice la atenuación de una señal de radio en función de la distancia y la variabilidad de la señal en el tiempo y el espacio, por lo cual, sirve para predecir estimaciones preliminares para el diseño de sistemas, situaciones tácticas militares, de vigilancia, y sistemas de telefonía móvil. (Hufford et al., 1982)

El programa muestra las zonas de Fresnel y la curvatura de la tierra, además simula las alturas de antenas necesarias para evitar los obstáculos y obtener mapas de cobertura, calidad de enlace y otros parámetros.

2. CAPÍTULO 2 - LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Se describe la situación actual del sitio, el proyecto de construcción a ejecutarse, y el uso actual de frecuencias por parte de redes cercanas al lugar.

2.1 Ubicación geográfica y situación actual

El área en la que se busca proveer el servicio de acceso a Internet está ubicada en el Sector Bellavista en la Parroquia Calderón del Distrito Metropolitano de Quito, en las coordenadas referenciales $0^{\circ} 3'5.19''S$ $78^{\circ}24'47.59''W$.

La Figura 2.1 muestra un mapa geográfico obtenido por el software Google Maps, donde se muestra la ubicación del sitio en cuestión.

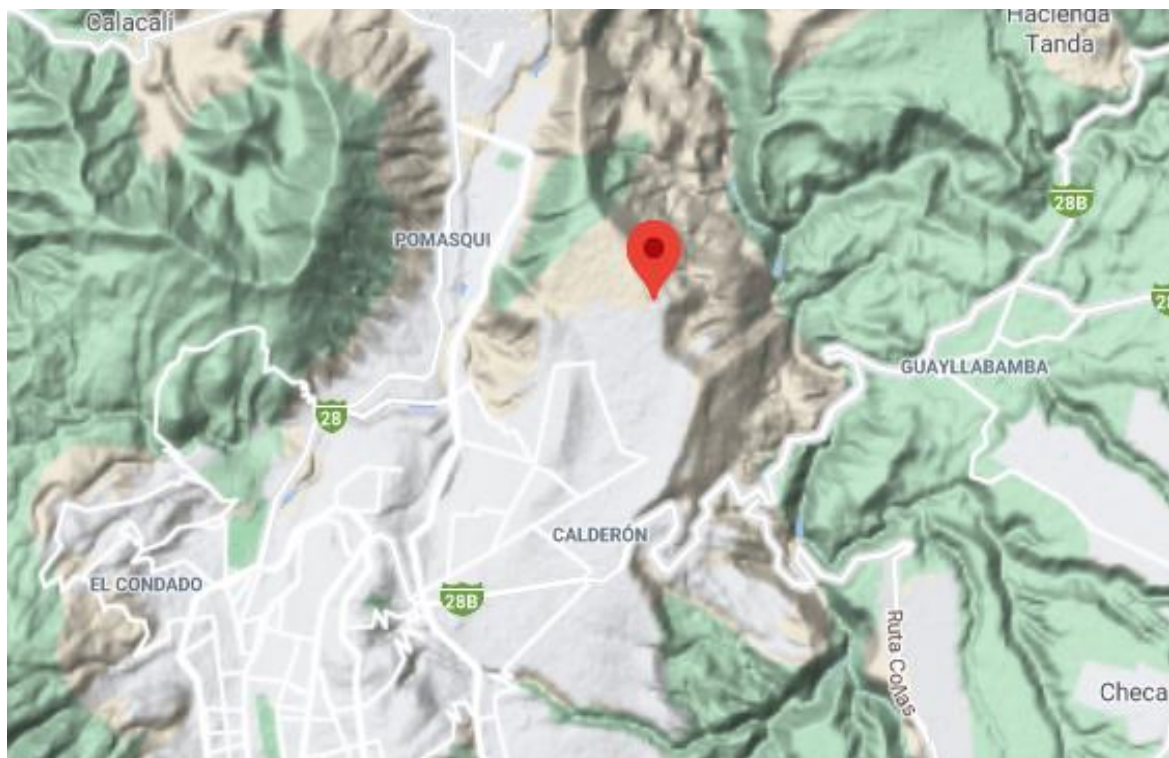


Figura 2.1 Ubicación geográfica del sitio (Google, 2021b)

En esta ubicación el área es llana y se encuentra un terreno vacío que cuenta con un área de $28.886,60 \text{ m}^2$ delimitado al norte y oeste por terrenos de dueños particulares, al sur por la lotización Singapur y al oeste por la calle Daniel Montoya.

El terreno en mención se lo puede ver a continuación en la Figura 2.2 donde se observa una imagen obtenida por el software Google Earth.



Figura 2.2 Terreno en el que se construirán los conjuntos habitacionales en los que se brindará acceso a Internet. (Google, 2021a)

Como se ve en la Figura 2.2 en los alrededores hay gran cantidad de terrenos vacíos, tampoco se aprecia a simple vista construcciones, o elevaciones geográficas que pudieran ser un obstáculo u obstrucción importante que pudiera evitar la llegada de la señal inalámbrica para entregar el servicio de Internet a las viviendas que van a construirse en el terreno.

En la Figura 2.3 se tiene una foto panorámica tomada al terreno y en la Figura 2.4 se muestra una foto tomada desde la esquina noreste del terreno.



Figura 2.3 Foto panorámica del terreno



Figura 2.4 Foto del terreno

En cuanto al clima de la zona, este es cálido de tipo ecuatorial mesotérmico seco (Cb) y ecuatorial mesotérmico semi-húmedo (Ch). Pourrut (como se citó en Loachamín, 2017). La temperatura media anual es de 15°C, con precipitación media anual de 500 mm y humedad media anual de 70%. INAMHI (como se citó en Loachamín, 2017)

2.2 Proyecto de construcción a ejecutarse

En el terreno van a construirse dos conjuntos habitacionales. La regulación metropolitana para este terreno tiene un coeficiente de ocupación del suelo (COS) del 10%, es decir, 2.888,66 m² y en planta baja del 5%, con lo que se tendrían 1.444,33 m², razón por la cual cada uno de los conjuntos habitacionales constará de 15 casas, para un total de 30 a ser construidas.

Cada casa tendrá 96 m² de construcción, distribuidos en dos pisos de 48 m² cada uno.

En el Anexo 1 se puede ver el Informe de Regulación Metropolitana con sus respectivos coeficientes de ocupación del suelo. Los datos del predio y de su titular no se incluyen por razones de privacidad.

Cada casa está diseñada arquitectónicamente para ser habitada por un máximo de cuatro personas, además los conjuntos habitacionales dispondrán de parqueaderos, calles interiores, áreas verdes de recreación y áreas de servicios varios.

2.3 Uso de frecuencias

Con la finalidad de tener una idea clara respecto de las redes inalámbricas cercanas que pudieran causar algún tipo de interferencia y afectación en la nueva red, se realizan mediciones que permitan conocer el uso del espectro de frecuencias en el terreno.

Para las mediciones se tomaron 9 puntos distribuidos cubriendo el área del terreno como se puede ver en la Figura 2.5



Figura 2.5 Ubicación de puntos en los que se realizaron las mediciones (Google, 2021a)

Para las mediciones se utiliza la aplicación Wifi Analyzer 3.11.2, esta identifica la existencia de redes cercanas operando en las bandas de frecuencia de 2.4 y 5 GHz, así como sus respectivos canales en uso y la intensidad de señal.

De las mediciones realizadas se obtuvieron los siguientes resultados.

2.3.1 Mediciones en el punto 1

Conforme a la Figura 2.4 el punto 1 está ubicado cercano a la esquina superior izquierda del terreno.

Las mediciones indican que en las frecuencias de 2.4GHz existen 3 redes inalámbricas utilizando el canal 4 y con fuerza de señal aproximada a -90dBm, lo cual es muy bajo.

Por su parte en las frecuencias de 5GHz existe una sola red inalámbrica que utiliza el canal 42 en el espectro de 5226 MHz con una fuerza de señal muy baja de -90dBm .

Las Figuras 2.6 y 2.7 muestran las mediciones en este punto para las frecuencias en 2.4 GHz y 5 GHz respectivamente.

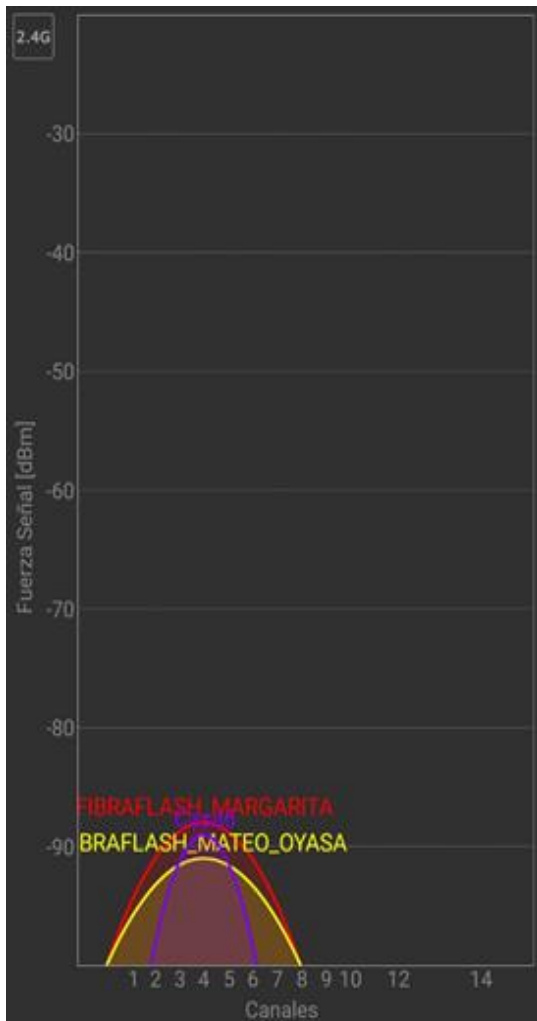


Figura 2.6 Medición en el punto 1 para las frecuencias de 2.4 GHz

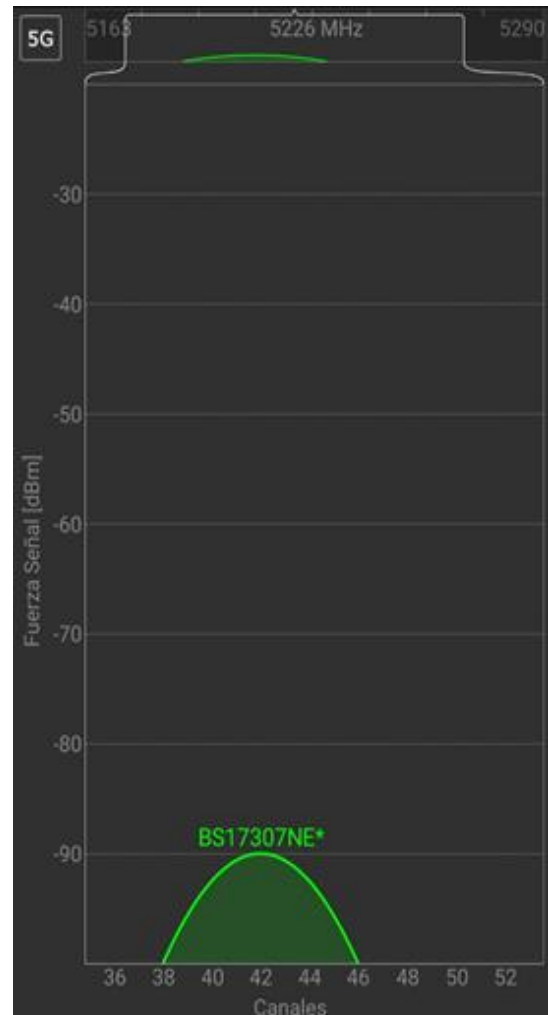


Figura 2.7 Medición en el punto 1 para las frecuencias de 5 GHz

2.3.2 Mediciones en el punto 2

En el punto 2 del terreno se detectaron en uso tres redes inalámbricas en los canales 4, 6 y 8 con intensidades de señal bajas menores a los -80dBm dentro del rango de frecuencias de 2.4 GHz y no se detectaron redes en la frecuencia de 5GHz.

Las gráficas para estas mediciones se indican a continuación en las Figuras 2.8 y 2.9 respectivamente.

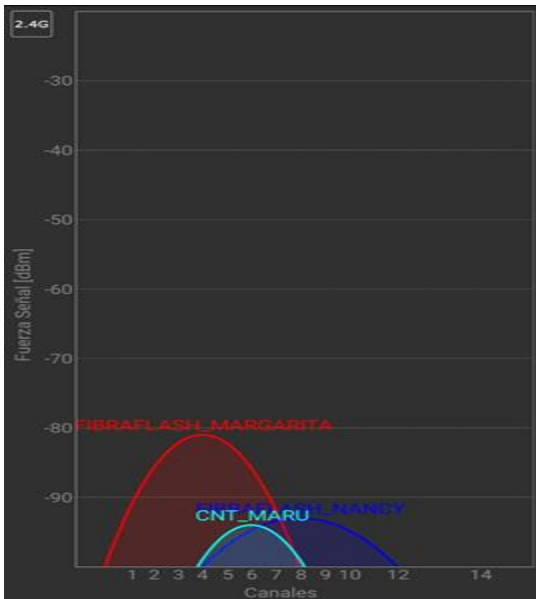


Figura 2.8 Medición en el punto 2 para las frecuencias de 2.4 GHz

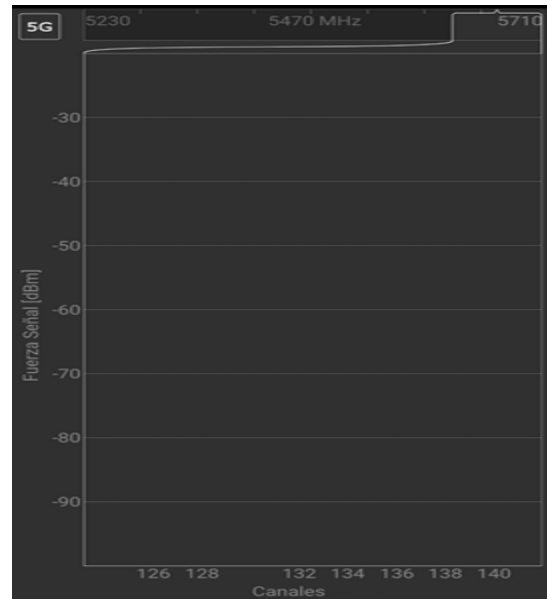


Figura 2.9 Medición en el punto 2 para las frecuencias de 5 GHz

2.3.3 Mediciones en el punto 3

Para el punto 3 la banda de frecuencias de 2.4 GHz tiene 7 redes en funcionamiento, esto es apreciable en la Figura 2.10 y es indicio de que la banda se está saturando ya que los anchos de los canales empiezan a interferirse entre sí, con fuerzas de señal bajas que rondan los -80dBm.

En la banda de 5GHz hay una sola red en el canal 44 con señal muy baja de -90dBm, esto se lo puede ver en la Figura 2.11

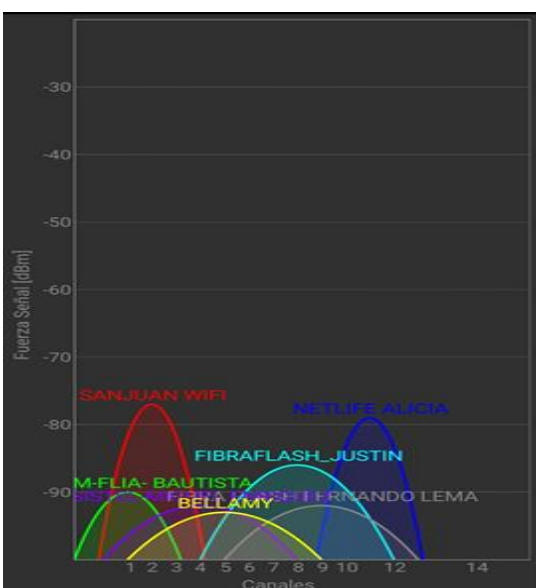


Figura 2.10 Medición en el punto 3 para las frecuencias de 2.4 GHz

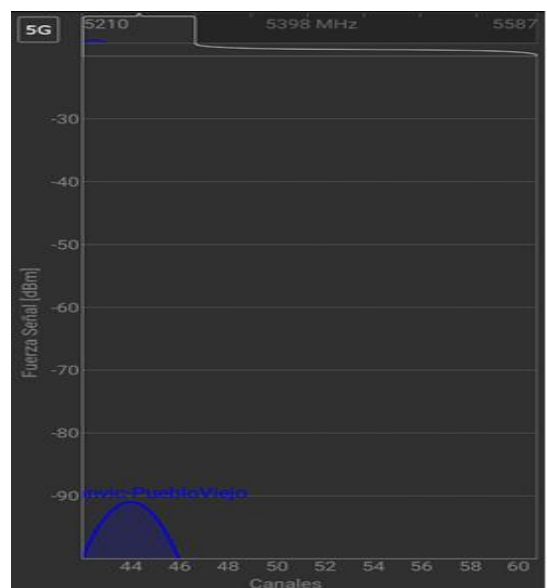


Figura 2.11 Medición en el punto 3 para las frecuencias de 5 GHz

2.3.4 Mediciones en el punto 4

Las mediciones para el punto 4 se presentan en las Figuras 2.12 y 2.13, en cada una de las bandas de frecuencia hay dos redes inalámbricas desplegadas respectivamente, estas redes presentan intensidades de señal bajas menores a -80dBm.

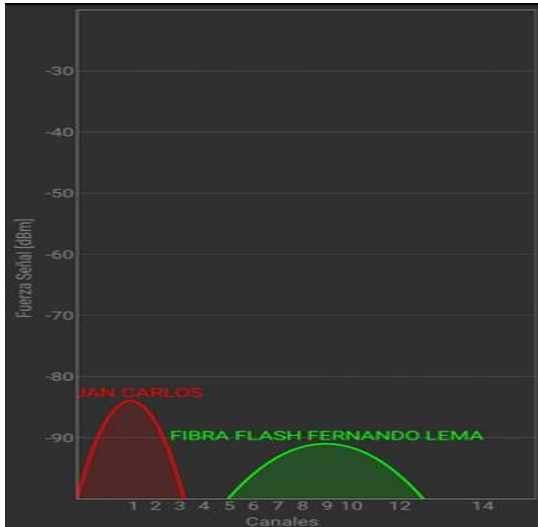


Figura 2.12 Medición en el punto 4 para las frecuencias de 2.4 GHz

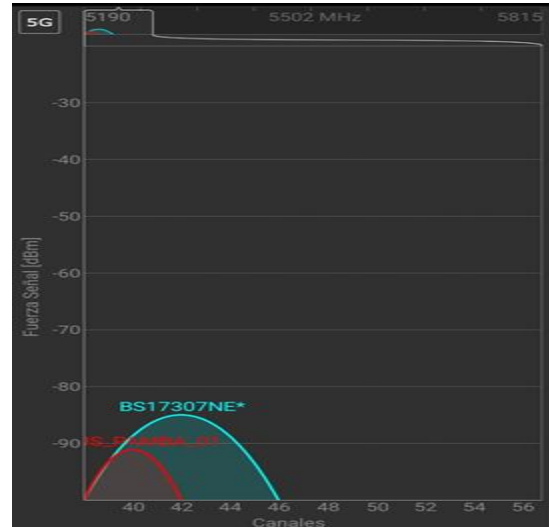


Figura 2.13 Medición en el punto 4 para las frecuencias de 5 GHz

2.3.5 Mediciones en el punto 5

En el punto 5 las mediciones en el espectro de frecuencias de 2.4 GHz muestran dos redes de señales débiles menores a -80dBm operando en los canales 1 y 3. No se detectan redes dentro del espectro de frecuencias para 5 GHz.

Las mediciones en este punto se presentan mediante las Figuras 2.14 y 2.15

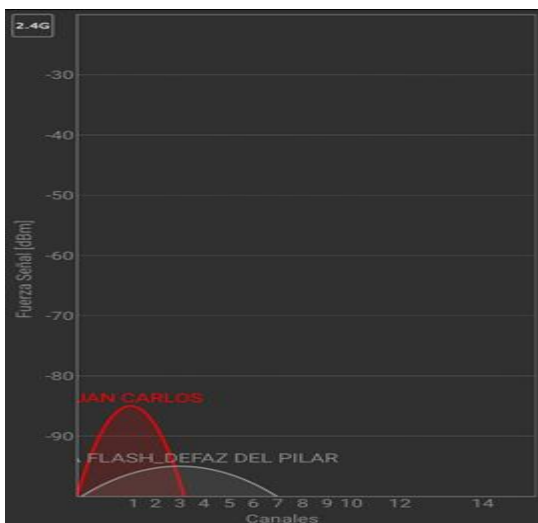


Figura 2.14 Medición en el punto 5 para las frecuencias de 2.4 GHz.

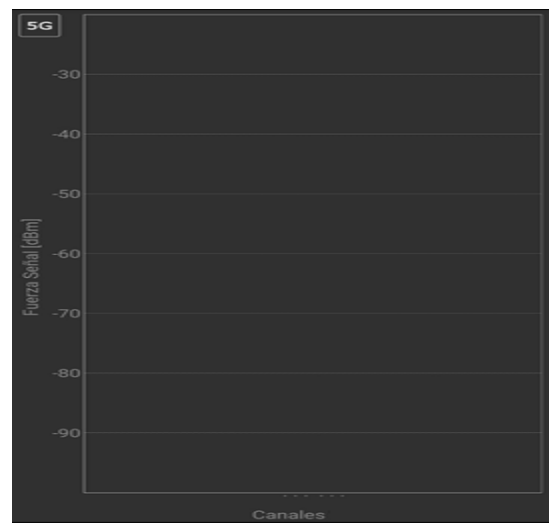


Figura 2.15 Medición en el punto 5 para las frecuencias de 5 GHz.

2.3.6 Mediciones en el punto 6

Las mediciones en el punto 6 del terreno indican 4 redes en uso en la banda de 2.4 GHz utilizando los canales 1,4,6 y 9 con señales bajas de -80 dBm.

En la banda de 5 GHz, específicamente en el espectro de 5170 MHz hay dos redes utilizando los canales 38 y 42 con señales por debajo de -80 dBm.

En las Figuras 2.16 y 2.17 se visualizan los resultados de dichas mediciones.

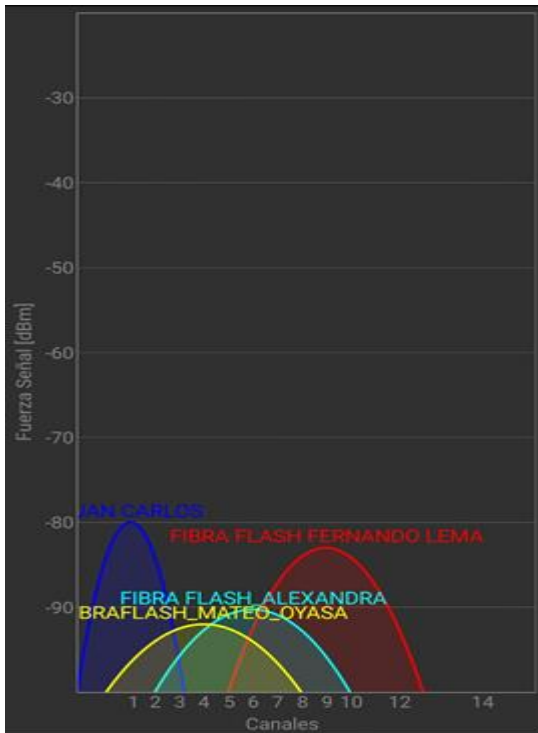


Figura 2.16 Medición en el punto 6 para las frecuencias de 2.4 GHz

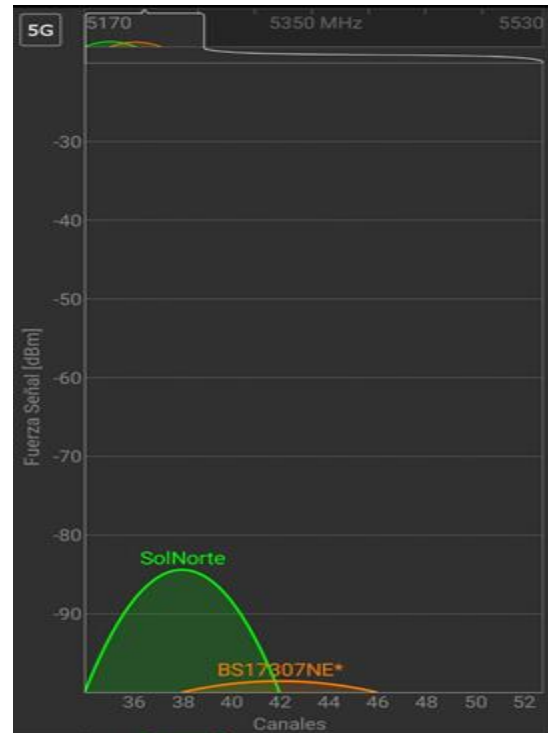


Figura 2.17 Medición en el punto 6 para las frecuencias de 5 GHz

2.3.7 Mediciones en el punto 7

En este punto hay tres redes inalámbricas dentro del espectro de 2.4 GHz, estas están operando en los canales 4, 5 y 9 con señales bajas y medio bajas apenas mayores a -80 dBm.

Dentro del espectro de 5 GHz hay 4 redes en los canales 38, 42 y 48 en el espectro de frecuencias de 5170MHz con fuerzas de señal bajas de hasta -80dBm y una red más en la en el canal 104 en el espectro de 5550 MHz con fuerza de señal muy baja menor a -90dBm.

En la Figura 2.18 se tiene la imagen de la medición en este punto para 2.4 GHz y en las Figuras 2.19 y 2.20 para las frecuencias de 5 GHz.

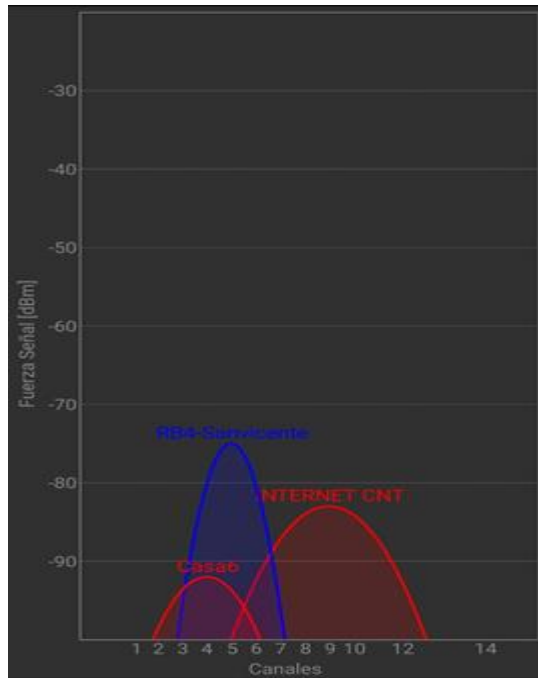


Figura 2.18 Medición en el punto 7 para las frecuencias de 2.4 GHz

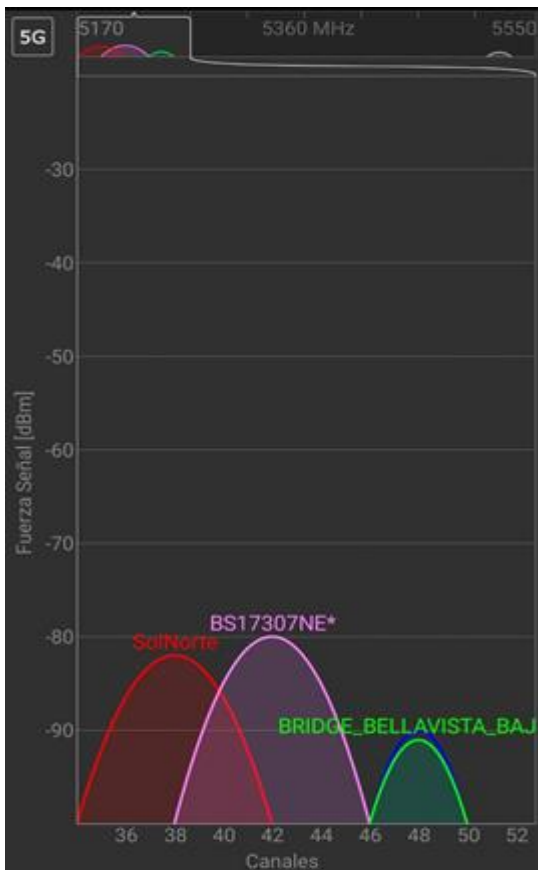


Figura 2.19 Medición en el punto 7 para las frecuencias de 5 GHz

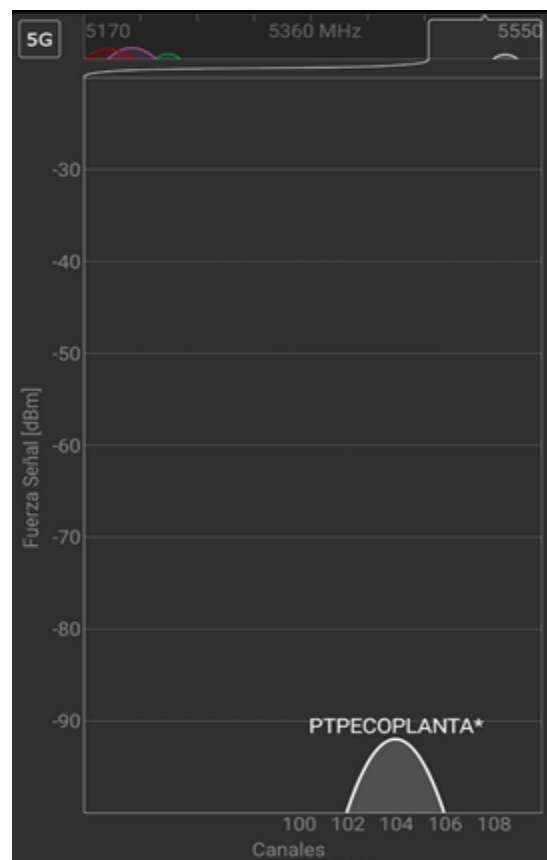


Figura 2.20 Medición en el punto 7 para las frecuencias de 5 GHz

2.3.8 Mediciones en el punto 8

En el punto 8 las mediciones indican en la banda de 2.4GHz el uso de los canales 5 y 9 por dos redes con fuerzas de señal bajas menores a -80dBm y una red en el canal 104 del espectro de 5 GHz con fuerza de señal también baja menor a -80 dBm

Las imágenes de las mediciones se insertan a continuación en las Figuras 2.21 y 2.22

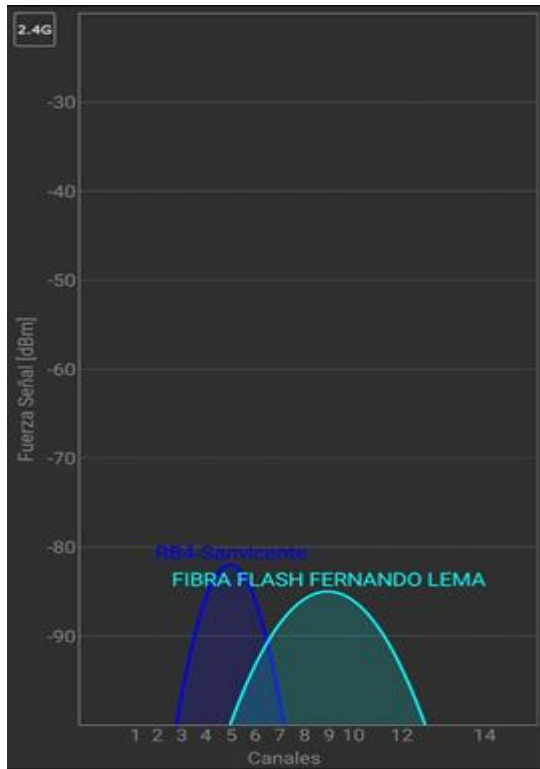


Figura 2.21 Medición en el punto 8 para las frecuencias de 2.4 GHz.

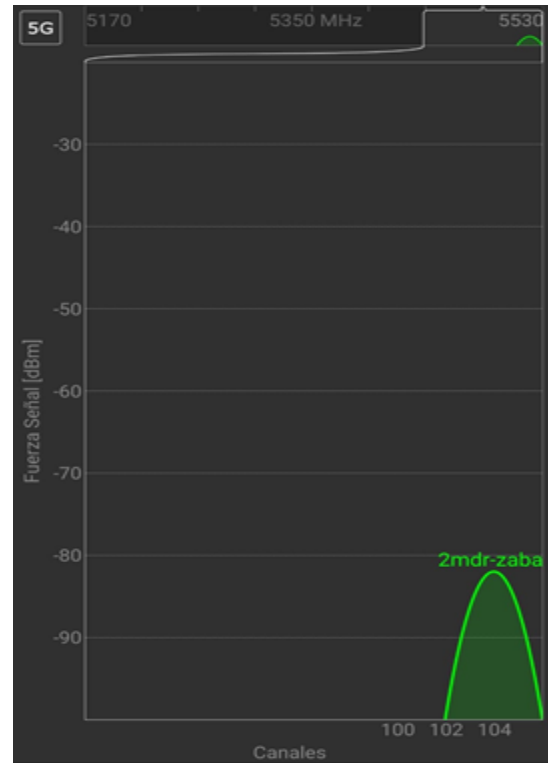


Figura 2.22 Medición en el punto 8 para las frecuencias de 5 GHz.

2.3.9 Mediciones en el punto 9

En el último punto donde se tomaron las mediciones se identificó únicamente una red inalámbrica en la banda de frecuencias de 2.4 GHz en el canal 9 y con una fuerza de señal baja apenas mayor a -80dBm.

En la banda de 5GHz se identificaron redes en los canales 38, 48, 64, 104 y 124 con fuerzas de señal muy bajas de -90dBm y bajas de -80dBm.

La medición para la banda de 2.4 GHz en este punto se puede ver en la Figura 2.23 y las mediciones para la banda de 5 GHz corresponden a las Figuras 2.24, 2.25, 2.26 y 2.27

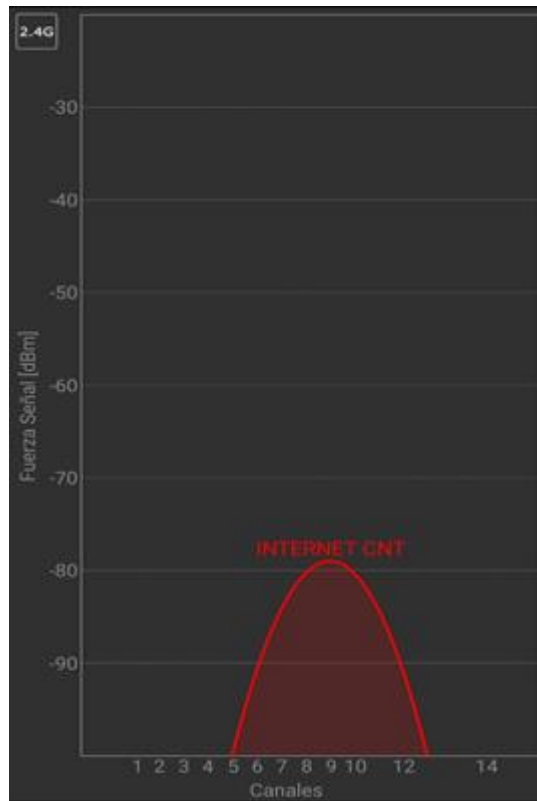


Figura 2.23 Medición en el punto 9 para las frecuencias de 2.4 GHz.

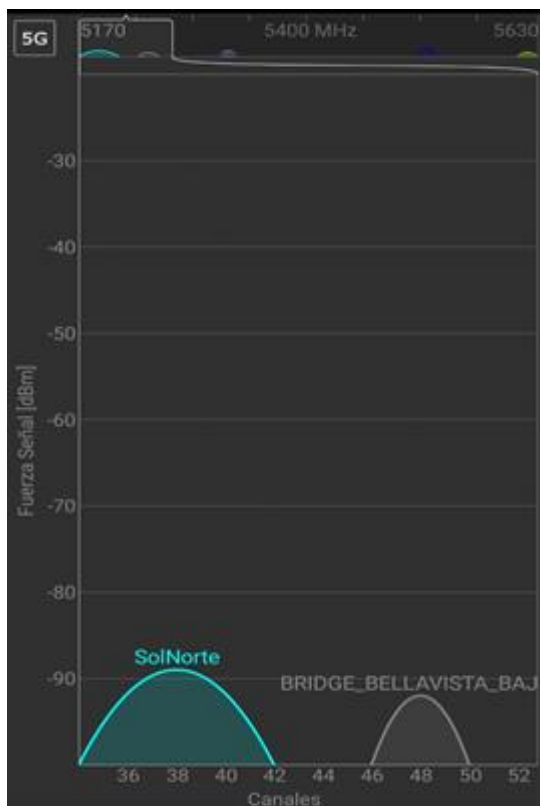


Figura 2.24 Medición en el punto 8 para las frecuencias de 5 GHz.

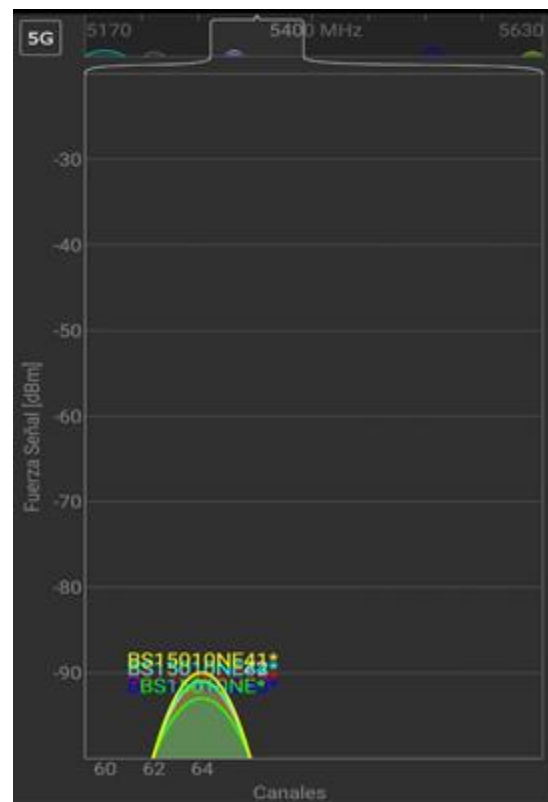


Figura 2.25 Medición en el punto 9 para las frecuencias de 5 GHz.

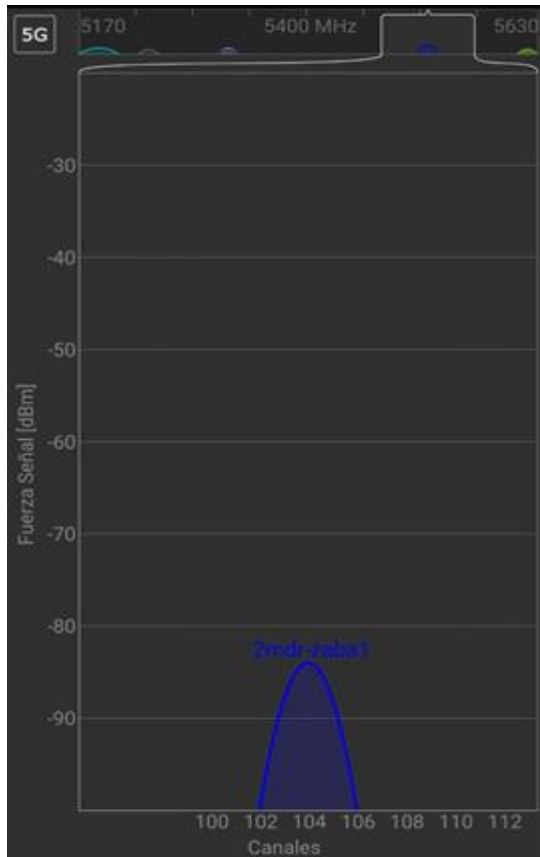


Figura 2.26 Medición en el punto 9 para las frecuencias de 5 GHz.

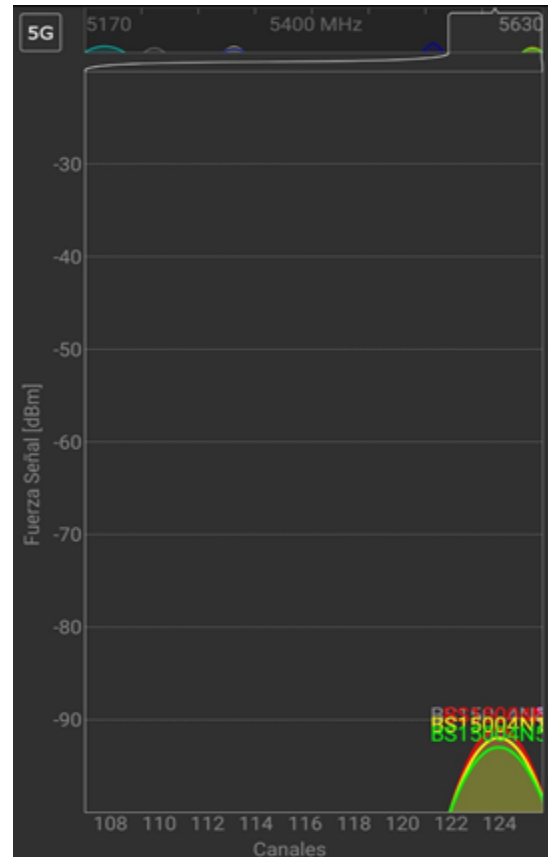


Figura 2.27 Medición en el punto 9 para las frecuencias de 5 GHz.

2.4 Usuarios de la red

Los usuarios del servicio de Internet serán las personas habitantes de las casas de los conjuntos habitacionales.

Las 30 casas a construirse tienen capacidad para un máximo de 4 personas cada una, es decir, que se tendría un máximo de 120 usuarios.

Como se mencionó anteriormente existe una regulación por parte del Municipio que impediría la construcción posterior de un mayor número de casas en el terreno o el aumento de pisos, por lo que el crecimiento a futuro en cuanto a usuarios se restringe.

2.5 Requerimientos

El requerimiento es brindar el servicio de acceso a Internet a los habitantes de los conjuntos habitacionales para que puedan hacer uso de servicios y aplicaciones como navegación web, visualización de videos, video llamadas, juegos en línea, redes sociales, correo electrónico, entre otros, con suficiente cobertura a todos los usuarios, rapidez y estabilidad que satisfagan sus requerimientos y tengan una buena experiencia en el uso.

3. CAPÍTULO 3 - DISEÑO DE RED INALÁMBRICA

Se diseña una red inalámbrica que permita cumplir con los requerimientos enunciados.

3.1 Estimación de tráfico

Para dimensionar la capacidad de transmisión es necesario dimensionar el tráfico que puede cursar por los enlaces de la red.

Para el dimensionamiento de tráfico se toma en cuenta las velocidades de transferencia que necesitan cuatro de los servicios y aplicaciones que suelen utilizarse hoy en día por los usuarios en los domicilios, si bien es cierto que hay muchos servicios que pudieran ser considerados, se toman aquellos de uso generalizado y algunos de los cuales por su contenido audiovisual en tiempo real, son sensibles a retardo, es decir, que tienen un mayor requerimiento de tasa de transferencia y que la red debe estar en capacidad de soportar.

El dimensionamiento se realiza considerando un factor de simultaneidad para el momento en el que la red tendrá la mayor demanda de uso y, por lo tanto, la mayor exigencia.

Dado que no se tiene proyectado aumentar el número de viviendas ni la cantidad de pisos de cada vivienda debido a restricciones municipales como previamente se indicó en el Capítulo 2, no es necesario proyectar un crecimiento en cuanto al número de hogares ni de habitantes o usuarios.

3.1.1 Tráfico para video llamadas

Las video llamadas son en la actualidad servicios muy utilizados para diferentes actividades de trabajo, estudios y comunicación en general; pueden ser de persona a persona (1:1) o de tipo grupal, teniendo estas últimas por lo general una mayor demanda de tasa de transferencia.

Este servicio implica la transmisión en sentido bidireccional de audio y video en tiempo real, razón por la cual, las video llamadas son sensibles a retardo.

Adicionalmente las plataformas permiten compartir archivos y compartir la pantalla transmitiendo video.

Para el dimensionamiento se toman las recomendaciones de plataformas de video llamadas ampliamente utilizadas. Cabe mencionar además que estas plataformas indican que en caso de que el ancho de banda sea insuficiente, estas reducen la calidad de video para adaptarse a las restricciones de la red y dan prioridad a la calidad de audio sobre la calidad de video para

lograr una mejor experiencia de uso. (Google, 2021c) (Soysal, 2021) (Zoom Video Communications, 2021)

Google Meet es una plataforma de tipo empresarial con requerimientos mayores a la plataforma Google Hangouts que es una plataforma muy similar de tipo básico y con menores prestaciones. Google Meet indica valores de ancho de banda ideales por participante para video llamadas grupales de 3.2 Mbps para tráfico saliente y 3.2 Mbps para tráfico entrante, así también, recomienda en caso de que se realicen emisiones en directo que los espectadores tengan un ancho de banda de entrada de 2.6 Mbps, lo cual significa 2.6 Mbps de salida en el emisor. (Google, 2021c)

Microsoft Teams es otra plataforma que permite realizar video llamadas y recomienda valores de 1.5 Mbps tanto de tráfico de subida como de bajada para video llamadas en calidad HD de punto a punto con resolución 1080p a 30fps; para video llamadas grupales en HD recomienda 1 Mbps de tráfico de subida y 2 Mbps de tráfico de bajada. (Soysal, 2021)

La plataforma Zoom especifica también requisitos de ancho de banda en las que las mayores exigencias corresponden a las video llamadas grupales, 2.5 Mbps para recepción de video HD 1080p y 3 Mbps para el envío de video HD 1080p. Especifica también 50 – 150 Kbps para compartir pantalla con miniatura de video. (Zoom Video Communications, 2021)

Para el valor a utilizar en el dimensionamiento se toma los valores más altos correspondientes a 3.2 Mbps para tráfico de bajada conocido también como entrante o de descarga y 3.2 Mbps para tráfico de subida conocido también como saliente o de carga.

3.1.2 Tráfico para visualización de videos (Streaming de video)

La visualización de contenido audiovisual como películas y series mediante streaming a través de Internet es también un servicio con demanda en auge, en este sentido es usual escuchar de Netflix como proveedor líder del servicio por suscripción en Ecuador, la recomendación de velocidad de descarga para video con calidad HD y audio es de 5 Mbps. (Netflix, n.d.), este valor recomendado coincide con otros proveedores en auge de este servicio como Amazon Prime Video (Amazon.com, n.d.) y Disney + (Disney, n.d.)

3.1.3 Tráfico para juegos en línea

Los juegos en línea son otro de los servicios utilizados en hogares que demandan tráfico considerable de conexión a Internet.

Según El Universo “La mayoría de los fabricantes de videojuegos recomiendan mínimo 3 Mbps de velocidad de descarga y de 0.5 a 1 Mbps de velocidad de carga” (El Universo, 2019)

El proveedor de servicios CenturyLink también da recomendaciones de velocidades de Internet para juegos con múltiples jugadores, velocidad de descarga de 4 Mbps y de carga de 1.5 Mbps. (CenturyLink, 2021)

Para el dimensionamiento se toma los valores más altos correspondientes a 4 Mbps para tráfico de descarga conocido también como entrante o de bajada y 1.5 Mbps para tráfico de carga conocido también como saliente o de subida.

3.1.4 Tráfico para navegación web

La navegación web es uno de los usos esenciales y de mayor utilidad que se le puede dar a Internet.

Para el cálculo de este tráfico se considera el tamaño promedio de página web según HTTP Archive en el que se analiza cerca de medio millón de las páginas web más visitadas y en el cual se indica que hasta el 1 de febrero de 2022 el peso promedio para sitios consultados desde un computador es de 2159.0 KB y de 1984.1 KB si se lo hace desde un dispositivo móvil. (Http Archive, 2022)

Si usando un computador se considera un tiempo de descarga aceptable de 5 segundos, se tiene entonces para cada página web:

$$\text{Tráfico} = \frac{2159.0 \text{ KB}}{\text{página}} \times \frac{1 \text{ página}}{5 \text{ s}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ B}} = 3454.4 \text{ Kbps} = 3.45 \text{ Mbps}$$

La Tabla 3.1 presenta las tasas de transferencia entrante y saliente de los servicios analizados.

Servicio	Tráfico Entrante (Mbps)	Tráfico Saliente (Mbps)
Videollamada	3.2	3.2
Video (incluye audio)	5	
Juegos en línea	4	1.5
Navegación Web	3.45	

Tabla 3.1 Tasas de transferencia entrante y saliente para cada servicio.

3.1.5 Tráfico de Internet para las casas.

Los enlaces deben tener la capacidad suficiente para soportar los servicios en el sentido correspondiente tanto de carga como de descarga.

Para el diseño se considera el caso de mayor exigencia en el que todos los habitantes de cada casa estén haciendo uso de forma simultánea del servicio que mayor tasa de transferencia requiera en el sentido correspondiente.

En el caso de tráfico entrante o de descarga se toma en cuenta el servicio de video, es decir, 5 Mbps para cada una de las 4 personas, obteniendo un total de 20 Mbps por cada casa, y un total de 600Mbps de tráfico de descarga para las 30 casas.

En el caso del tráfico saliente o de carga se toma en cuenta las video llamadas, es decir 3.2 Mbps para cada una de las 4 personas, con un total de 12.8 Mbps para cada casa y un total de 384 Mbps de tráfico de carga para las 30 casas.

La Tabla 3.2 contiene las tasas de tráfico entrante y saliente por cada casa y para el total de casas para el caso de mayor exigencia.

	Tráfico Entrante (Mbps)	Tráfico Saliente (Mbps)
1 casa	20	12.8
30 casas	600	384

Tabla 3.2 Tasas de tráfico para cada casa y para el total de casas para el caso de mayor exigencia de la red.

Es necesario determinar un nivel de compartición (*overbooking*) entre clientes que permita garantizar un mínimo de capacidad de Internet a cada casa en el caso de que todas se encontraran utilizando de forma simultánea el servicio, esto es necesario hacerlo pues la capacidad de conexión a Internet debe adquirirse a un proveedor ISP (*Internet Service Provider*), por lo cual no es recomendable comprar una cantidad de capacidad que pudiera no utilizarse y que generaría un gasto por una compra de capacidad innecesaria que no se utilice.

El nivel de compartición que se establece es de 2 a 1 con lo que se garantiza al menos 10 Mbps de descarga a cada casa y 6.4 Mbps de carga a cada casa.

La capacidad inicial a contratar con el proveedor (ISP) para el servicio a los usuarios es por lo tanto de 300 Mbps de tráfico en descarga y de 192 Mbps en tráfico de carga. Cabe aclarar

que una vez que entre en funcionamiento el proyecto las exigencias de los usuarios pudieran ser variables o incluso el tráfico de las aplicaciones pudiera también variar, en este caso se puede aumentar o disminuir la compra de capacidad al ISP con la finalidad de satisfacer o adecuarse a los requerimientos de los clientes.

Las tasas de tráfico mínimas garantizadas para cada casa y la capacidad inicial a ser contratada con el ISP para todas las casas consta en la Tabla 3.3

	Tráfico Entrante (Mbps)	Tráfico Saliente (Mbps)
Mínimo garantizado para cada casa	10	6.4
Capacidad inicial a ser contratada con el ISP para 30 casas	300	192

Tabla 3.3 Tasas de tráfico entrante y saliente mínimas garantizadas para cada casa y capacidad inicial a ser contratada con el ISP para todas las casas.

3.1.6 Tráfico de video vigilancia para el cuarto de equipos del nodo central

El cuarto de equipos donde se guarden los dispositivos de red debe contar con un sistema de videovigilancia que pueda ser monitoreado de forma remota.

Dado que las cámaras pueden ser monitoreadas de forma remota a través de Internet, este tráfico generado por las cámaras tendrá su propia VLAN y será parte del tráfico saliente, que si bien no forma parte del tráfico de los enlaces inalámbricos, debe ser tomado en cuenta como parte del tráfico saliente a ser contratado con el ISP.

Para el cálculo de este tráfico se utiliza la herramienta de cálculo de un proveedor líder en el mercado de videovigilancia (Hikvision, n.d.-b), en este se especifican los siguientes parámetros:

- Número de canales: 2 (Uno por cada cámara).
- Estándar de video: NTSC (Estándar americano utilizado en Ecuador).
- Codificación: H.265.
- Resolución: 1080p (1920x1080) .
- Cuadros por segundo: 22 (Número de cuadros por segundo visibles al ojo humano).

La herramienta indica como resultado que para las dos cámaras se necesita de 3.40 Mbps resultado que se muestra en la tabla 3.4

Servicio	Tráfico Saliente (Mbps)
Videovigilancia para el cuarto de equipos del nodo central.	3.40

Tabla 3.4 Tráfico del servicio de video vigilancia.

Este valor se suma a los 192 Mbps calculados para el tráfico saliente de los clientes, con lo que se tiene un total de 195.40 Mbps a ser contratados.

3.1.7 Tráfico para la conexión a Internet.

El total de tráfico se obtiene al añadir el tráfico de monitoreo de videovigilancia al que se requiere para las casas como se puede ver en la Tabla 3.5

	Tráfico Entrante (Mbps)	Tráfico Saliente (Mbps)
Capacidad inicial a ser contratada con el ISP	300	195.40

Tabla 3.5 Capacidades iniciales a ser contratadas con el ISP.

3.2 Diseño de la red

3.2.1 Topología de la red

Una vez realizada una inspección del entorno geográfico de la zona a cubrir, fue posible identificar que en los alrededores hay varias construcciones y viviendas que cuentan con servicio de electricidad y conexión a Internet en el sector, esto significa que el terreno en análisis puede también contar con servicio de electricidad y que el proveedor ISP principal del servicio de Internet que se debe contratar para que permita la conexión internacional podría llegar a conectarse directamente hasta un nodo central de comunicación ubicado dentro del terreno; de esta forma al contar con un sitio propio, se evita el costo que tendría realizar el pago por arrendamiento y se mejora considerablemente la recepción de las señales inalámbricas por parte de las antenas.

A este nodo central será donde converjan todos los enlaces inalámbricos con cada una de las casas utilizando una topología punto - multipunto.

El nodo central de comunicación estaría conformado por un cuarto de equipos en el que se guarden todos los equipos de conectividad y sobre el que se monte una torreta o mástil con los equipos de radio frecuencia y sus respectivas antenas.

Cada casa cliente contará con su propio mástil en el que sea instalado el equipo de radio frecuencia (CPE *Costumer Premises Equipment / Equipo Local del Cliente*) y su antena.

Dadas las dimensiones del terreno y las tasas de tráfico dimensionadas para la red, se decide utilizar en el nodo central dos equipos de radio, cada uno conectado a una antena de tipo sectorial, de esta manera se puede dividir a los clientes, distribuir la carga de tráfico y mejorar la cobertura apuntando cada antena hacia un área específica del terreno.

La antena ubicada arriba apuntará hacia las 15 casas del conjunto habitacional más alejado, mientras que la antena que esté abajo dará el servicio a las 15 casas del conjunto más cercano.

Las antenas deben tener las alturas suficientes para que en la medida de lo posible exista línea de vista directa en los enlaces y así mejorar la conectividad.

3.2.2 Diagrama de la red

La topología del enlace punto a multipunto propuesto se presenta en la Figura 3.1

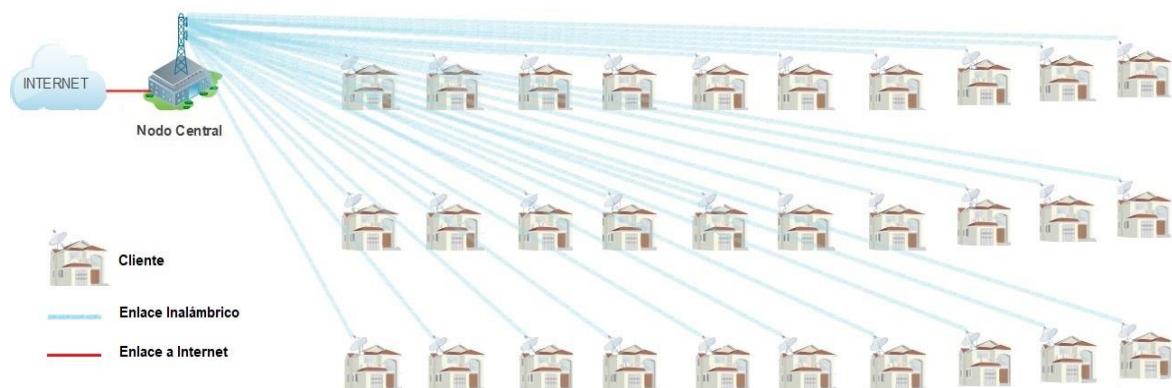


Figura 3.1 Diagrama de red propuesta.

3.2.3 Nodo central

El nodo central será construido en la esquina noroeste del terreno, esta ubicación permite mejorar la utilización y distribución del espacio y además que se pueda cubrir toda el área. Cabe aclarar que será la misma empresa constructora de las casas la que construya el nodo central lo cual también representa un ahorro de costos en materiales de construcción y mano de obra.

La distancia desde el vértice del terreno cercano a la localización del nodo central, hasta el punto más alejado del terreno es de aproximadamente 290 m, ver Figura 3.2

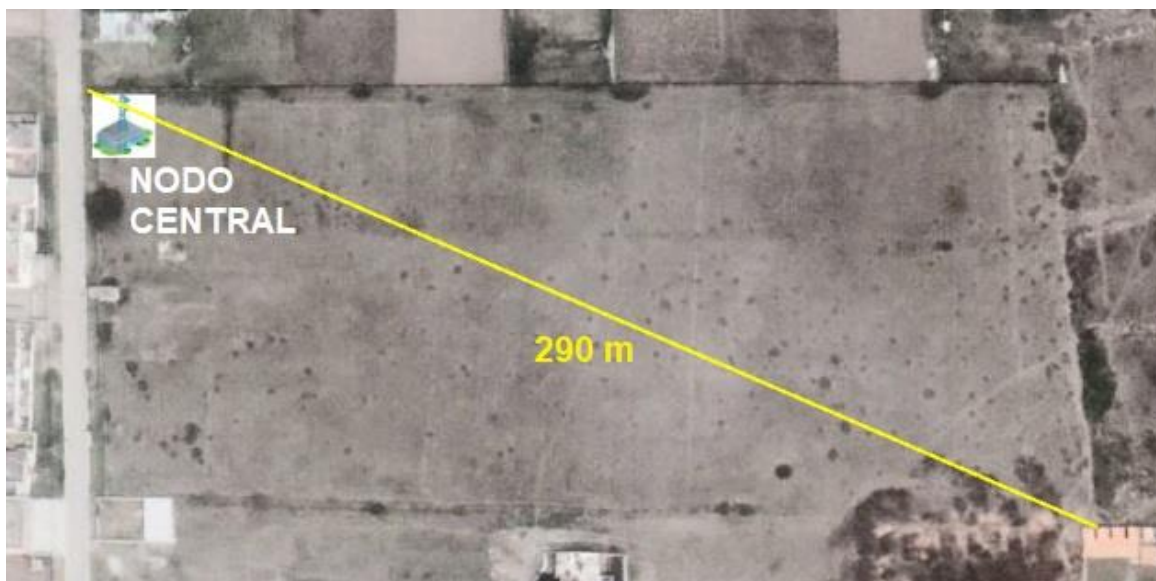


Figura 3.2 Ubicación del nodo central y distancia al punto más alejado del terreno.

Para el nodo central será construido un cuarto de equipos donde se guarde el equipamiento de red que incluye, un switch al que converjan los equipos de radio y que permita trabajar con VLANs, este switch se conectará a un router que permita el enrutamiento de direcciones, enrutamiento inter VLANs y se encargue del direccionamiento IP al realizar la función de servidor DHCP, este router debe conectarse a un equipo de seguridad perimetral o firewall, y este último será el que se conecte con el equipo router o modem – router terminal que instale el proveedor ISP.

En el techo sobre el cuarto de equipos será montada una torreta o mástil en el que se ubicarán los equipos de radio frecuencia y las antenas, conectados a través de jumpers con conectores de tipo RPSMA.

Las conexiones cableadas para los equipos utilizarán cable UTP de categoría 6.

En la Figura 3.3 se tiene el esquema de conexión de los equipos en el nodo central de comunicación.

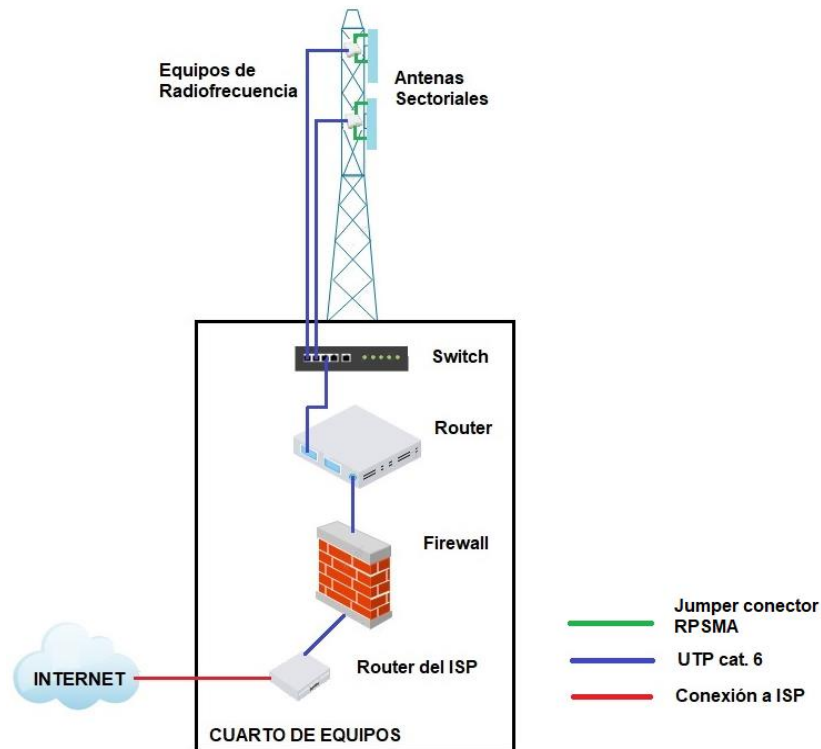


Figura 3.3 Conexión de equipos en el nodo central.

El cuarto de equipos debe tener un área mínima de 13,5 m² para entre 101 y 200 equipos a ser atendidos, debe contar en la medida de lo posible con climatización que permita una temperatura de entre 5°C a 35°C y humedad relativa entre el 8% y el 80% conforme indica el estándar ANSI/TIA/EIA 569-E: Rutas y espacios de Telecomunicaciones. ANSI & TIA (como se citó en Standards Informant, n.d.) además deberá disponer de un equipo de respaldo de energía ininterrumpida UPS, seguridad con control de acceso electrónico, cámaras de videovigilancia y sistema de puesta a tierra para el rack de equipos.

La torreta o mástil también debe tener su conexión de descarga a tierra y protección con pararrayos.

Se menciona también que la misma empresa constructora – inmobiliaria es la que va a solicitar el otorgamiento de título habilitante para brindar el servicio y gestionarlo como parte de su planificación estratégica, por lo cual, será su Departamento de Sistemas quien se haga cargo de la implementación y gestión de los equipos servidores y de su software, así también, de la gestión y administración de la red y de los servicios como monitoreo de red, correo electrónico, gestión de clientes, sistemas de facturación y contabilidad, entre otros.

Este proyecto de diseño permitirá además que se pueda escoger entre implementar y gestionar la infraestructura y los servidores de forma local dentro del mismo cuarto de equipos, o que se lo haga con infraestructura y gestión remota a través por ejemplo del establecimiento de VPNs (*Virtual Private Network*).

3.2.4 Instalaciones de cliente

Cada casa debe tener instalado en el techo un mástil en el que se fije un equipo de radiofrecuencia integrado a una antena direccional que apunte hacia el nodo central, en el interior de la casa se conectará un router Wi-Fi para que el cliente pueda conectar sus dispositivos terminales y un extensor de señal en el piso superior para mejorar la conectividad en ese piso.

El esquema de conexión en las casas se presenta en la Figura 3.4

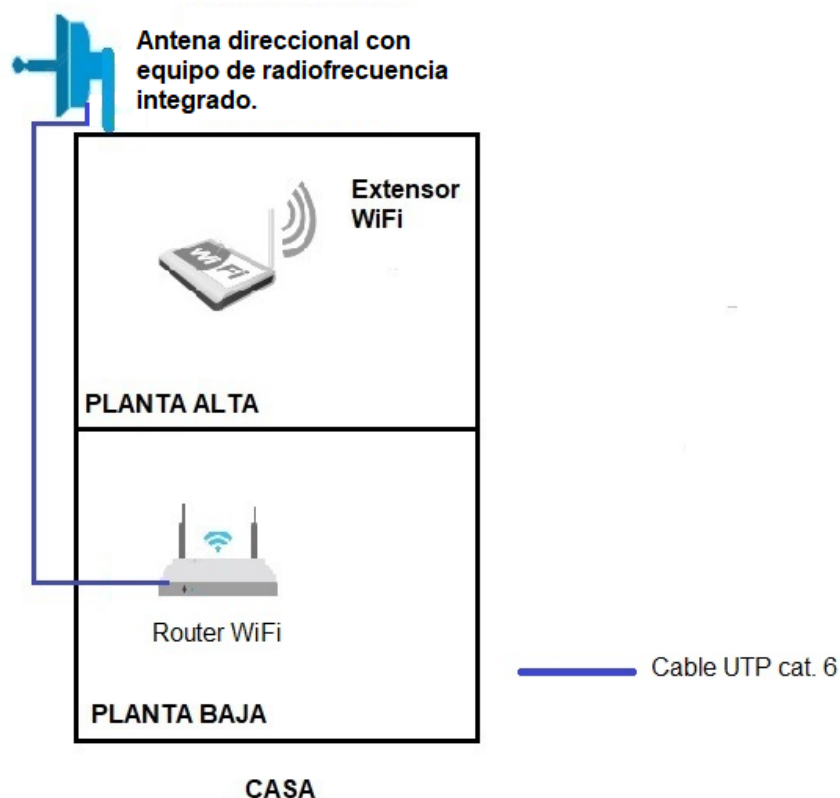


Figura 3.4 Conexión de equipos en las casas clientes.

3.2.5 Comparación Wi-Fi y WiMAX y selección de tecnología aplicable al proyecto.

Tanto Wi-Fi como WiMAX son tecnologías de transmisión inalámbricas aplicables a la transmisión de datos, sin embargo, es menester hacer ciertas diferenciaciones en función de elegir la tecnología más adecuada aplicable al proyecto.

Ambas tecnologías permiten transmisión en bandas libres, con lo que se puede evitar el pago de una licencia por uso del espectro radio eléctrico.

WiMAX está diseñado para cubrir redes de área metropolitana con extensiones que pueden alcanzar las decenas de kilómetros, mientras que Wi-Fi como se mencionó en el Capítulo 1, originalmente permite alcances de 300 m en espacios abiertos y puede extenderse a algunos kilómetros si se intenta cubrir largas distancias. En este aspecto WiMAX resultaría excesivo y Wi-Fi es apropiado en el proyecto si tomamos en cuenta que la mayor distancia a cubrir es de 290 m y que además se cuenta con línea de vista para los enlaces.

El estándar de WiMAX define tasas de transmisión de 75Mbps, y se ha llegado en la práctica a velocidades de hasta 120 Mbps; por su parte Wi-Fi puede llegar a velocidades de hasta 2.4 Gbps dependiendo del estándar que se utilice. Tomando en cuenta el dimensionamiento realizado previamente en este capítulo en donde se calculan tasas de tráfico de hasta 600 Mbps de transmisión, para utilizar WiMAX se necesitaría de 5 antenas, lo cual, además del incremento de costo puede causar aumento de interferencia entre las antenas y dar mayor complejidad a la administración. Es claro, por tanto, que Wi-Fi es la tecnología adecuada a ser utilizada.

Wi-Fi dispone también de tecnología SU-MIMO (Single User MIMO) y MU-MIMO (Multi User MIMO) que permiten atender múltiples peticiones de forma simultánea para uno o varios usuarios respectivamente.

Es además comúnmente conocido que el costo de equipos para transmisión con tecnología WiMAX es más elevado que el de equipos con tecnología Wi-Fi.

Por todas estas razones se decide utilizar tecnología Wi-Fi para el proyecto.

3.2.6 Selección de estándar Wi-Fi y de frecuencias a utilizar.

Las bandas de frecuencia a utilizar serán aquellas determinadas como de uso libre, por lo que no se necesita realizar un pago de licencia por utilizarlas.

De acuerdo con las mediciones realizadas en 2.3 se tiene como resultado que la banda de frecuencia en 5 GHz casi no está siendo utilizada por redes cercanas, por su parte la banda de 2.4 GHz presenta utilización de señales que se reciben con fuerzas de señal bajas o muy bajas.

La frecuencia de 5 GHz al ser mayor permite tasas de tráfico más altas y tiene un mayor número de canales que pueden ser usados sin causar interferencia entre sí, lo cual impacta directamente en la experiencia de uso.

Para los enlaces entre el nodo de comunicación y las casas, la banda de frecuencias a utilizar es la de 5 GHz con el estándar 802.11 ac que supera la tasa de transferencia dimensionada, cuenta con tecnología MIMO y permite ensanchar los canales a canales más amplios de 80MHz y hasta 160MHz de ser necesario.

Para la tasa de transferencia dimensionada de 300 Mbps entre el nodo y las casas se utilizará dos canales de 40 MHz de ancho, uno por cada equipo de radio frecuencia en el nodo. Estos canales no serán sucesivos, de manera que se evite la interferencia co-canal y la interferencia de canal cercano.

Las frecuencias a utilizar en el nodo central serán de 5250 MHz a 5290 MHz y de 5470 MHz a 5510 MHz.

Para las redes inalámbricas dentro de las casas será posible utilizar cualquiera de las dos bandas, es decir que se puede utilizar la banda de 5 GHz o la banda de 2,4 GHz con la finalidad de dar flexibilidad al uso de la red y también la de permitir la compatibilidad de equipos y dispositivos que pudieran aún no soportar los estándares que trabajan en la frecuencia de 5 GHz.

No se especifica frecuencias ni canales determinados de manera que los equipos puedan sensor el entorno y elegir de manera automática el que consideren menos saturado, con esto se reduce la interferencia con las redes de las casas cercanas.

Todas las redes contarán con su respectivo nombre de identificación SSID (*Service Set Identifier*) y una contraseña de acceso con seguridad WPA2 (*Wi-Fi Protected Access*) con algoritmo de cifrado AES (*Advanced Encryption Standard*).

3.2.7 Cumplimiento de la normativa para el uso de frecuencias.

El diseño debe cumplir con lo especificado en el Anexo 2 de la Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro para Uso Determinado en Bandas Libres, aplicable a estaciones dedicadas a la prestación de servicios de telecomunicaciones, redes privadas o al soporte de servicios de radiodifusión.

Como se indicó previamente el diseño contempla el uso del espectro de frecuencias de 5 GHz para los enlaces entre el nodo central y las casas clientes, y el uso de los espectros de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz al interior de las casas.

El anexo de la norma especifica que estos espectros de frecuencia pueden ser utilizados para enlaces de tipo punto a punto, punto a multipunto y sistema móvil, es decir no hay restricción en lo que respecta a topología. (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018)

3.2.7.1 *Enlaces entre el nodo central y las casas*

En cuanto a límites de emisión el Anexo indica que en las frecuencias utilizadas para los enlaces entre el nodo central y las casas (5250 MHz a 5290 MHz y de 5470 MHz a 5510 MHz) la potencia pico máxima del transmisor será de 250 mW ó 24 dBm, con un P.I.R.E (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) o E.I.R.P. (*Effective Isotropic Radiated Power*) de hasta 1000 mW o 30 dBm. (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018)

Si se utilizan equipos con antenas de transmisión de ganancia mayor a 6 dBi, la potencia de transmisión pico y la densidad espectral de potencia pico se deben reducir en la cantidad de dB que superen la ganancia de la antena que exceda los 6dBi. (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018)

3.2.7.2 *Red inalámbrica interna en cada casa*

Dentro de las casas conforme al rango de frecuencias a utilizar (2400 MHz a 2483.5 MHz y de 5725 MHz a 5850 MHz) el límite de emisión en cuanto a la potencia pico máxima del transmisor es de 1000 mW o 30 dBm y no se define un límite de P.I.R.E. (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018)

Si en la banda de 2.4 GHz la ganancia de la antena es mayor a 6 dBi debe reducirse la potencia máxima de salida del transmisor, es decir 1 Watt, en 1dB por cada 3 dB de ganancia de la antena que exceda los 6dBi. (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018)

Para la banda de 5 GHz se pueden usar antenas de transmisión con ganancia mayor a 6dBi y de hasta 23 dBi sin necesidad de reducir la potencia pico de salida del transmisor. En caso de que la ganancia fuera mayor a 23 dBi, se debe reducir 1dB en la potencia del transmisor y en la densidad espectral de potencia pico por cada dB que la ganancia de la antena exceda

los 23 dBi. (Norma Técnica de Espectro de Uso Libre y de Espectro Para Uso Determinado En Bandas Libres, 2018)

4. CAPÍTULO 4 – EQUIPAMIENTO Y COSTO REFERENCIAL

Se indican las características mínimas que deben tener los dispositivos que son necesarios para el proyecto, los equipos a utilizar disponibles en el mercado y su costo referencial.

Todos los equipos a ser utilizados deben contar con garantía mínima de 1 año.

4.1 Equipos para el nodo central de comunicaciones

Los equipos de radiofrecuencia y las antenas deben permitir un alcance de 300m de distancia.

4.1.1 Antenas

Se necesitan 2 antenas que cumplan con las siguientes características mínimas:

- Antenas para exteriores.
- De tipo sectorial o corneta de 90 grados de apertura, para enlaces punto a multipunto.
- Frecuencia de trabajo en 5 GHz (Para trabajar en Wi-Fi 802.11 ac).
- Con protección para reducir la radiación hacia el sentido posterior de la antena.

Se necesitan también 4 jumpers con conectores RPSMA para conectar las antenas a los equipos de radio frecuencia.

En la Tabla 4.1 se pueden ver las características de las antenas ePMP 3000 de la marca Cambium Networks que cumplen con lo requerido.


Marca y modelo	Cambium Networks ePMP 3000 Sector	
Para exteriores	IP 65 ruggedization y Protección UV ABS	
De tipo sectorial o corneta.	Sectorial	
Ángulo de cobertura	90°	
Enlaces PtMP	Si	
Frecuencia de trabajo 5 GHz	4.9 GHz a 5.97 GHz	
Protección de radiación posterior	30 dB front to back	
Conectores RPSMA	Si	

Tabla 4.1 Características de las antenas Cambium Networks ePMP 3000 Sector Antenna (Cambium Networks, n.d.-b)

En el Anexo 2 de este proyecto se incluye la ficha técnica de esta antena.

4.1.2 Equipos de radio frecuencia

Se tendrá 2 radios, uno por cada antena, las características mínimas de estos son las siguientes:

- Para exteriores.
- Para enlaces punto a multipunto.
- Frecuencia de trabajo 5 GHz para trabajar en los rangos 5250 MHz a 5290 MHz y 5470 MHz a 5510 MHz (En Wi-Fi 802.11 ac).
- Cada radio debe permitir tasas de transferencia de al menos 300 Mbps para transmisión o carga y de al menos 192 Mbps para recepción o descarga.
- Mínimo 15 clientes
- Tecnología MIMO
- Que permita ensanchar los canales al menos a 80 MHz.
- Soporte de VLANs (IEEE 802.1 Q) de preferencia con priorización de tráfico (IEEE 802.1p) para las aplicaciones en tiempo real.
- Algoritmo de cifrado AES.
- Al menos 1 Puerto Gigabit Ethernet.
- Administrable.

El equipo Cambium Networks ePMP 3000 cumple con lo requerido y sus características se presentan en la Tabla 4.2


Marca y modelo	Cambium Networks ePMP 3000	
Para exteriores	IP 55	
Enlaces PtMP	Si	
Frecuencia de trabajo 5 GHz	4.910 MHz a 5980 MHz	
Tasas de Transferencia	Hasta 1.2 Gbps	
Clientes	120	
Tecnología MIMO	MU-MIMO	
Ensanchamiento de canales	20, 40 y 80 MHz	
Soporte VLAN (802.1 Q) y priorización 802.1p	Si	
Encriptación AES	AES 128 bit (CCMP)	
Puerto Gigabit Ethernet	Si	
Administrable	HTTPs, SNMPv2c, SSH	

Tabla 4.2 Características de los equipos de radio frecuencia Cambium Networks ePMP 3000 (Cambium Networks, n.d.-a)

Hay que mencionar que puede parecer que existe un sobredimensionamiento de la capacidad del transmisor, esto es conveniente hacerlo si se toma en cuenta que la capacidad de tráfico requerida tiende por lo general a aumentar y que es recomendable que los equipos de radio frecuencia y los de red trabajen hasta en un 70% de su capacidad para no tener problemas de saturación o latencia en los equipos.

En el Anexo 3 se incluye la ficha técnica de estos equipos de radio frecuencia.

4.1.3 Switch

Al switch convergen los dos equipos de radiofrecuencia, el DVR y se conecta al router.

Sus características mínimas deben ser las siguientes:

- Montable en rack.
- Administrable.
- Soporte de VLANs (IEEE 802.1 Q).
- Priorización de tráfico.
- Soporte de administración de ancho de banda.
- Protocolo RSTP (Rapid Spanning Tree) para evitar bucles.
- Aislamiento de puertos para evitar conexiones indeseadas y que ese puerto pueda comunicarse con lo demás puertos.
- Al menos 8 puertos Gigabit Ethernet.
- MTBF (Tiempo Medio Entre Fallos) mayor a 5 años (43.800 horas) para fiabilidad del switch.

La Tabla 4.3 contiene las características del switch que cumple con lo requerido.

Marca y modelo	Mikrotik CRS326-24G-2S+RM
Administrable	Si
Montaje en rack	1U
Soporte de VLAN (IEEE 802.1Q)	Si, hasta 4K VLANs
Priorización de tráfico	En VLAN tag
Gestión de ancho de banda.	Si
RSTP	Si
Aislamiento de puertos	Si
Puertos Gigabit Ethernet	24 Gigabit Eth. + 2 SFP
MTBF	200.000 horas



Tabla 4.3 Características de Switch CRS326-24G-2S+RM (MikroTik, n.d.-b)

En el Anexo 4 se añade la ficha técnica de este switch.

4.1.4 Router

El router se encarga de las funciones de direccionamiento IP y de enrutamiento.

Debe contar con las siguientes características mínimas:

- Montable en rack.
- De nivel empresarial.
- Administrable.
- Función de servidor DHCP.
- NAT (*Network Address Translation*) para la traducción entre direcciones privadas y direcciones públicas.
- DNS configurable.
- Soporte de VLANs (IEEE 802.1 Q).
- Soporte de VPN.
- Administración de ancho de banda y balanceo de carga.
- Funciones de Firewall (Opcional).
- Funciones de configuración de red inalámbrica (Opcional).
- Al menos 3 puertos Gigabit Ethernet.
- Doble fuente de poder para redundancia.

La Tabla 4.4 contiene las características del router.

Marca y modelo	Mikrotik CCR1009-7G-1C-1S+
Montable en rack	1U
De nivel empresarial	Si
Administrable	Si
Servidor DHCP	Si
NAT	Si
DNS Configurable	Si
Soporte de VLAN (IEEE 802.1Q)	Si

VPN	IPsec
Administración de ancho de banda y balanceo de carga	Si
Funciones de Firewall (Opcional)	Si
Funciones de configuración de red inalámbrica (Opcional)	Si
Puertos Gigabit Ethernet	7 Gigabit Ethernet + 1 Combo + 1 SFP
Fuente de Poder dual	Si

Tabla 4.4 Características router Mikrotik CCR1009-7G-1C-1S+ (MikroTik, n.d.-a)

En el Anexo 5 se encuentra la ficha técnica de este router.

4.1.5 Firewall

El firewall será el equipo de seguridad de borde que se conecte con el router y con el equipo terminal del ISP.

Los requerimientos mínimos para el firewall son:

- Administrable.
- De rendimiento empresarial de 1 Gbps o mayor. (En función al tráfico dimensionado para el proyecto).
- Soporte de VLANs (IEEE 802.1 Q).
- NAT (*Network Address Translation*) para la redirección de redes.
- Balanceo de carga.
- Manejo de ancho de banda.
- QoS con priorización de tráfico.
- Soporte de VPN.
- IPS (Sistema de prevención de intrusos).
- Antivirus incorporado.
- Al menos 2 puertos Gigabit Ethernet.

La Tabla 4.5 abarca las características del equipo de la marca Palo Alto que cumple con estas características.


Marca y modelo	Palo Alto PA-440
Administrable	Si
Rendimiento mayor a 1 Gbps	3 Gbps / 2. 4 Gbps
Soporte de VLAN (IEEE 802.1Q)	Si
NAT	Si, incluida en la licencia threat prevention
Balanceo de carga	Si
Manejo de ancho de banda	Si
QoS y priorización de tráfico	Si, incluida en la licencia threat prevention
Soporte de VPN	IPSec
IPS	Si, incluida en la licencia threat prevention
Antivirus incorporado	Antivirus, antimalware, y sand box incluida en la licencia threat prevention
Puertos Gigabit Ethernet	8 RJ45 10/100/1000 Mbps
	

Tabla 4.5 Características Firewall Palo Alto PA-440 (Palo Alto Networks, n.d.)

En el Anexo 6 se incluye la ficha técnica de este Firewall.

4.2 Equipos para seguridad física del cuarto de equipos

4.2.1 Control de acceso electrónico

El control de acceso electrónico permite restringir el acceso a personas no autorizadas.

Para seguridad del cuarto se utilizará un control de acceso biométrico para exteriores que permita la lectura de huellas digitales, tarjetas RFID o ingreso de claves. El control de acceso permite bloquear o abrir la puerta, puede conectarse a la red y gestionarse mediante software o trabajar de forma independiente en modo stand alone.

El control de acceso a utilizarse es de la serie profesional de la marca Hikvision modelo DS-K1T804BEF diseñado para exteriores, 150.000 eventos, relevador de chapa y reporte de asistencia.

En la Figura 4.1 se puede ver este dispositivo.



Figura 4.1 Control de acceso biométrico Hikvision DS-KIT804B-EF (SYSCOM, n.d.)

4.2.2 Sistema de videovigilancia

Para el sistema de videovigilancia se ubicará una cámara tipo bala para exteriores (IP 66) en la entrada del cuarto y otra cámara tipo torre para interiores dentro del mismo.

Contará con un DVR de marca Hilook modelo 204Q-K1, con disco duro especializado en grabación de videovigilancia de 1 TB de capacidad de almacenamiento local, grabación configurada por detección de movimiento y puerto ethernet para permitir monitoreo remoto.

Las cámaras tendrán una definición de 2 MP y contarán con visión nocturna.

En la Figura 4.2 se incluye la imagen del DVR, en la Figura 4.3 la cámara para exteriores y en 4.4 la cámara para interiores.



Figura 4.2 DVR-204Q-K1 (Hikvision, n.d.-a)



Figura 4.3 Cámara para exteriores THC-B120-P (Hikvision, n.d.-c)



Figura 4.4 Cámara para interiores THC-T120-P (Hikvision, n.d.-d)

4.3 Equipo UPS de respaldo eléctrico para el nodo central.

El UPS se encargará de dar respaldo de energía a los equipos del nodo central con la finalidad de que en caso de apagón pueda hacerse un apagado adecuado de los mismos, evitando daños y pérdida de información.

Para dimensionar la capacidad del UPS se suma las potencias de consumo en Watts de los equipos y se la multiplica por un 40% como factor de proporcionalidad para obtener la capacidad en Voltio – Amperios. (Jaramillo, 2013)

En la Tabla 4.6 se realiza la sumatoria de potencias de consumo de los dispositivos del nodo central a ser respaldados por un UPS.

Equipo	Potencia unitaria [W]	Cantidad	Potencia total [W]	Potencia total [VA]
Equipo de Radiofrecuencia Cambium ePMP 3000	25	2	50	70
Switch MikroTik CRS326-24G-2S+RM	24	1	24	33,60
Router MikroTik CCR1009-7G-1C-1S+	34	1	34	47,60
Firewall Palo Alto PA-440	34	1	34	47,60
Control Acceso Hikvision DS-K1T804B-EF	24	1	24	33,60

DVR Hilook 204Q-K1	18	1	18	25,20
THC-B120-P	4	1	4	5,60
THC-T120-P	4	1	4	5,60
Total			192	268,8

Tabla 4.6 Consumo de potencia de dispositivos del nodo central.

Para la potencia calculada por recomendación del vendedor se decide optar por un UPS de 1.5 KVA que entregaría una autonomía de 40 minutos.

El UPS Xmart Optima RT10 1.5 K tiene esta capacidad, cuenta con supresor de picos, tecnología on line, certificación UL, corriente para carga de batería configurable, baterías reemplazables en caliente, auto recuperación y arranque en frío.

En la Figura 4.5 se tiene el equipo UPS.



Figura 4.5 UPS Xmart Optima RT10 1.5K (Xmart by Integra, n.d.)

4.4 Equipos para las casas clientes

Los equipos de radiofrecuencia y las antenas deben permitir un alcance de 300m de distancia.

4.4.1 Antena con equipo de radiofrecuencia integrado

Para cada casa se utiliza antenas directivas con equipos de radiofrecuencia integrados, uno por cada casa, es decir, un total de 30 que cumplan con las siguientes características mínimas:

- Para exteriores.
- Administrable.

- Antenas de tipo directivas.
- Frecuencia de trabajo 5 GHz para trabajar en los rangos 5250 MHz a 5290 MHz y 5470 MHz a 5510 MHz (En Wi-Fi 802.11 ac).
- Con protección para reducir la radiación hacia el sentido posterior de la antena.
- Tasa de transferencia de 12.8 Mbps para transmisión o carga y de 20 Mbps para recepción o descarga.
- Tecnología MIMO.
- Con capacidad de ensanchamiento de canales al menos a 40 MHz.
- Soporte de VLANs (IEEE 802.1 Q) de preferencia con priorización de tráfico (801.p) para las aplicaciones en tiempo real.
- Algoritmo de cifrado AES.
- 1 Puerto Gigabit Ethernet.

Las características del equipo que cumple con estos requerimientos y sus características se presentan en la Tabla 4.7


Marca y modelo	Cambium Networks ePMP Force 200	
Para exteriores	IP 55	
Administrable	Si, IP / HTTPS/ SNMPv2 / SSH/ CnMaestro	
Antenas de tipo directivas	Si	
Frecuencia de trabajo 5 GHz	4.910 MHz a 5970 MHz	
Protección de radiación posterior	>25 dB front to back isolation	
Tasas de Transferencia	200 Mbps	
Tecnología MIMO	MIMO	
Ensanchamiento de canales	5, 10, 20 y 40 MHz	
Soporte VLAN (802.1 Q) y priorización 802.1p	Si	
Encriptación AES	AES 128 bit (CCMP)	
Puerto Gigabit Ethernet	10/100/1000 Base T	

Tabla 4.7 Características del equipo Cambium Networks ePMP Force 200 (Cambium Networks, n.d.-c)

El Anexo 7 incluye la ficha técnica del equipo.

4.4.2 Router Wi-Fi

Se coloca un router Wi-Fi en cada casa, es decir, 30 en total. Estos routers Wi-Fi se conectan al equipo integrado instalado en el techo de cada casa a través de cable UTP de categoría 6

para exteriores y despliegan la red inalámbrica al interior de las casas en las frecuencias de 2.4 GHz y 5 GHz.

Los requerimientos mínimos que deben cumplir estos equipos son:

- Administrable.
- Función de servidor DHCP.
- Soporte VLAN
- Tasa de transferencia de 12.8 Mbps para transmisión o carga y de 20 Mbps para recepción o descarga.
- Frecuencia de trabajo 2.4 GHz y 5 GHz.
- Wi-Fi 802.11 ac
- Tecnología MIMO.
- Seguridad WPA2.
- Funciones de seguridad.
- Control parental.
- Al menos 2 puertos Ethernet.

Los equipos Archer C50 cumplen como se ve en la Tabla 4.8 a continuación.


Marca y modelo	TP-Link Archer C50	
Administrable	Si	
Servidor DHCP	Si	
Soporte VLAN	Si	
Tasas de Transferencia	300 Mbps en 2.4 GHz y 867 Mbps en 5 GHz	
Frecuencia de trabajo	2.4 GHz y 5 GHz Dual Band	
WiFi 802.11 ac	Si	
Tecnología MIMO	MU-MIMO	
Seguridad WPA2	Si	
Funciones de seguridad	Firewall con DoS, SPI, Filtro de IP y MAC, control de acceso y red de invitados.	
Control Parental	Si	
Puertos Ethernet	10/100 Base T	

Tabla 4.8 Características del equipo TP-Link Archer C50 (TP-LINK Technologies Co. Ltd, n.d.-a)

El Anexo 8 contiene la ficha técnica de este router.

4.4.3 Extensor de rango Wi-Fi

Se coloca un extensor de rango Wi-Fi en el segundo piso de cada casa, con esto se amplía la cobertura al interior de la casa.

- Administrable.
- Función de servidor DHCP.
- Tasa de transferencia de 20 Mbps.
- Frecuencia de trabajo 2.4 GHz (2400 MHz a 2483.5 MHz) y 5 GHz (5725 MHz a 5850 MHz).
- Wi-Fi 802.11 ac.
- Seguridad WPA2.

Los extensores TP-Link RE200 cumplen como indica la Tabla 4.9


Marca y modelo	TP-Link RE200	
Administrable	Si	
Servidor DHCP	Si	
Tasas de Transferencia	300 Mbps en 2.4 GHz y 433 Mbps en 5 GHz	
Frecuencia de trabajo	2.4 GHz y 5 GHz Dual Band	
WiFi 802.11 ac	Si	
Seguridad WPA2	Si	

Tabla 4.9 Características del extensor de rango TP-Link RE200 (TP-LINK Technologies Co. Ltd, n.d.-b)

La ficha técnica de este extensor está en el Anexo 9.

4.5 Elementos pasivos

Son necesarios elementos pasivos para colocar, conectar, organizar y proteger los equipos activos y las antenas.

4.5.1 Torreata

En la torreata se colocan las antenas y equipos de radiofrecuencia para que alcancen suficiente altura y entreguen suficiente cobertura.

La torreata terminará en su parte superior en un mástil y tendrá una altura de 8 m; esta estará sobre el techo del cuarto de equipos con lo que alcanzará una altura aproximada de 10,70 m.

La torreata será de uniones roscadas, con secciones triangulares, base rígida, anclajes y cables de acero tensores para sujeción de vientos, similar a la mostrada en la Figura 4.6

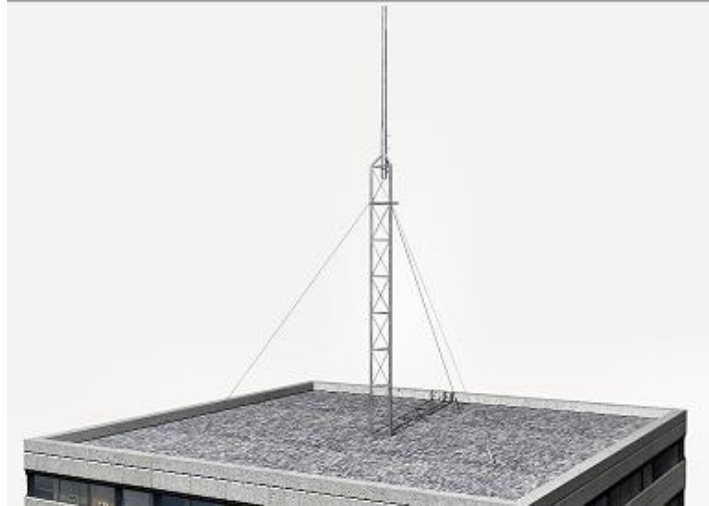


Figura 4.6 Modelo de torreta para fijación de antenas (CYPE Ingenieros S.A., n.d.-b)

Todos los dispositivos que estén en la torreta y en el rack al interior del cuarto de equipos tendrán protección contra descargas eléctricas por medio de un pararrayos y un sistema de puesta a tierra con electrodo de grafito o malla de cobre electrosoldada, platinas, cable AWG 1 o 2, químico, varillas y grilletes de cobre puro.

4.5.2 Mástiles

Cada casa tendrá un mástil en el que se coloque la antena con el equipo de radio frecuencia integrado.

El mástil tendrá una longitud de 1.65 m y estará sobre el techo o borde lateral del techo alcanzando una altura aproximada de 7.05 m.

Los mástiles tendrán garra de anclaje, cables de acero tensores para sujeción de vientos y serán similares a los de la Figura 4.7



Figura 4.7 Mástil para fijación de antena. (CYPE Ingenieros S.A., n.d.-a)

4.5.3 Elementos pasivos de cableado estructurado.

Se debe colocar los siguientes elementos pasivos en el cuarto de equipos:

- 1 Gabinete de piso de entre 12 U y 18 U con ventiladores.
Este gabinete debe aterrizar a tierra para proteger los equipos frente a descargas eléctricas.
- 1 Patch panel sólido de categoría 6 de 24 puertos.
- 6 Patch cords UTP cat. 6 de 60 cm (2ft.).
- 2 Bandejas para rack.
- 1 Organizador de cable horizontal con tapa.
- 1 Multitoma de 110V.

Adicionalmente se necesita conectar los equipos de radiofrecuencia al interior del cuarto de equipos y al interior de las casas.

- 2 rollos de Cable UTP categoría 6 que sea 100% de cobre para exteriores.
- Conectores RJ45 cat.6 y capuchones.

4.6 Provisión de capacidad al nodo central mediante el enlace al ISP con conexión Internacional.

El nodo central debe conectarse a un proveedor ISP que tenga conexión internacional a Internet y que entregue el servicio de dicha conexión al nodo.

Para acceder a este servicio los ISPs piden algunos requerimientos como estar autorizados por ARCOTEL como proveedor del servicio de Internet y la firma de un contrato de reventa.

La empresa Telconet puede llegar a conectarse al nodo central a través de fibra óptica y ofrece el servicio de Internet dedicado corporativo para ISPs con una relación de ancho de banda en compartición de 1:1 Carrier Class.

Telconet cuenta con una infraestructura estructurada en un 95% en fibra óptica propia, el contrato mínimo es por 1 año y está en capacidad de entregar la capacidad inicial de 300Mbps simétricos dimensionados en el proyecto.

Entre los parámetros de calidad de servicio que se ofrecen se incluyen SLA de 99,6 %, soporte técnico 7 días a la semana, 24 horas al día los 365 días del año, tiempo medio de reparación de 4 horas, pérdida de paquetes cercanos al 0% y retardos de 1 ms en el circuito local, 20 ms en el circuito nacional y 120 ms en el circuito internacional.

4.7 Presupuesto referencial del equipamiento y del enlace al ISP con conexión internacional

En las tablas siguientes se tiene los costos del equipamiento y del enlace con el ISP.

4.7.1 Costo de equipos para el nodo central.

Elemento	Marca y Modelo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Antena	Cambium Networks ePMP 3000 Sectorial	2	392,85	785,72
Equipo de radio frecuencia	Cambium Networks ePMP 3000	2	763,39	1.526,78
Switch	Mikrotik CRS326- 24G-2S+RM	1	268,88	268,88
Router	Mikrotik CCR1009-7G-1C- 1S+	1	620,00	620,00
Firewall	Palo Alto PA-440 Threat Prevention y URL Filtering	1	6.500,00	6.500,00
			Subtotal	9.701,38
			IVA 12%	1.164,17
			TOTAL	10.865,55

Tabla 4.10 Costo de equipos para el nodo central.

4.7.2 Costo de equipos para seguridad física del cuarto de equipos.

Elemento	Marca y Modelo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Control de acceso electrónico	Hikvision DS- K1T804BEF	1	95,99	95,99

Sistema de videovigilancia	HiLook	1	119,15	119,15
Disco Duro para videovigilancia de 1 TB	Western Digital purple	1	45,21	45,21
			Subtotal	260,35
			IVA 12%	31,24
			TOTAL	291,59

Tabla 4.11 Costo de equipos para seguridad física del cuarto de equipos.

4.7.3 Costo de equipo UPS de respaldo eléctrico para el nodo central.

Elemento	Marca y Modelo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
UPS	UPS Xmart Optima RT10 1.5 K	1	560	560
			Subtotal	560
			IVA 12%	67,20
			TOTAL	627,20

Tabla 4.12 Costo del equipo UPS de respaldo eléctrico para el nodo central.

4.7.4 Costo de equipos para las casas clientes.

Elemento	Marca y Modelo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Antena con equipo de radiofrecuencia integrado	Cambium Networks ePMP Force 200	30	235	7.050
Router Wi-Fi	TP-Link Archer C50	30	25,21	756,30
Extensor de rango Wi-Fi	TP-Link RE200	30	22,21	666,3

Subtotal	8.472,60
IVA 12%	1.016,71
TOTAL	9.489,31

Tabla 4.13 Costo de equipos para las casas clientes.

4.7.5 Costo de elementos pasivos

Elemento	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Torre instalada	1	919,13	919,13
Pararrayos y sistema de puesta a tierra instalados	1	1.400,00	1.400,00
Mástil para antena de casa cliente e instalación	30	51,51	1.543,30
Gabinete de piso 18U con 4 ventiladores y 2 bandejas	1	542,43	542,43
Patch panel sólido categoría 6 de 24 puertos	1	61,07	61,07
Patch cords UTP categoría 6 de 60cm (2ft)	6	2,23	13,38
Organizador de cable horizontal con tapa 80x80	1	19,22	19,22
Multitoma 110V de 4 tomas dobles	1	31,02	31,02
Rollo de cable UTP cat. 6 para exteriores negro 100% de cobre	2	170,01	340,02
Funda de conectores RJ 45 categoría 6	1	12,35	12,35
Funda de capuchones	2	5,00	10
		Subtotal	4.891,92
		IVA 12%	587,03
		TOTAL	5.478,95

Tabla 4.14 Costo de elementos pasivos.

4.7.6 Costo del equipamiento

Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Equipos para el nodo central de comunicaciones	10.865,55
Equipos para seguridad física del cuarto de equipos	291,59
Equipo UPS de respaldo eléctrico para el nodo central	627,20
Equipos para las casas cliente	9.489,31
Elementos pasivos	5.478,95
Subtotal	26.752,60
IVA 12%	3.210,31
TOTAL	29.962,91

Tabla 4.15 Costo del equipamiento.

4.7.7 Costo del ISP con conexión internacional

Servicio	Megas	Última milla	Instalación un único pago (\$)	Costo del servicio mensual (\$)
Internet	300	Fibra óptica	100	1.200,00
		Subtotal		1.300,00
		IVA 12%		156,00
		TOTAL		1.456,00

Tabla 4.16 Costo del ISP con conexión internacional.

5 CAPÍTULO 5 – SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN DEL DISEÑO

Se realiza la simulación de enlaces del diseño, se obtiene los resultados y se procede a evaluarlo.

5.1 Simulación

Para la simulación se utiliza el software Radio Mobile y se configura dos redes diferentes, la primera para el conjunto más cercano con el nombre “Conjunto 1” de la que estarían a cargo la primera antena con su equipo de radio frecuencia y la segunda para el conjunto más alejado con el nombre “Conjunto 2” a cargo de la antena que se ubique más alta con su equipo de radiofrecuencia.

5.1.1 Simulación Conjunto 1

La primera red cubrirá las primeras 15 casas del conjunto habitacional más cercano, la antena en el nodo central estará a una altura de 9 m con relación al suelo.

En la Figura 5.1 se tiene el esquema de enlaces inalámbricos para este conjunto.

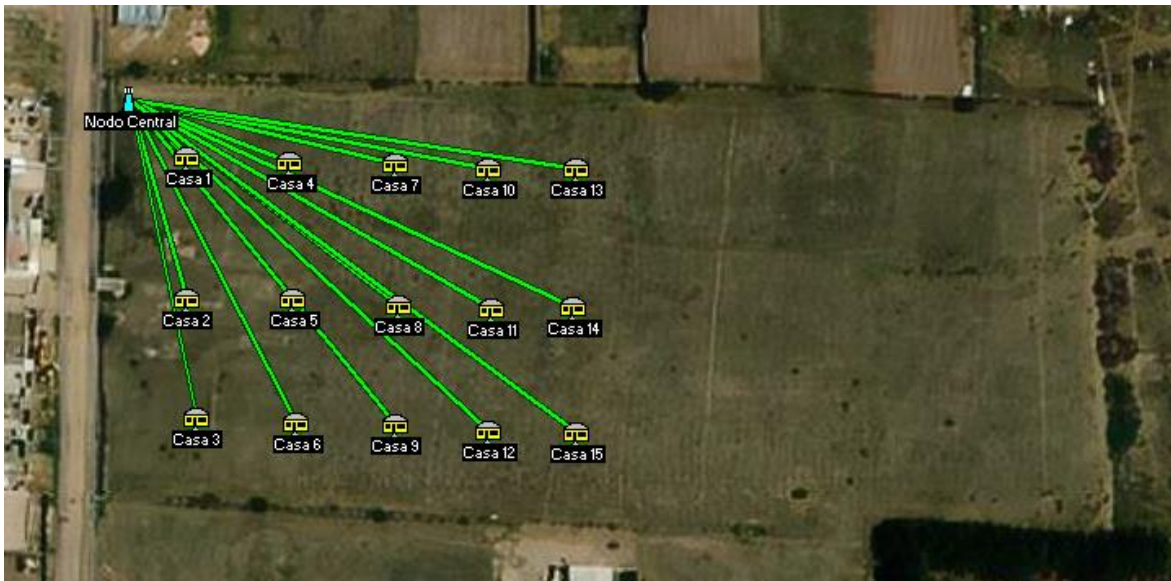


Figura 5.1 Enlaces inalámbricos para el Conjunto 1.

Los parámetros a ingresar para esta red son los siguientes:

- Frecuencia: El rango de frecuencia para operación de esta red es de 5250 MHz a 5290 MHz.
- Polarización: Vertical, esta debe ser la misma en las antenas de las casas clientes.
- Modo de Variabilidad: Broadcast, se lo usa cuando las unidades son estacionarias.
- Clima: Ecuatorial.

En la Figura 5.2 se tienen las configuraciones en Radio Mobile.

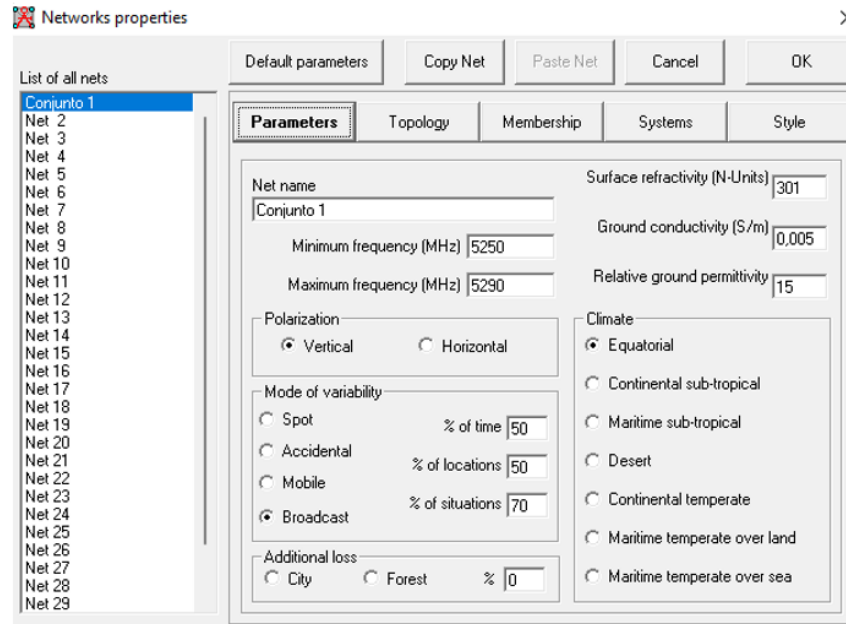


Figura 5.2 Configuración de parámetros para la red Conjunto 1.

Topología:

- La topología es para una red de datos con topología en estrella y con funcionamiento similar a un esquema Maestro – esclavo.

En la Figura 5.3 se puede ver esta configuración.

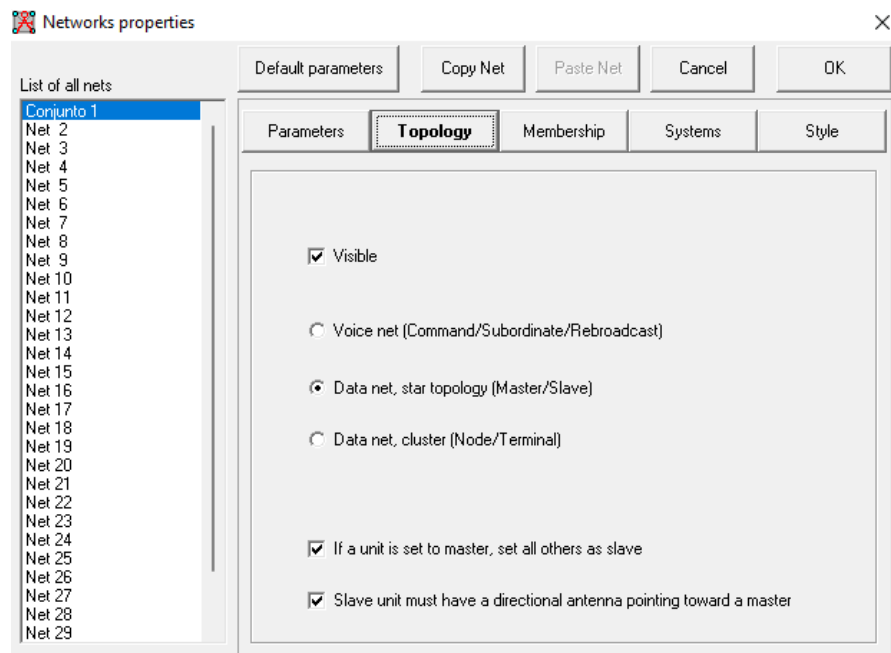


Figura 5.3 Configuración de la topología para la red Conjunto 1.

Sistemas:

- Un sistema permite ingresar los parámetros de trabajo de los equipos de radio frecuencia y de las antenas. Se configura dos sistemas, uno para el nodo central de nombre “Nodo Central Calderón” y otro para las casas clientes llamado “Casa Conjunto Calderón”.
- En “Nodo Central Calderón” se ingresa un valor de potencia de transmisión de 13 dBm, el cual es un valor que el equipo a utilizar si está en capacidad de entregar. Este valor cumple con lo que manda la normativa pues se mantiene por debajo del límite permitido en este rango de frecuencia que es de 24 dBm y que según la misma norma indica que se debe reducir un dBm a la potencia por cada dBi mayor a 6 dBi que se tenga en la ganancia de la antena, que para este caso es de 17 dBi.
- Se ingresa el valor de sensibilidad del receptor para el peor caso con el fin de someterlo a la peor condición y que es de -65dBm de acuerdo a su hoja técnica para un ancho de canal de 40 MHz.
- La pérdida de línea de acuerdo a la hoja técnica de los jumpers en la frecuencia de trabajo elegida es de aproximadamente 0,55 dB por jumper, siendo que se requieren 2 se tiene un valor de 1,1 dB.
- La antena elegida es una antena de tipo corner cuyos lóbulos de radiación son los que más se asemejan al de la antena real a ser utilizada.
- El valor de ganancia de la antena es de 17 dBi indicado en la hoja técnica.
- La altura para la antena se configura en 9 m respecto del suelo.
- En el segundo sistema de nombre “Casa Conjunto Calderón”, el valor de potencia de transmisión es de 5 dBm para cumplir con la norma.
- El valor de sensibilidad del receptor para el peor caso es de -64 dBm para un ancho de canal de 40 MHz.
- Al ser un transmisor y antena integrados no se especifica pérdida de línea.
- La antena que se elige es de tipo yagi por ser una antena de tipo directiva, la más parecida a la antena direccional a utilizar.
- El valor de ganancia de la antena es el que indica la hoja técnica de 25 dBi en el espectro de frecuencia de 5 GHz.
- La altura para la antena en las casas es de es de 6,50 m.

En la Figura 5.4 se puede ver la configuración del sistema Nodo Central Calderón y en la Figura 5.5 la del sistema Casa Conjunto Calderón.

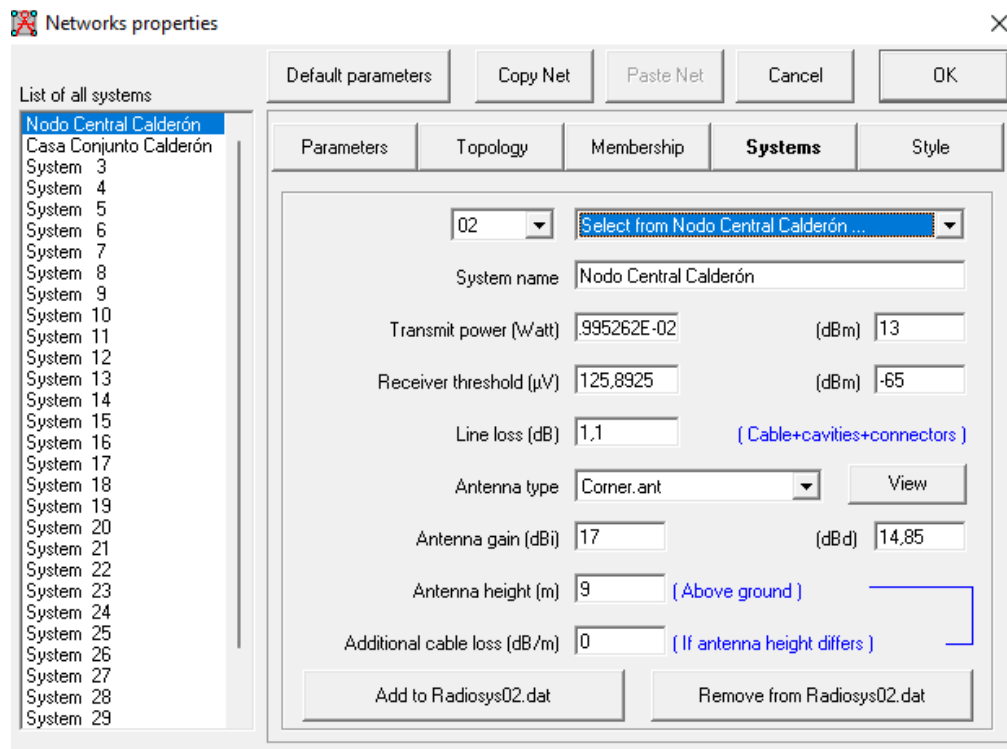


Figura 5.4 Sistema Nodo Central Calderón.

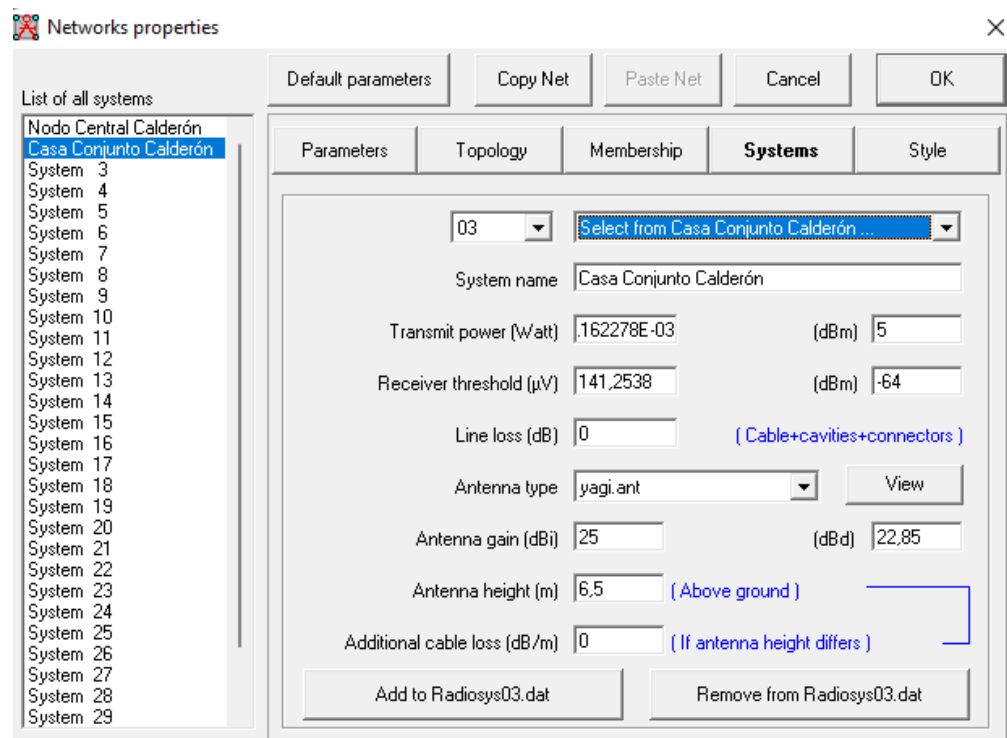


Figura 5.5 Sistema Casa Conjunto Calderón

Miembros:

Los miembros del “Conjunto 1” son el nodo central y las 15 casas numeradas del 1 al 15.

- El nodo central cumplirá rol de Maestro, y todas las casas el rol de esclavos
- En el nodo central el sistema es “Nodo Central Calderón” y en todas las casas el sistema es “Casa Conjunto Calderón”
- La altura de las antenas se configura automáticamente de acuerdo con lo configurado en el respectivo sistema en 9m para el nodo central y en 6,50m para las casas.
- La dirección de la antena en el nodo central apunta hacia la casa 15 que es la casa que se encuentra más distante y todas las casas apuntan hacia el nodo central.

En la Figura 5.6 se tiene la configuración del nodo central como miembro del Conjunto 1, en la Figura 5.7 se puede ver el patrón de radiación y la dirección de la antena del nodo central.

La Figura 5.8 muestra la configuración que comparten las casas como miembros del Conjunto 1 y en la Figura 5.9 se incluye el patrón de radiación y dirección de una de las casas que apunta hacia el nodo central.

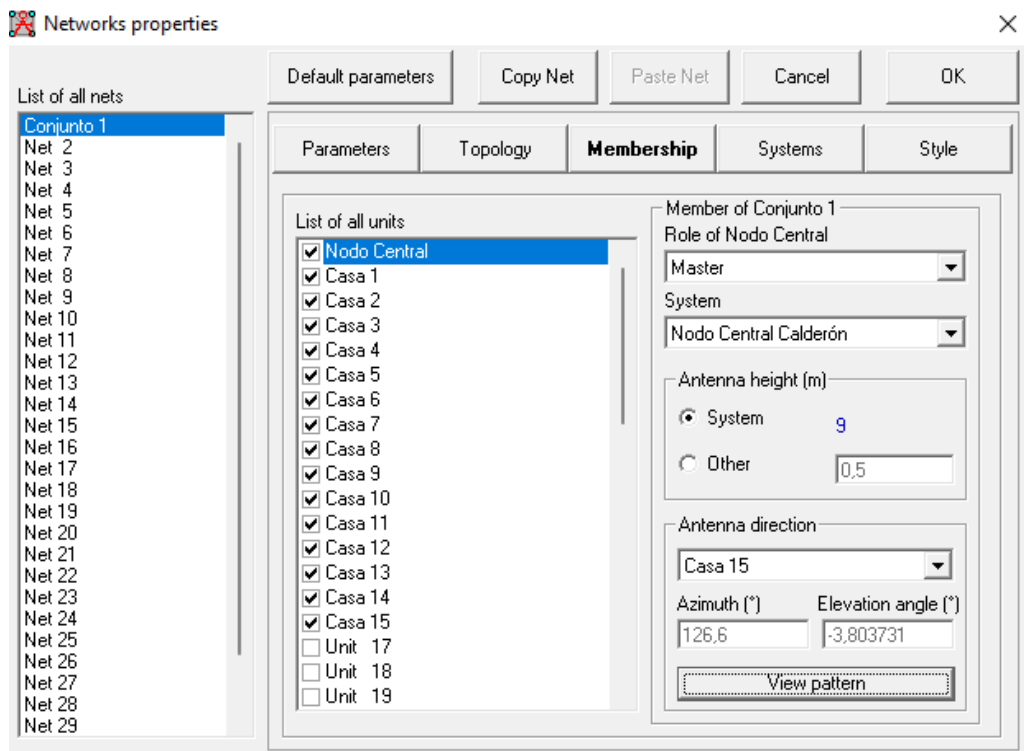


Figura 5.6 Configuración del nodo central en el Conjunto 1.

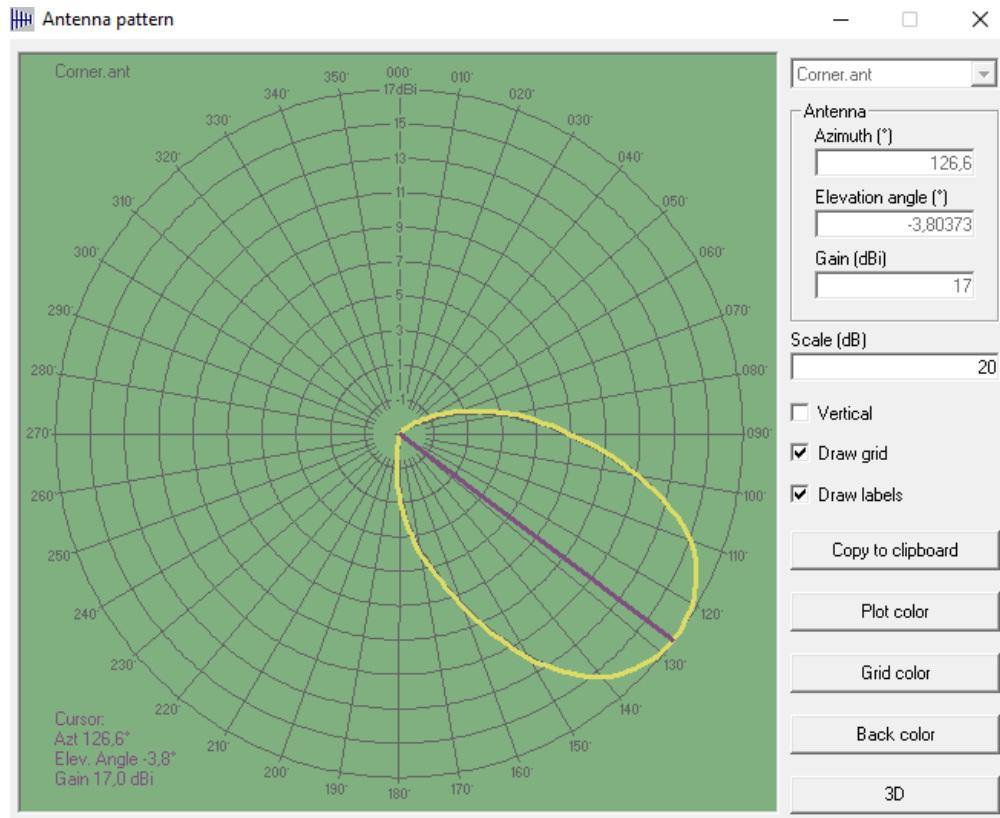


Figura 5.7 Patrón de radiación y dirección de la antena del nodo central.

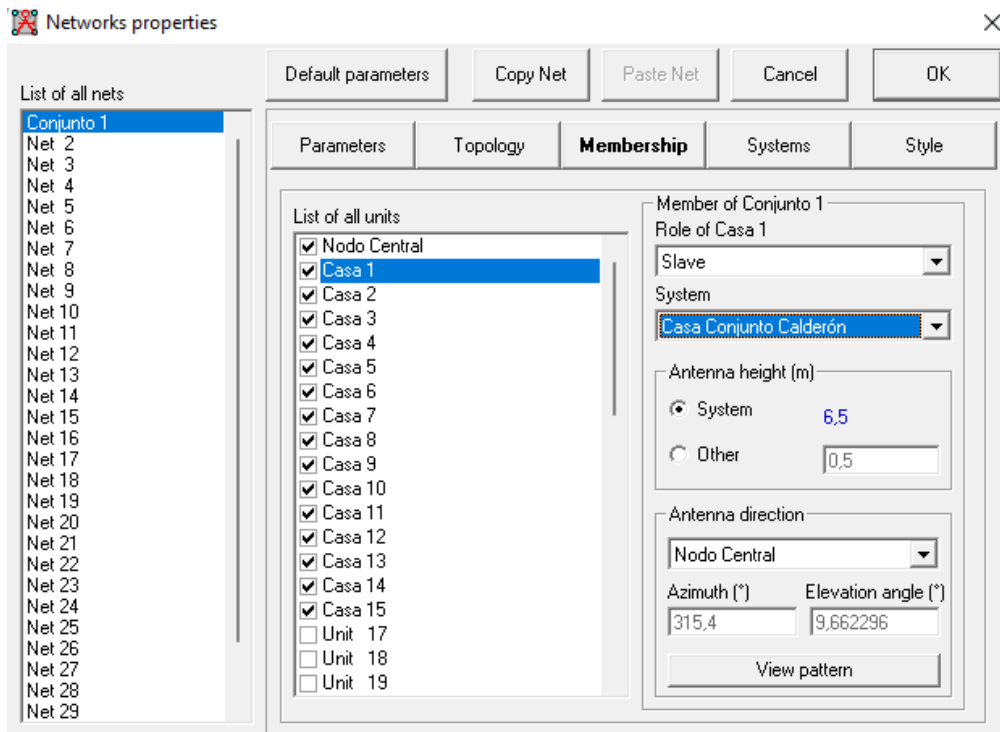


Figura 5.8 Configuración de las casas miembros del Conjunto 1.

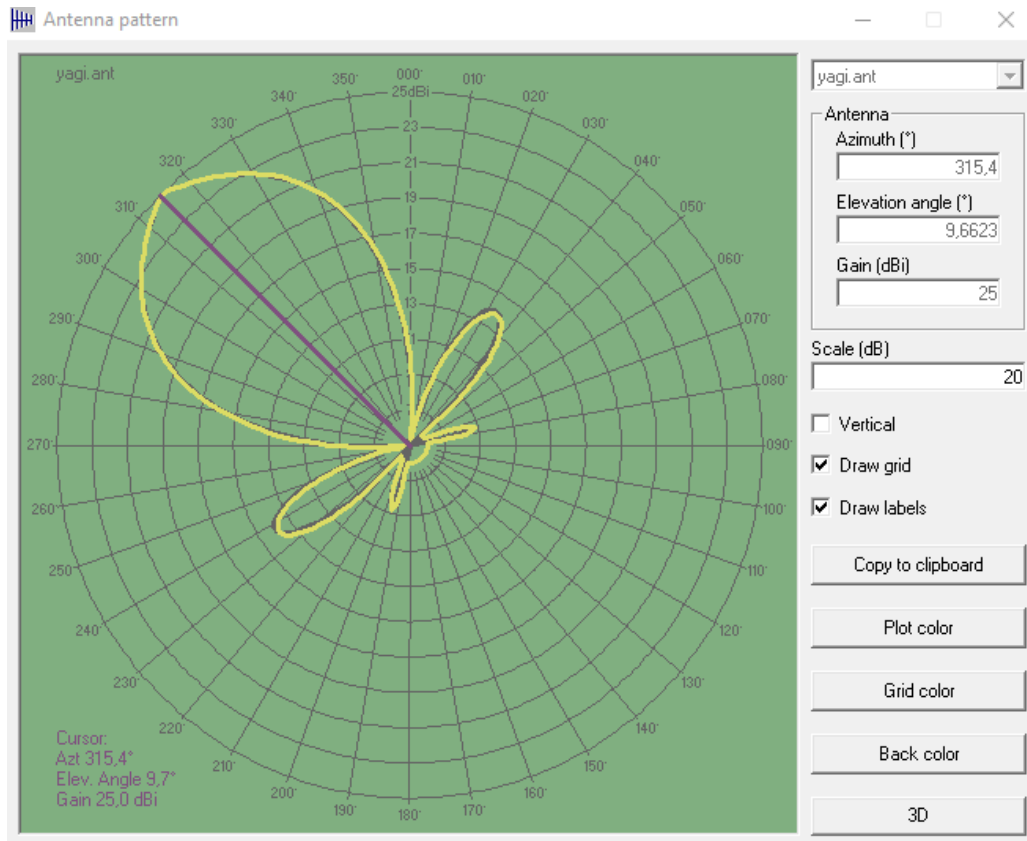


Figura 5.9 Patrón de radiación y dirección de una de las antenas de las casas que apuntan al nodo central.

5.1.1.1 Establecimiento de enlaces Conjunto 1 desde el nodo central hacia las casas

Se simula el establecimiento de enlaces desde el nodo central hacia las 15 casas obteniéndose los siguientes resultados:

En todos los casos hay niveles de recepción de señal Rx Level que varían entre -25,3 dBm (casa 1) y -47,2 dBm (casa 3), esto significa que están dentro del nivel de sensibilidad del receptor Rx Sensitivity de -64 dBm, es decir, que el nodo central puede ser escuchado.

Adicionalmente de la relación entre los dos parámetros anteriores se obtiene el valor de recepción relativa Rx Relative, el cual mientras más alto sea indica un enlace en mejores condiciones, y que para el Conjunto 1 toma valores de entre 38,7 dB (casa 1) y 16,8 dB (casa 3). Se debe tomar en cuenta que el tipo de antena de corneta utilizado en la simulación tiene un ángulo de cobertura menor a los 90° que tiene la antena sectorial escogida para el diseño; así también la sensibilidad de las antenas está configurada para el peor de los casos, por lo cual, en la realidad la cobertura puede ampliarse aún más y mejorar los valores del enlace.

El valor mínimo de despeje de la zona de Fresnel debe ser mínimo de 0.60 F1, equivalente al 60% de la primera zona de Fresnel; en el caso de la simulación los valores varían entre 13,5 F1 (casa 1) y 5,3 F1 (casa 13).

La intensidad de señal en todos los enlaces está dentro de S9; tomando en cuenta que cuando un enlace es menor a S5 puede considerarse que hay problemas de comunicación y que si supera S7 es considerado un buen enlace.

En ninguno de los enlaces el valor de EIRP llega al máximo permitido de 1W en la frecuencia elegida.

A continuación, en las Figuras 5.10, 5.11, 5.12 y 5.13 se pueden ver los enlaces con las casas 1, 3, 13 y 15. Se presentan estas casas en particular por ser las que presentan los valores límites en las mediciones y en el caso de la 15 por ser la casa más distante.

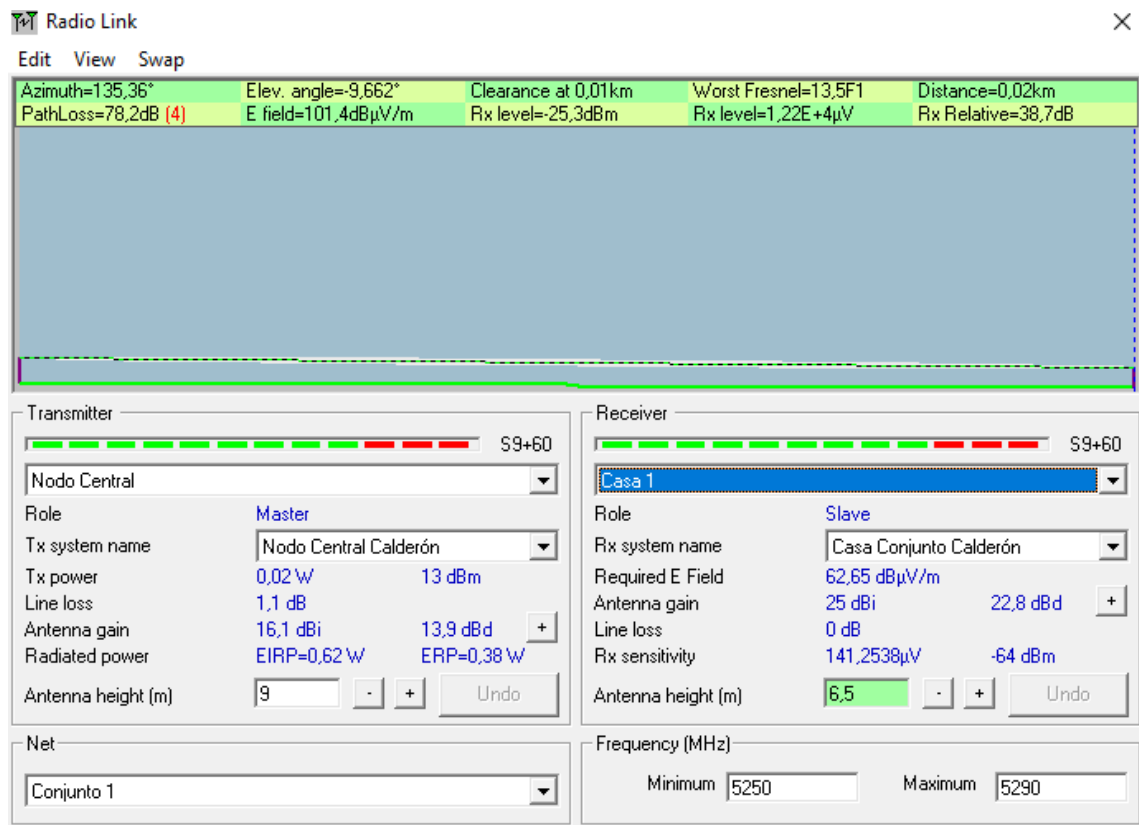


Figura 5.10 Enlace del nodo central a la Casa 1.

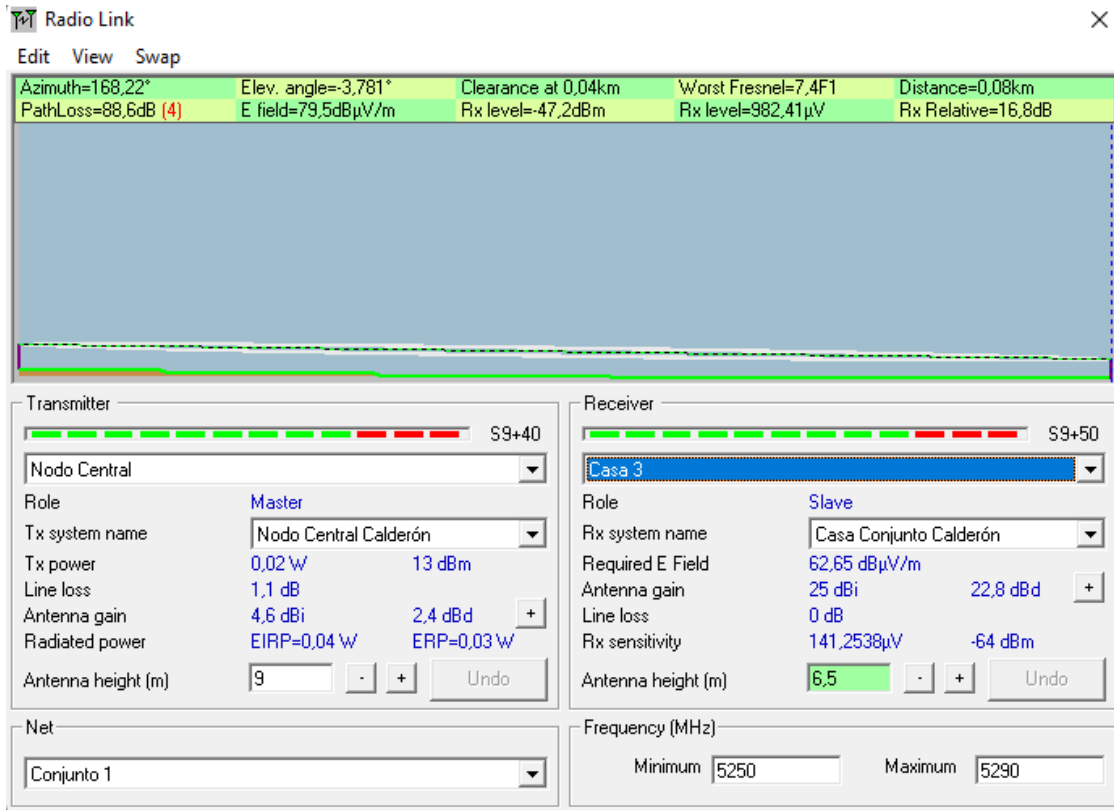


Figura 5.11 Enlace del nodo central a la Casa 3.

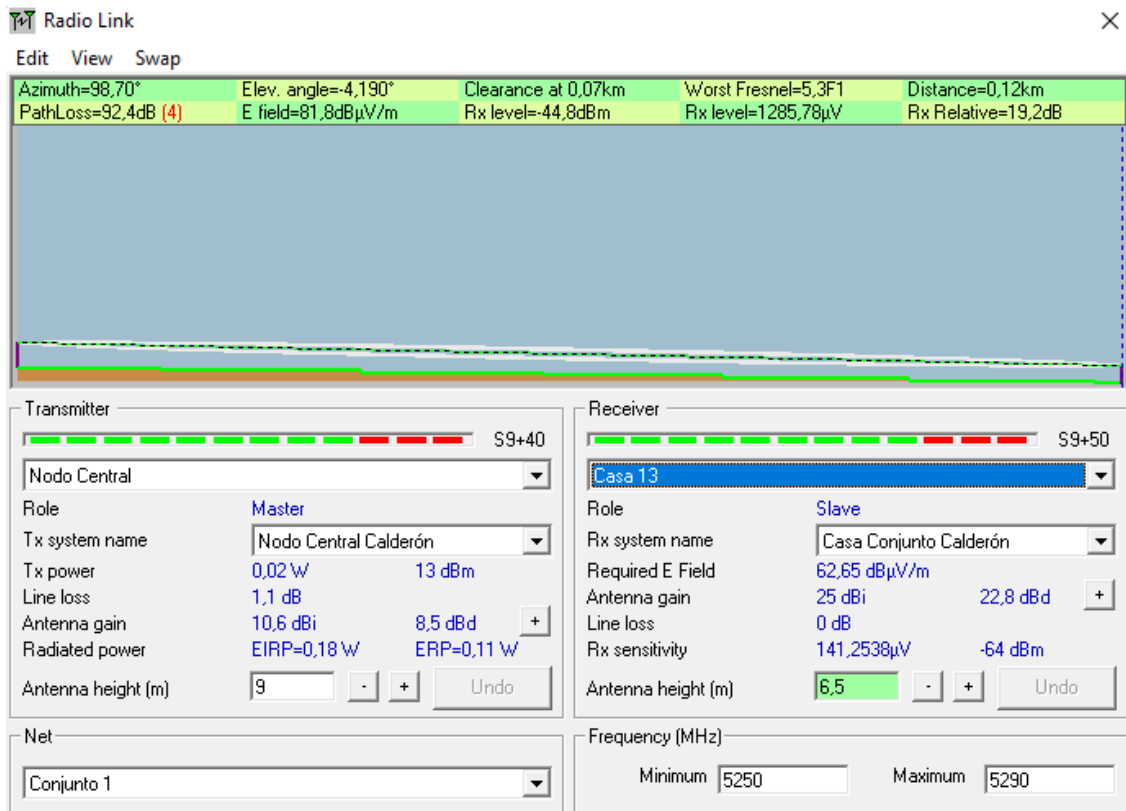


Figura 5.12 Enlace del nodo central a la Casa 13.

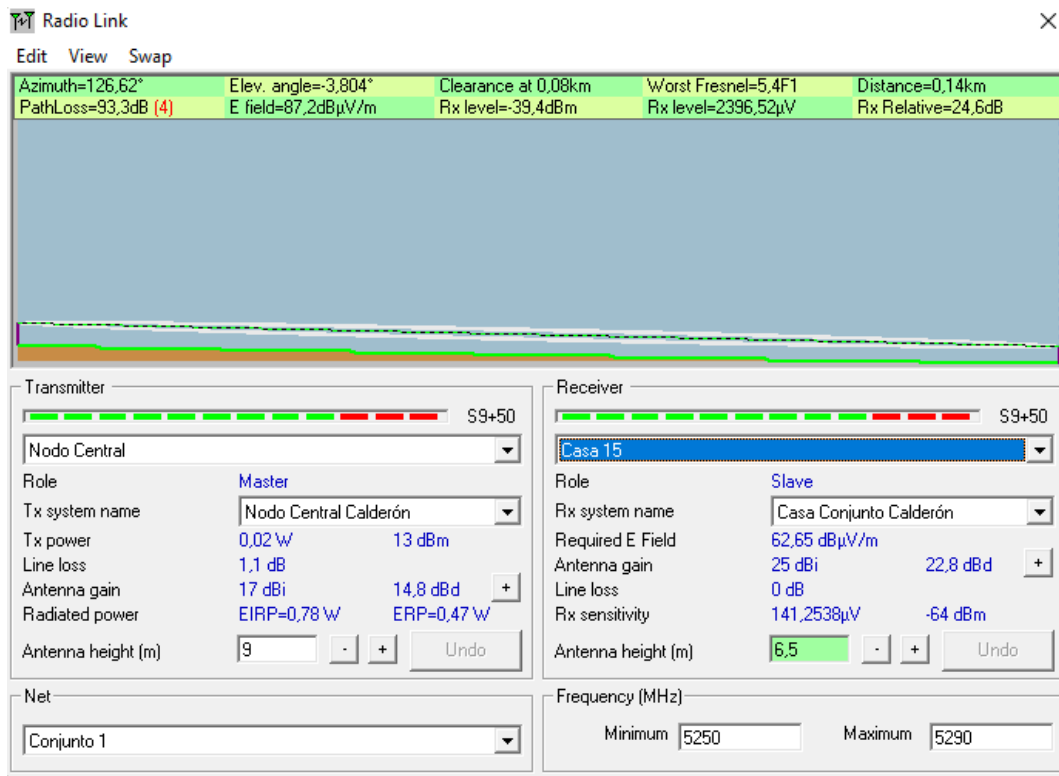


Figura 5.13 Enlace del nodo central a la Casa 15.

5.1.1.2 Establecimiento de enlaces Conjunto 1 desde las casas hacia el nodo central

Dado que la comunicación es en sentido bidireccional la simulación de enlaces se hace también en el sentido desde las casas al nodo central. Se obtuvieron los siguientes resultados.

Los niveles de recepción de señal Rx Level varían entre -33,3 dBm (casa 1) y -55,2 dBm (casa 3), que están dentro del nivel de sensibilidad del receptor Rx Sensitivity de -65 dBm, es decir, que pueden ser escuchados.

El valor de recepción relativa Rx Relative toma valores de entre 31,7 dB (casa 1) y 9,8 dB (casa 3). De igual forma se debe tomar en cuenta que el tipo de antena de corneta utilizado en la simulación tiene un ángulo de cobertura menor a los 90° que tiene la antena sectorial escogida para el diseño; así también la sensibilidad de las antenas está configurada para el peor de los casos, por lo cual, en la realidad la cobertura puede ampliarse aún más y mejorar los valores del enlace.

Los valores de despeje de la zona de Fresnel varían entre 15,8 F1 (casa 1) y 5,3 F1 (casa 13).

La intensidad de señal en todos los enlaces está dentro de S9.

En ninguno de los enlaces el valor de EIRP sobrepasa el máximo permitido de 1W en la frecuencia elegida.

A continuación, en las Figuras 5.14, 5.15, 5.16 y 5.17 se pueden ver los enlaces desde las casas 1, 3, 13 y 15.

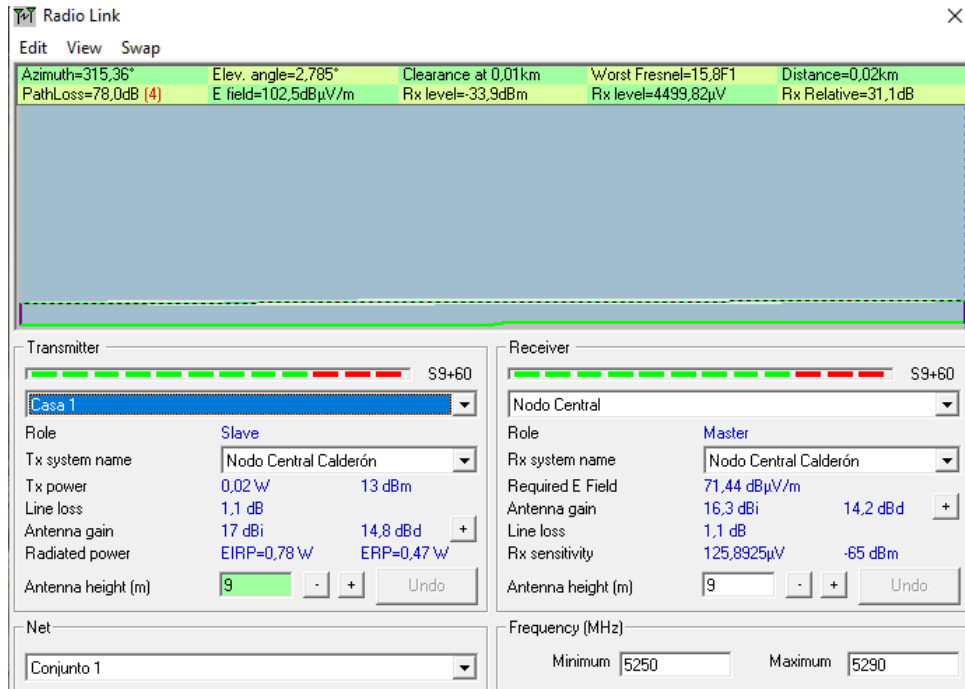


Figura 5.14 Enlace de la casa 1 al nodo central

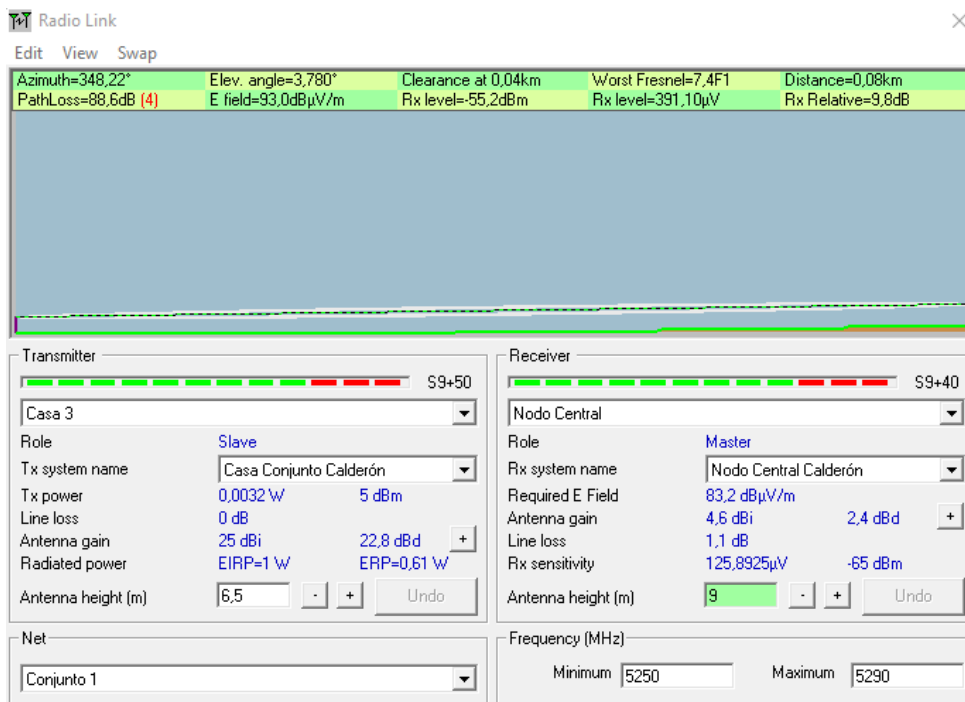


Figura 5.15 Enlace de la casa 3 al nodo central.

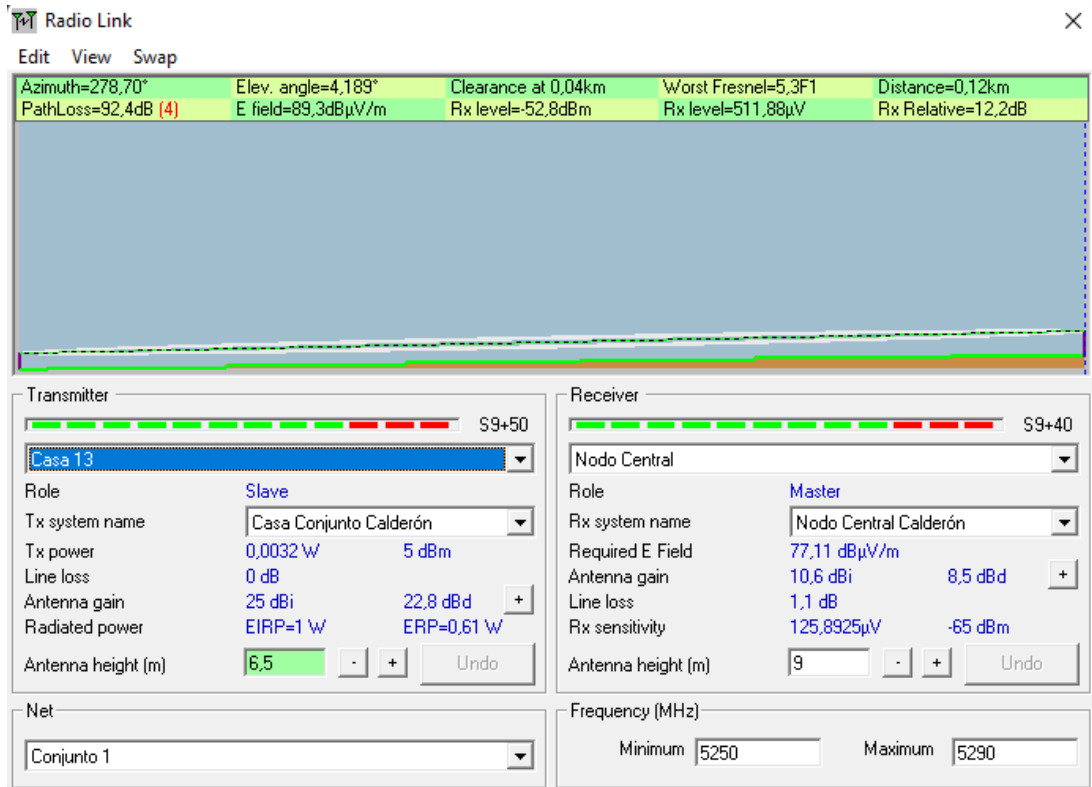


Figura 5.16 Enlace de la casa 13 al nodo central.

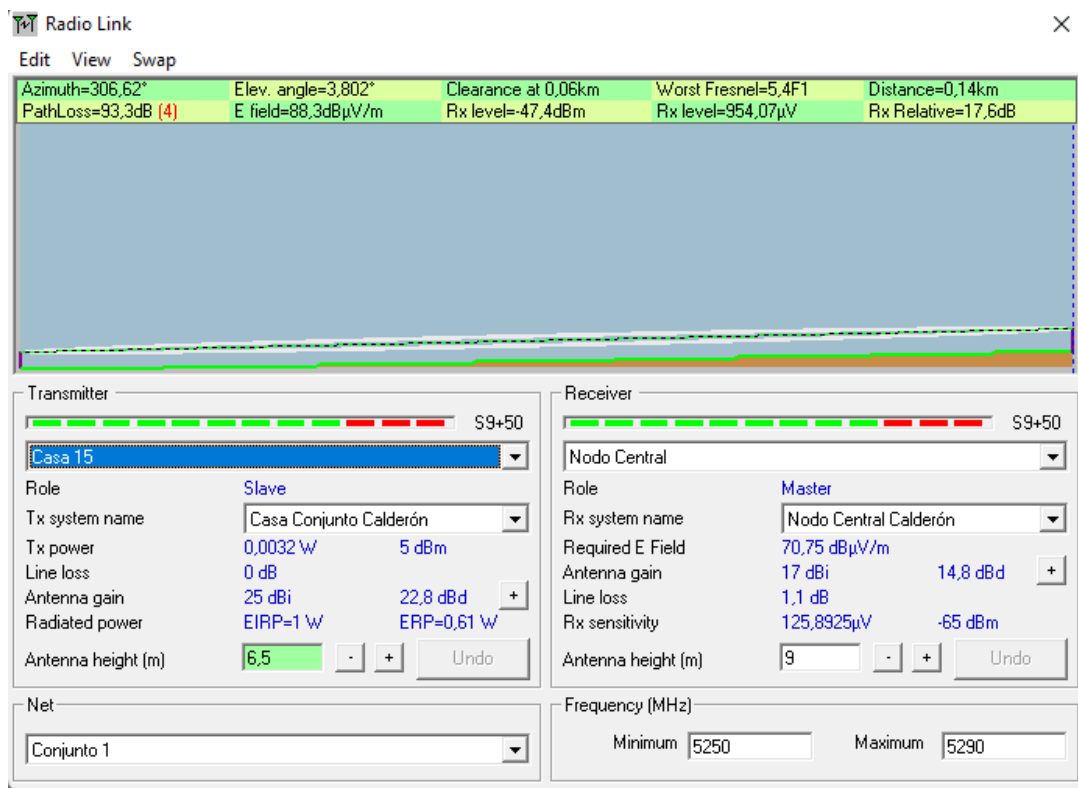


Figura 5.17 Enlace de la casa 15 al nodo central.

5.1.2 Simulación Conjunto 2

La red Conjunto 2 cubrirá las 15 casas del conjunto habitacional más distante, la antena en el nodo central estará a una altura de 10 m con relación al suelo.

En la Figura 5.18 se tiene el esquema de enlaces inalámbricos para el Conjunto 2.

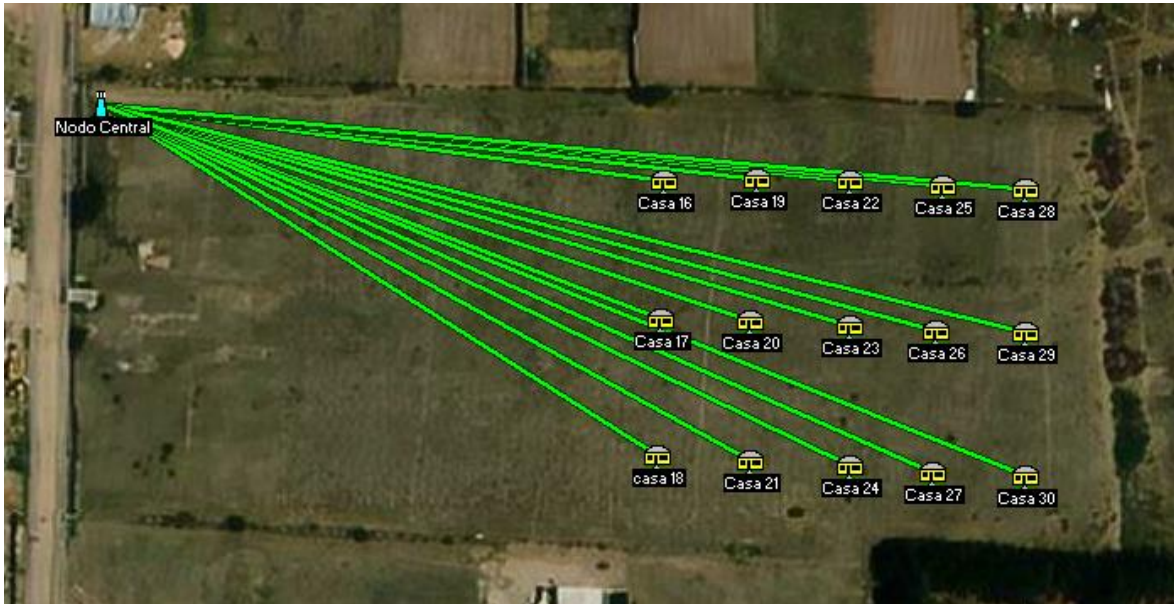


Figura 5.18 Enlaces inalámbricos en el conjunto 2.

Las configuraciones para esta red son similares a las del Conjunto 1 con algunas variaciones que se indican a continuación:

Parámetros:

- El rango de operación para esta red está definido entre 5470 MHz y 5510 MHz.

Topología:

- La topología se mantiene igual que para el Conjunto 1.

Sistemas:

- Se crea un nuevo sistema denominado Nodo Central Calderón 2 cuya única variación con respecto al sistema Nodo Central Calderón consiste en la altura de la antena. Para este caso la antena se encuentra a una altura de 10 m con respecto al suelo.

Miembros:

- Los miembros de esta red son el nodo central y las casas numeradas desde la 16 a la 30.
- El nodo central apunta hacia la casa 23 por ser la casa de ubicación más céntrica en el Conjunto 2 y todas las casas apuntan hacia el nodo central.

5.1.2.1 Establecimiento de enlaces Conjunto 2 desde el nodo central hacia las casas

Se simula el establecimiento de enlaces desde el nodo central hacia las 15 casas obteniéndose los siguientes resultados:

En todos los casos hay niveles de recepción de señal Rx Level que varían entre -40,3 dBm (casa 16) y -46 dBm (casa 27), esto significa que están dentro del nivel de sensibilidad del receptor Rx Sensitivity de -64 dBm, es decir, que el nodo central puede ser escuchado.

La recepción relativa Rx Relative, toma valores de entre 23,7 dB (casa 16) y 18 dB (casa 27). Se debe tomar en cuenta que el tipo de antena de corneta utilizado en la simulación tiene un ángulo de cobertura menor a los 90° que tiene la antena sectorial escogida para el diseño; así también la sensibilidad de las antenas está configurada para el peor de los casos, por lo cual, en la realidad la cobertura puede ampliarse aún más y mejorar los valores del enlace.

Los valores de despeje de la zona de Fresnel varían entre 6,2 F1 (casa 27) y 5,3 F1 (casa 29)

La intensidad de señal en todos los enlaces está dentro de S9 por lo que pueden considerarse buenos enlaces.

En ninguno de los enlaces el valor de EIRP llega al máximo permitido de 1W en la frecuencia elegida.

A continuación, en las Figuras 5.19, 5.20, 5.21 y 5.22 se pueden ver los enlaces con las casas 16, 27, 29 y 30. Se presentan estas casas en particular por ser las que presentan los valores límites en las mediciones y en el caso de la 30 por ser la casa más distante.

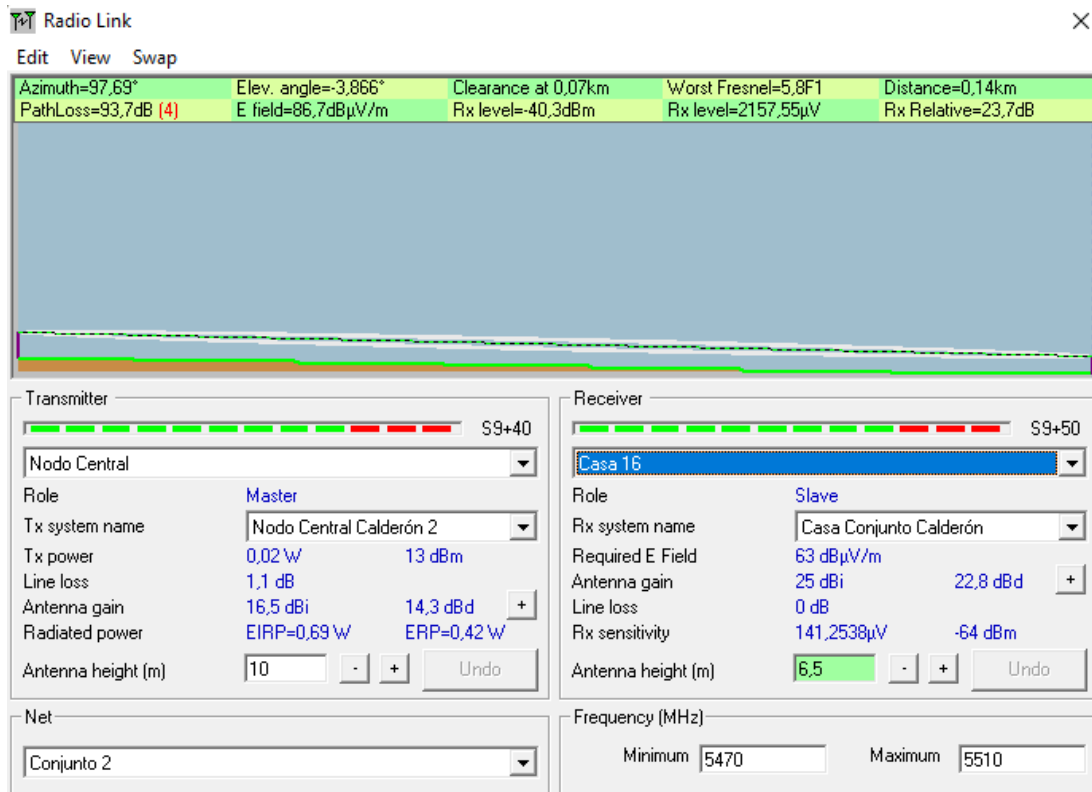


Figura 5.19 Enlace desde el nodo central a la casa 16.

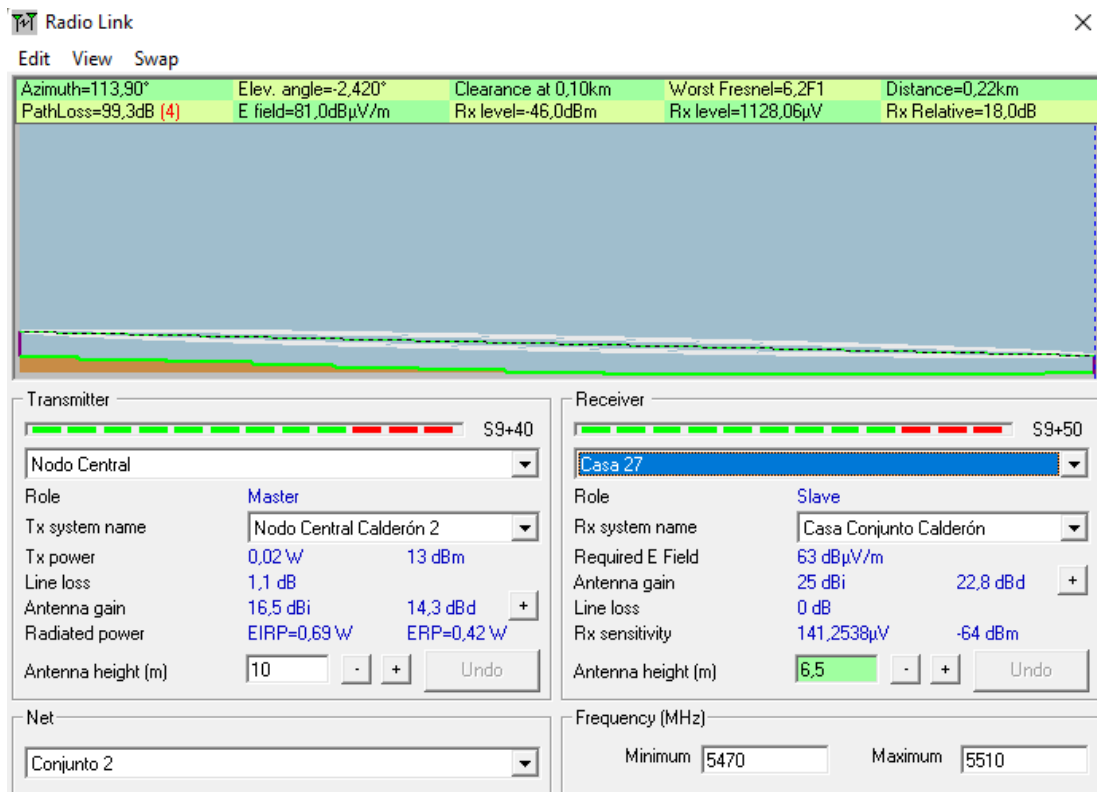


Figura 5.20 Enlace desde el nodo central a la casa 27.

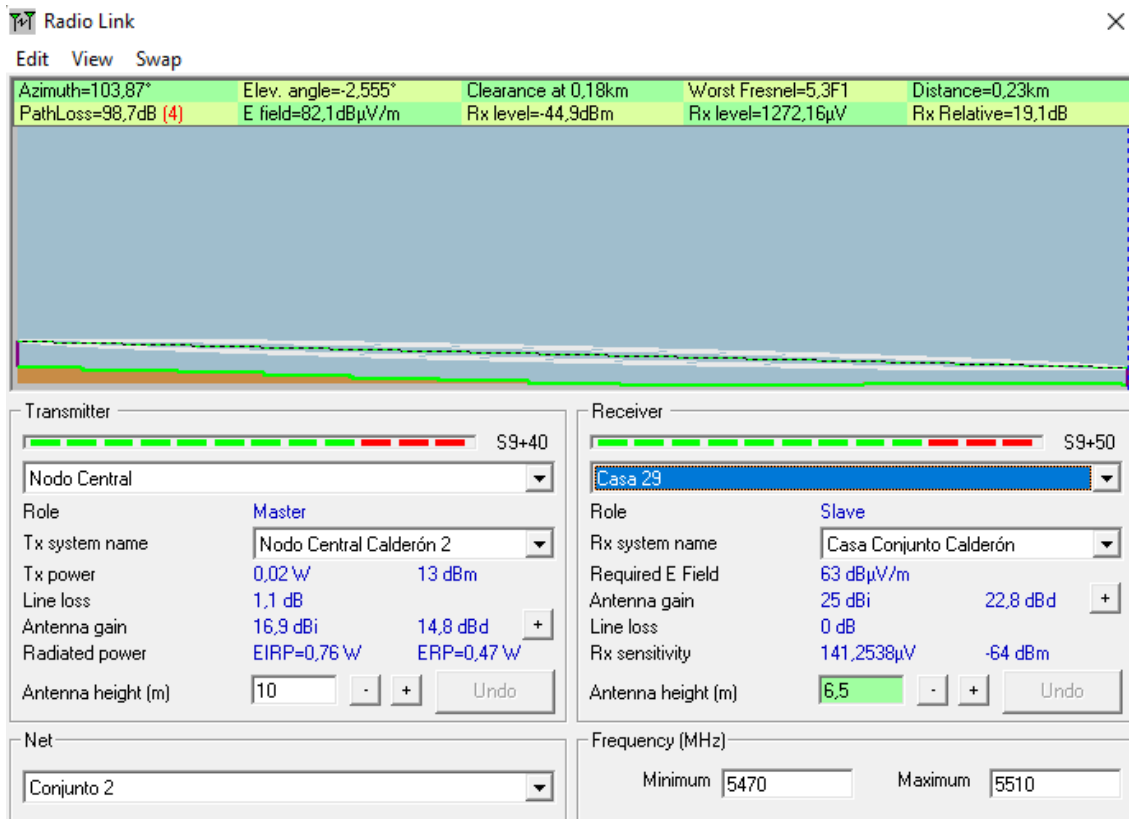


Figura 5.21 Enlace desde el nodo central a la casa 29.

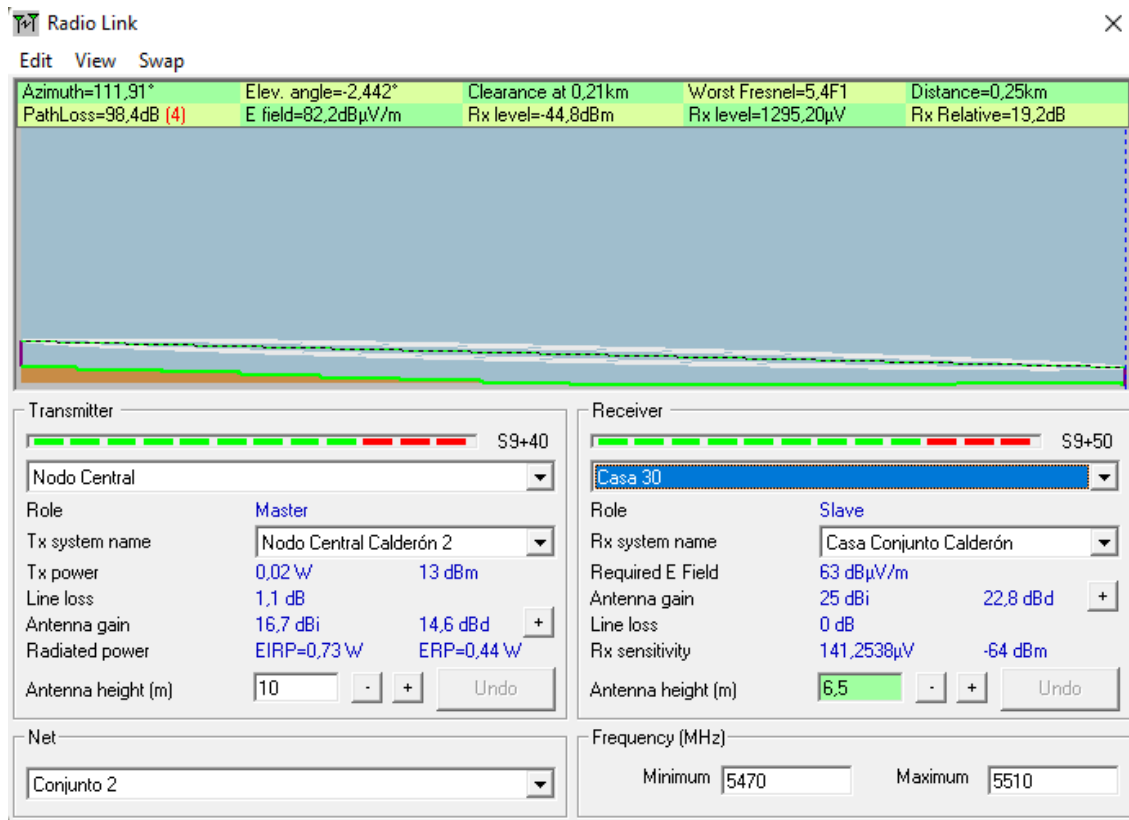


Figura 5.22 Enlace desde el nodo central a la casa 30.

5.1.2.2 Establecimiento de enlaces Conjunto 2 desde las casas hacia el nodo central.

La simulación en sentido desde las casas al nodo central arrojó los siguientes resultados.

Los niveles de recepción de señal Rx Level varían entre -48,3 dBm (casa 16) y -54,0 dBm (casa 27), que están dentro del nivel de sensibilidad del receptor Rx Sensitivity de -65 dBm, es decir, que las casas pueden ser escuchadas.

El valor de recepción relativa Rx Relative toma valores de entre 16,7 dB (casa 16) y 11 dB (casa 27). Igualmente se debe tomar en cuenta que el tipo de antena de corneta utilizado en la simulación tiene un ángulo de cobertura menor a los 90° que tiene la antena sectorial escogida para el diseño; así también la sensibilidad de las antenas está configurada para el peor de los casos, por lo cual, en la realidad la cobertura puede ampliarse aún más y mejorar los valores del enlace.

Los valores de despeje de la zona de Fresnel varían entre 6,2 F1 (casa 27) y 5,3 F1 (casa 29).

La intensidad de señal en todos los enlaces está dentro de S9.

En ninguno de los enlaces el valor de EIRP sobrepasa el máximo permitido de 1W en la frecuencia elegida.

A continuación, en las Figuras 5.23, 5.24, 5.25 y 5.26 se pueden ver los enlaces desde las casas 16, 27, 29 y 30.

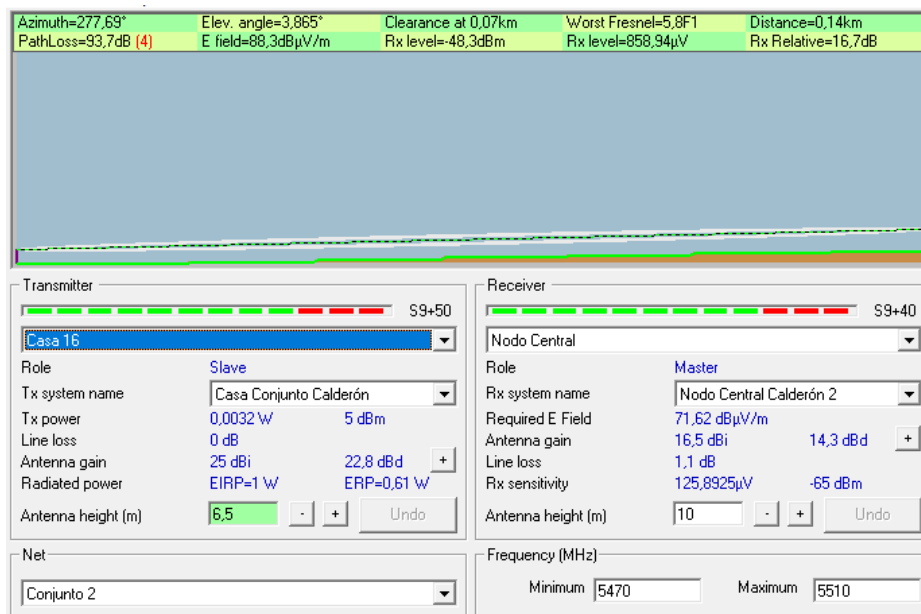


Figura 5.23 Enlace de la casa 16 al nodo central.

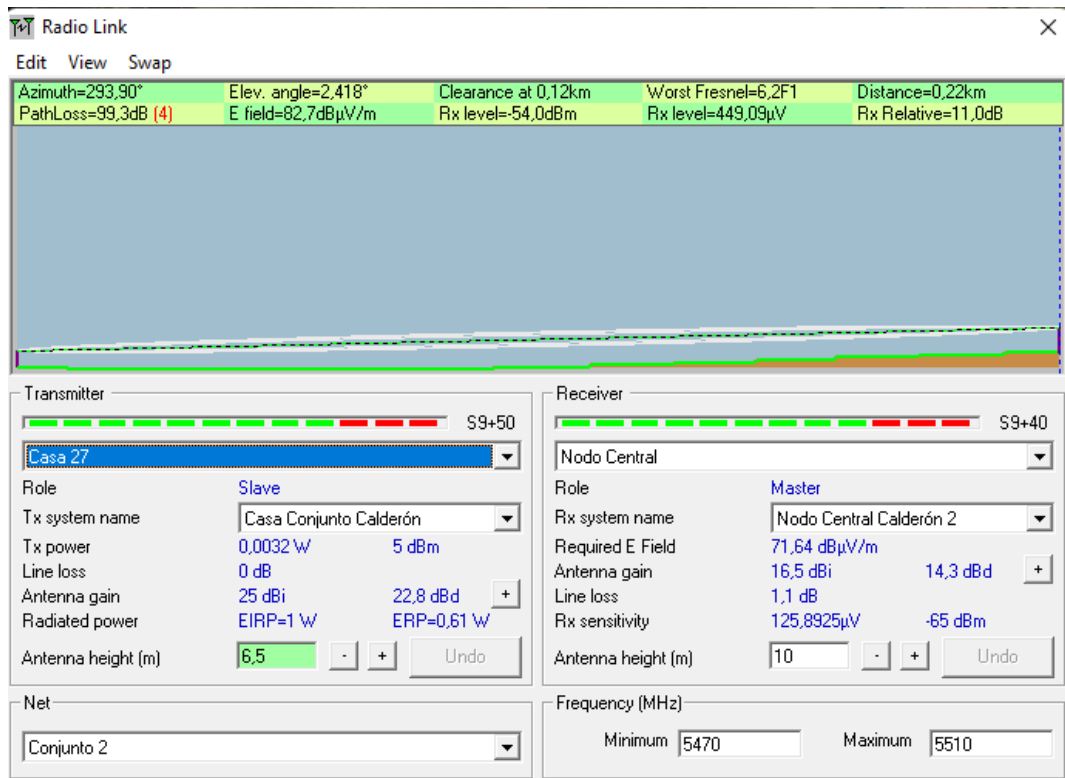


Figura 5.24 Enlace de la casa 27 al nodo central.

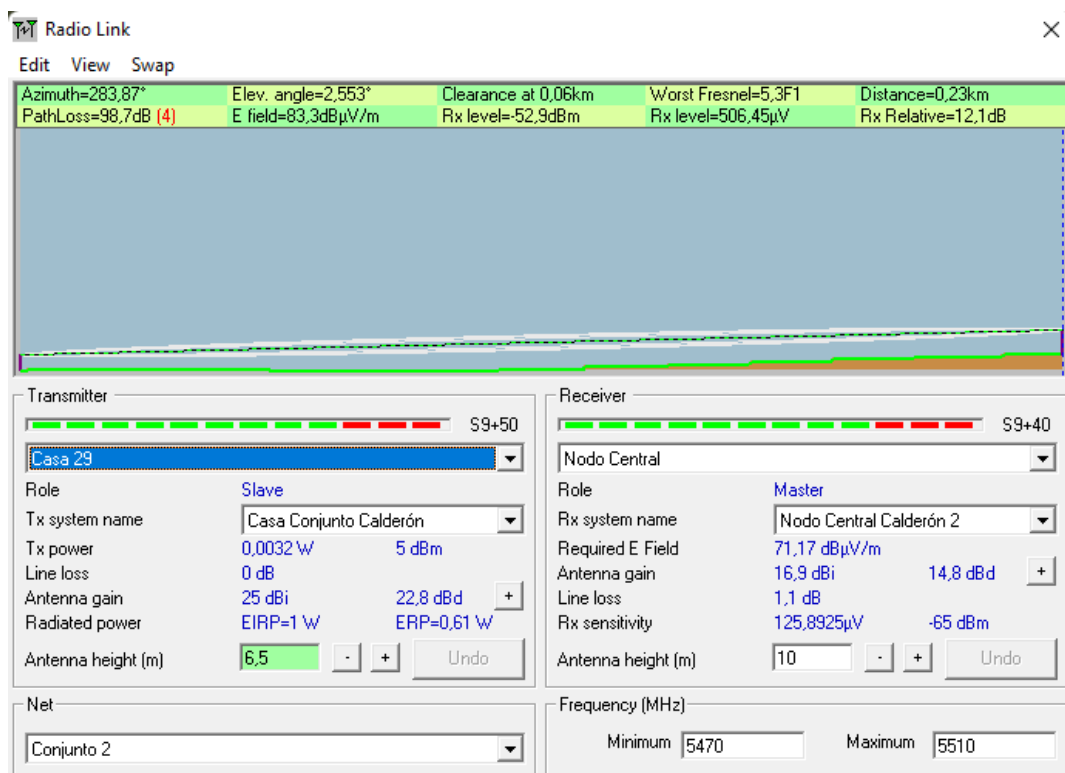


Figura 5.25 Enlace de la casa 29 al nodo central.

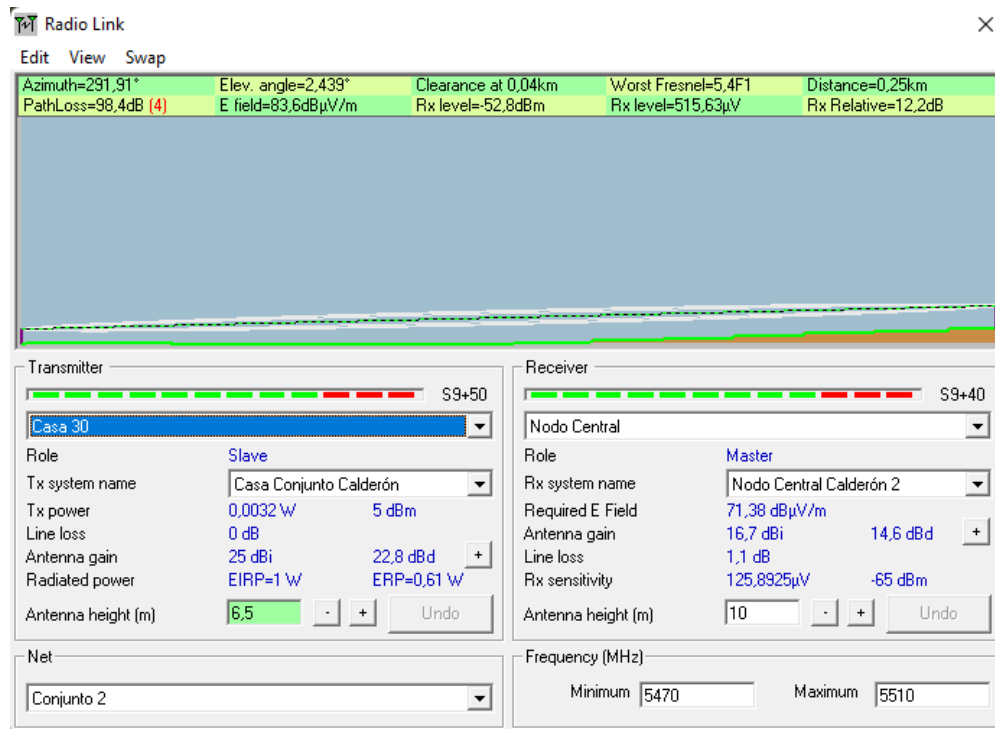


Figura 5.26 Enlace de la casa 30 al nodo central.

5.2 Características y evaluación del diseño.

Se enuncian algunas características de las redes diseñadas y se evalúa el diseño.

5.2.1 Características de las redes diseñadas.

Las redes diseñadas cuentan con algunas características importantes.

5.2.1.1 Escalabilidad y flexibilidad.

Las redes diseñadas pueden adaptarse a cambios o aumentos de tráfico que pudieran requerirse o crecimientos que pudieran presentarse, sin necesidad de realizar modificaciones mayormente significativas debido a algunas características como:

Las tasas de tráfico, mayores a las dimensionadas, que los equipos y los enlaces están en capacidad de transmitir.

La velocidad de transmisión en los puertos y la cantidad de puertos libres en los equipos de conectividad.

El uso de frecuencias y estándares de transmisión inalámbricas reconocidos que permitan transmisiones a mayor velocidad en espectros de frecuencia que son aún poco utilizados en el área y que pueden ser aprovechados.

El diseño permite con el espacio en el cuarto de equipos y el soporte de VPN en los equipos que los servidores que se decidan implementar puedan colocarse al interior del cuarto o trabajar de forma remota desde otro sitio.

Usar equipos de doble banda al interior de las casas aporta flexibilidad para la conexión de dispositivos que pudieran no ser compatibles con la frecuencia de 5 GHz.

5.2.1.2 Estabilidad

En relación con los enlaces inalámbricos en los que se minimizan los retardos (latencia) y las desconexiones.

Hay que mencionar que los enlaces cuentan con línea de vista lo que mejora la recepción de las antenas.

Los niveles de recepción de señal según la simulación están dentro del rango de sensibilidad de los receptores, por lo que estos pueden ser escuchados.

La simulación también muestra que la intensidad de señal en todos los enlaces está dentro de S9; tomando en cuenta que cuando un enlace es menor a S5 puede considerarse que hay problemas de comunicación y que si supera S7 es considerado un buen enlace, puede decirse que los enlaces están bien establecidos y las señales de las transmisiones son idóneas con tasas de transferencia estables.

Las mediciones realizadas en campo indican que no hay señales que pudieran ser causa de interferencias.

5.2.1.3 Balanceo de carga y disponibilidad.

Los equipos de conectividad switch y router cuentan con funcionalidades de manejo de ancho de banda, el router y el firewall permiten además configurar balanceo de carga lo que reduce el congestionamiento en la red y mejora la disponibilidad.

Los equipos inalámbricos cuentan con tecnología MIMO que mejora la atención de los dispositivos a las solicitudes.

El proveedor del servicio de Internet entrega la capacidad dimensionada con un alto nivel de disponibilidad y otras características como parte de su SLA que reducen las interrupciones del servicio.

Todos los aspectos relacionados a seguridad que se mencionan posteriormente tienen incidencia también con la mejora de la disponibilidad.

5.2.1.4 Calidad de servicio

Los equipos permiten el establecimiento de VLANs y de priorización de tráfico, con lo que se mejora el uso de aplicaciones, sobre todo de aquellas sensibles a retardo y que están relacionadas generalmente a voz y video.

La calidad de servicio mejora además por la capacidad de tráfico que puede cursar por los enlaces, y que para las redes diseñadas es mayor que el dimensionado.

5.2.1.5 Administración y Seguridad

Todos los equipos a utilizar son administrables y cuentan con seguridad de acceso a los mismos.

La administración puede hacerse de forma remota a través del establecimiento de VPNs

La seguridad se aplica en algunos aspectos a nivel físico y lógico.

Protección ante descargas eléctricas mediante el uso de pararrayos, sistemas de puesta a tierra y UPS para el cuarto de equipos y el nodo central.

Un control de acceso electrónico para el cuarto de equipos y el monitoreo mediante cámaras de video vigilancia.

Dentro del cuarto se cuenta con un gabinete con cerrojo y llave para impedir el acceso a los equipos, el robo de estos, o su manipulación, aspectos que pudieran atentar contra la disponibilidad de los servicios.

Seguridad con el uso de VLANs para segmentar el tráfico, además el uso de un firewall que incluye antivirus y sistema de protección de intrusos, y el uso de protocolos de cifrado para las redes inalámbricas.

El switch cuenta con aislamiento de puertos para evitar que sea posible conectarse a la red mediante un puerto que no se esté utilizando.

5.2.1.6 Cumplimiento de normativa

Se cumple con la normativa respetando los límites de emisión en las bandas de operación elegidas, en ninguno de los enlaces el valor de EIRP llega a superar el máximo permitido.

5.2.2 Evaluación del diseño

La evaluación se enfoca en los aspectos de cobertura, cantidad de clientes atendidos y tasa de transferencia.

5.2.2.1 Cobertura

El requerimiento de cobertura es cubrir las 30 casas del conjunto habitacional.

Para ello la topología punto a multipunto con la tecnología inalámbrica WiFi seleccionada, las características de las antenas y sus alturas para tener línea de vista, permiten cumplir con este objetivo al cubrir la totalidad de las casas.

Mediante simulación se puede ver la cobertura que pueden proporcionar los enlaces en los conjuntos habitacionales.

La Figura 5.27 muestra la cobertura de los enlaces de radio en el Conjunto 1 y la Figura 5.28 la cobertura en el Conjunto 2.

En estas figuras se puede ver en color verde la cobertura que tiene cada red en su respectivo conjunto.



Figura 5.27 Diagrama de cobertura de la red inalámbrica en el conjunto 1.

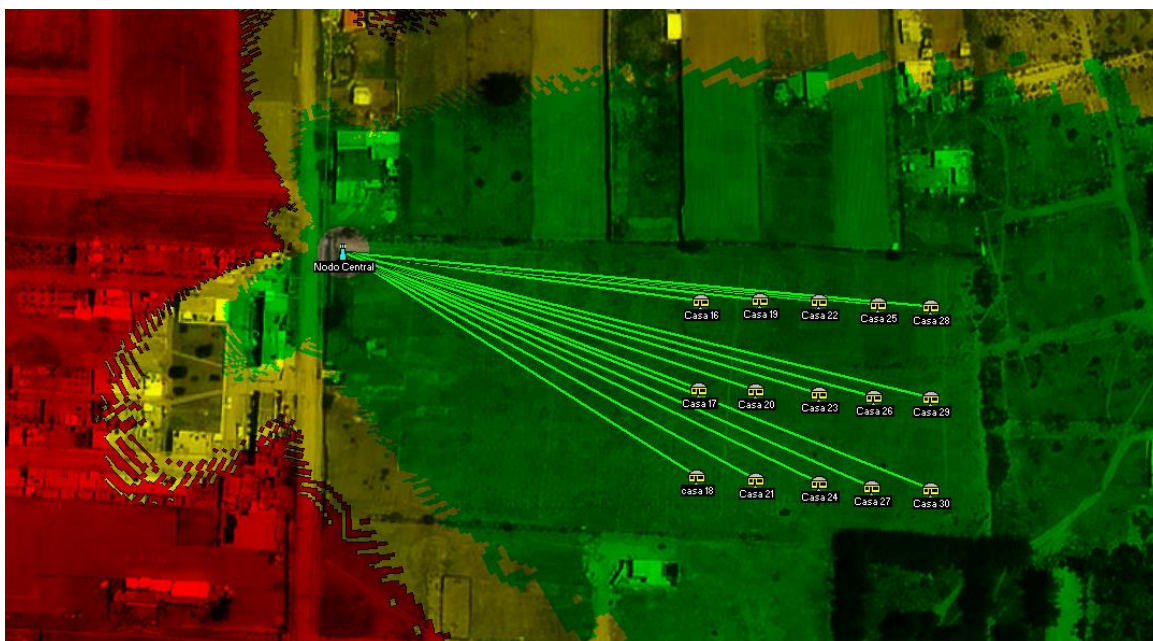


Figura 5.28 Diagrama de cobertura de la red inalámbrica en el conjunto 2.

Al interior de los hogares la cobertura se complementa con un equipo Wifi en cada piso.

En el Anexo 10 se incluyen las configuraciones de cobertura en Radio Mobile para los Conjuntos 1 y 2 considerando el peor caso.

En la Tabla 5.1 se hace la comparación numérica correspondiente a la evaluación de cobertura.

Requerimiento de casas a cubrir	Número de casas cubiertas
30	30

Tabla 5.1 Requerimiento de casas a cubrir y número de casas cubiertas.

5.2.2.2 Número de usuarios

Los usuarios de la red son los habitantes de las 30 casas, de acuerdo con el diseño arquitectónico de las mismas, habría hasta 4 usuarios por cada casa llegando a un total de 120.

Aunque inicialmente por un aspecto relacionado a costo económico la capacidad de tráfico a contratar pudiera no ser la dimensionada para el caso de mayor exigencia y simultaneidad, la red y el proveedor ISP si están en capacidad de entregar y soportar esa tasa de tráfico de ser necesario.

Siendo que la cobertura es total para las 30 casas, los 120 usuarios también están cubiertos.

La Tabla 5.2 muestra la comparación numérica correspondiente a la evaluación del número de usuarios.

Número de usuarios que requieren el servicio e Internet.	Número de usuarios a los que las redes diseñadas pueden dar el servicio de Internet.
120	120

Tabla 5.2 Número de usuarios que requieren el servicio de Internet y número de usuarios a los que las redes diseñadas pueden dar el servicio de Internet.

5.2.2.3 Tasa de transferencia.

El requerimiento para la red es que los usuarios puedan hacer uso de varios servicios a través de Internet.

Para cumplir con ello se realizó un dimensionamiento de tráfico asumiendo el caso de mayor exigencia para la red en el que todos los usuarios hicieran uso de los servicios que más tráfico generan en ambos sentidos y al mismo tiempo, los cuales son además servicios diferentes. Con este dimensionamiento se estableció valores de 600 Mbps de tráfico entrante a las casas y 384 Mbps de tráfico saliente de las 30 casas, los cuales al iniciar con un overbooking de 2 a 1 entregan un requerimiento a contratar con el ISP de 300 Mbps y 192 Mbps respectivamente, garantizando así tasas de transferencia de 10 Mbps de tráfico entrante hacia cada casa y 6,4 Mbps de tráfico saliente desde cada casa.

La tecnología Wi-Fi, el trabajo en la frecuencia de 5 GHz y el estándar 802.11 ac, permiten transferencias de esas tasas de tráfico de manera inalámbrica, los equipos de radio seleccionados en el diseño permiten transferencias de hasta 1.2 Gbps cada uno en el nodo central y de 200 Mbps en cada casa, con lo cual puede soportarse de forma holgada el aumento de tráfico en la red.

El proveedor ISP con conexión internacional está en capacidad de entregar 300 Mbps simétricos y aumentarlos en caso de que fuera necesario.

En la Tabla 5.3 se puede ver el tráfico dimensionado para el caso de mayor exigencia de la red y la capacidad de tráfico de los equipos de radio en el nodo central.

Tráfico dimensionado caso de mayor exigencia (30 casas)	Capacidad de tráfico de los 2 equipos de radio en el nodo central.
984 Mbps	2.4 Gbps

Tabla 5.3 Tráfico dimensionado para el caso de mayor exigencia y capacidad de tráfico de los equipos de radio en el nodo central.

Adicionalmente se compara el tráfico con el ofrecida por uno de los proveedores del servicio en el sector Bridgetelecom, el cual, llegaría mediante fibra óptica con una compartición de 4 a 1, SLA de disponibilidad del servicio de 97% y que en su página web (Bridge Telecom S.A., n.d.) presenta planes de Internet de 40, 50 y 70 Mbps.

En el Anexo 11 se puede ver una captura de pantalla de la página web de Bridgetelecom en la que se incluyen los planes ofrecidos.

En la Tabla 5.4 se tiene el tráfico entrante ofrecido garantizado para cada casa en los planes de Bridgetelecom y el tráfico entrante que se puede garantizar en el diseño, tomando en cuenta que el tráfico saliente desde las casas es relativamente menor al entrante.

Tráfico entrante a cada casa garantizado Bridgetelecom	Tráfico entrante a cada casa que puede garantizarse en el diseño.
10 Mbps – 17.5 Mbps	10 Mbps – 40 Mbps

Tabla 5.4 Tráfico entrante a cada casa garantizado por Bridge Telecom y tráfico entrante a cada casa que puede garantizarse en el diseño.

De acuerdo a las Tablas 5.3 y 5.4 el diseño está en capacidad de garantizar hasta 40 Mbps de tráfico entrante a cada casa.

De esta evaluación se puede concluir que el diseño permite cumplir con los requerimientos solicitados.

6 CAPÍTULO 6 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El diseño de redes inalámbricas realizado con topología punto - multipunto permite proveer del servicio de Internet a los conjuntos habitacionales a construirse en la Parroquia de Calderón del Distrito Metropolitano de Quito, entregando cobertura, estabilidad y soportando el tráfico de manera eficiente, dando a los usuarios una percepción de un servicio veloz y mejorando su experiencia de uso.

El dimensionamiento de tráfico procura que los equipos y los enlaces puedan soportar el tráfico bidireccional que por las redes deben circular en el caso de mayor demanda y en simultaneidad.

El overbooking se realiza en función de que la capacidad de Internet a entregar debe ser adquirida a un proveedor ISP con conexión internacional, razón por la cual, se procura comprar una cantidad de tráfico que no se desperdicie y pueda convertirse en un gasto.

El proveedor con conexión internacional ISP está en capacidad de aumentar el tráfico ofrecido en caso de ser necesario.

El tráfico de monitoreo de video vigilancia del cuarto de equipos no incide en el tráfico del servicio a las casas, sin embargo, es tomado en cuenta como tráfico saliente hacia el proveedor de Internet.

El contexto geográfico y la provisión de servicios en la zona permitió acercar la ubicación del nodo central evitando enlaces intermedios, con ahorro económico, y con mejora en los enlaces y en la recepción de las señales.

Utilizar dos equipos de radiofrecuencia y dos antenas sectoriales a alturas diferentes que posibilitan línea de vista en el nodo central, permite crear dos redes inalámbricas y dividir a los clientes en sus respectivos conjuntos, distribuir la carga de tráfico, mejorar la cobertura y facilitar la gestión de las redes y de los clientes.

Para las redes inalámbricas se utiliza Wi-Fi en frecuencias de uso libre, esta tecnología permite alcances de 300m en campo abierto, con el estándar 802.11 ac permite tráfico que pueden llegar al orden de Gigabps y utilizar tecnología MIMO.

Las mediciones realizadas en el área de terreno en el que se llevará a cabo el proyecto de construcción de los conjuntos habitacionales permitieron determinar que no existen señales inalámbricas en la frecuencia de 5 GHz que pudieran ser causantes de interferencia con las frecuencias de trabajo escogidas para el proyecto.

Para los enlaces con el nodo central se utiliza la frecuencia de 5 GHz, que permite tasas de tráfico más altas en dos canales de 40 MHz no consecutivos para evitar la interferencia co-canal y la interferencia de canal vecino.

Al interior de las casas se puede utilizar la banda de 5 GHz y la de 2,4 GHz para dar flexibilidad de uso y permitir la compatibilidad de dispositivos que pudieran no estar adaptados para trabajar en la frecuencia de 5 GHz.

El diseño posibilita que los servidores puedan conectarse dentro del cuarto de equipos o de forma remota a través de VPNs.

La simulación de los enlaces permite tener una idea aproximada del funcionamiento de las redes en la práctica y conocer que efectivamente existe la factibilidad técnica para implementarlas dado que en todos los casos el nivel de recepción de señal está dentro del nivel de sensibilidad del receptor, lo que significa que las comunicaciones se escuchan bidireccionalmente, además la cobertura es para la totalidad de las casas, los valores de despeje de la primera Zona de Fresnel sobrepasan ampliamente el 60% requerido en su primera zona, la intensidad de señal está dentro de S9 y nunca se supera el valor de EIRP permitido.

En la simulación se configuraron los menores valores de sensibilidad de recepción de las antenas, así también las antenas seleccionadas son similares a las reales con ciertas limitaciones; por tanto, en la realidad podría esperarse aún mejores niveles de recepción de señal, de recepción relativa, mejores ángulos de cobertura y mayores intensidades de señal.

Para cumplir con la normativa técnica vigente en cuanto a límites de emisión, es necesario ajustar la potencia de transmisión de acuerdo con la frecuencia y con las ganancias de las antenas sin sobrepasar la potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) permitida.

Las antenas en el nodo central apuntan hacia las casas más distantes o más céntricas dependiendo de como visualmente se esperarían que tengan mayor cobertura.

Al ser equipos diferentes y antenas diferentes los que se usan en el nodo y en las casas, la simulación debe hacerse en ambos sentidos.

Las redes diseñadas son escalables y flexibles, pueden adaptarse a cambios de tráfico o crecimientos que pudieran darse sin necesidad de realizar modificaciones significativas pudiendo incluso soportar tasas de tráfico mayores a las dimensionadas.

Los enlaces inalámbricos son estables reduciendo la latencia y las desconexiones.

Las redes cuentan con balanceo de carga, manejo de ancho de banda, tecnología MIMO y un ISP que ofrece alta continuidad en el servicio; reduciendo así el congestionamiento en la red y mejorando la disponibilidad.

Las redes cuentan con calidad de servicio gracias al uso de VLANs, priorización de tráfico y una capacidad de tráfico mayor a la dimensionada.

Las redes son gestionables de forma local o mediante el uso de VPNs.

El diseño cuenta con características y elementos de seguridad a nivel eléctrico, a nivel del cuarto de equipos, y a nivel de red proporcionada por un equipo de borde con antivirus e IPS y mediante el uso de cifrado para las redes inalámbricas.

Las redes cumplen con normativa local vigente respecto a los límites de emisión.

Las tasas de tráfico ofrecidas en el diseño están de acuerdo con lo ofrecido por otro proveedor de servicio del sector.

El diseño, dimensionamiento y los equipos seleccionados para el proyecto posibilitan cumplir con los requerimientos solicitados al dar cobertura a toda el área, servicio a todos los usuarios con enlaces estables que permiten ampliar su capacidad incluso para tráficos mayores a los dimensionados, mejorando la calidad de servicio y otorgándoles a las redes diseñadas escalabilidad y flexibilidad.

6.2 Recomendaciones

Una vez que estén en marcha las redes diseñadas se recomienda medir el tráfico de forma de determinar si es necesario ampliar la capacidad de tráfico que se adquiere al ISP.

Una vez en ejecución el proyecto se podría analizar la disponibilidad y criticidad de las redes para decidir si se opta por un proveedor ISP de respaldo en caso de que el proveedor principal presentara algún problema con el servicio.

En función de si se decide que los servidores se instalen en el cuarto de equipos, se podría recomendar un sistema de climatización para cuartos de equipos y telecomunicaciones.

Es recomendable que los equipos trabajen hasta en un 70% de su capacidad para evitar que se saturen y puedan ralentizar su funcionamiento.

Se recomienda analizar el ofrecer el servicio de Internet a los habitantes que se encuentren dentro del área de cobertura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (n.d.). *Instructivos y formatos: ACCESO A INTERNET*. Retrieved August 7, 2021, from <http://www.arcotel.gob.ec/instructivos-y-formatos-acceso-a-internet2/>

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (2016). *Instructivo de trabajos de los formatos técnicos para el otorgamiento de títulos habilitantes del espectro radioeléctrico*. https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/IT-DRE-03_OTH-ESPECTRO-RADIOELÉCTRICO_V1.0_18Jul20162.pdf

Norma técnica de espectro de uso libre y de espectro para uso determinado en bandas libres, (2018). https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/06/norma_eul_y_udbl_audiencias_públicas.pdf

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones del Ecuador. (2020). *Funciones*. <https://www.arcotel.gob.ec/>

Amazon.com. (n.d.). *Problemas con reproducciones en streaming en directo en Prime Video*. Retrieved February 22, 2022, from https://www.primevideo.com/help/ref=atv_hp_nd_cnt?language=es_ES&nodeId=GP57SKQ7CB5DRS6F#:~:text=Prime Video recomienda una velocidad,de ancho de banda disponible.

Araujo, G., Camacho, L., Chávez, D., Córdova, C., Cornejo, J., Espinoza, D., Liñán, L., Margarito, J., Martínez, A., Osuna, P., Pacheco, Y., Paco, J., Quijandria, Y., Quispe, R., Rey, C., Salmerón, S., Sánchez, A., Sanoni, P., Seoane, J., ... Vera, J. (2011). *Redes inalámbricas para zonas rurales* (Segunda, Issue 2013). <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe/download/publicaciones/Libro RIpZR 2da edicion.pdf>

ARCOTEL. (n.d.). *Instructivo de trabajo de los formularios técnicos para el otorgamiento de títulos habilitantes para la prestación del servicio de acceso a Internet*. <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/12/IT-CTDS-09-Vs-1.0-DE-LOS-FORMULARIOS-TÉCNICOS-PARA-OTORGAMIENTO-DE-TH-PARA-PRESTACIÓN-DEL-SERVICIO-DE-ACCESO-A-INTERNET.pdf>

Ley Orgánica De Telecomunicaciones, Tercer Sup Registro Oficial Órgano N° 439 del

- Gobierno del Ecuador 1 (2015). <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Orgánica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- Atero Gómez, F. (2013). Oportunidades de negocio para WISP. *Bit*, 195, 18.
- Bridge Telecom S.A. (n.d.). *Fibra Óptica a la Casa Nuestros Planes*. Retrieved March 14, 2022, from <http://www.bridgetelecom.com.ec/index.php/contenido/item/fibra-optica-a-la-casa>
- Buettrich, S. (2007). *Unidad 06: Cálculo de Radioenlace* (pp. 1–22). http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf
- Cambium Networks. (n.d.-a). *ePMP 3000*. Retrieved March 9, 2022, from <https://www.cambiumnetworks.com/products/epmp/epmp-3000/>
- Cambium Networks. (n.d.-b). *ePMP 3000 Sector Antenna*. Retrieved March 9, 2022, from <https://www.cambiumnetworks.com/products/epmp/epmp-3000-sector-antenna/>
- Cambium Networks. (n.d.-c). *ePMP Force 200 for 2.4 GHz and 5 GHz*. Retrieved March 11, 2022, from https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/2017/10/SS_ePMP_Force200_06262018.pdf
- Cárdenas, C., & Arteaga, K. (2016). *Implementación de un esquema de mitigación de interferencia en enlaces con línea de vista (LOS) en la banda de 28 GHz* [Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/99357/D-106172.pdf>
- CenturyLink. (2021). *¿Cuál es la mejor velocidad para juegos en Internet?* <https://espanol.centurylink.com/home/help/internet/best-internet-speeds-for-gaming.html>
- Chacón, Ó. (2017). *Diseño de una red inalámbrica utilizando la tecnología WiMax para proveer servicio de Internet en la zona urbana de la ciudad de Latacunga* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14627/CASO_DE_ESTUDIO_%28OSCAR_CHACON_%29%2808-02-2018%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CYPE Ingenieros S.A. (n.d.-a). *MÁSTIL PARA FIJACIÓN DE ANTENAS*. Retrieved March

- 11, 2022, from
http://www.ecuador.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Audiovisuales/Red_de_cables_coaxiales/Mastil_para_fijacion_de_antenas_0_0_0_0_0_1.html
- CYPE Ingenieros S.A. (n.d.-b). *TORRETA PARA FIJACIÓN DE ANTENAS*. Retrieved March 11, 2022, from
http://www.ecuador.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Audiovisuales/Red_de_cables_coaxiales/Torreta_para_fijacion_de_antenas_0_1_0_1_0_4_0.html
- Dionicio, G., Cumapa, E., & Vicente, P. (2018). *Diseño de un sistema de radio enlaces en la banda de 400MHz para el monitoreo y control de estaciones de SEDAPAL en el esquema Cieneguilla* [Universidad nacional del Callao].
http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3436/Dionicio_Cumapa_y_Vicente_TESIS_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Disney. (n.d.). *Recomendaciones de velocidad de internet*. Retrieved February 22, 2022, from
https://help.disneyplus.com/csp?id=csp_article_content&sys_kb_id=8dd46a72db50ac18b03cc58a139619b1
- El Universo. (2019). Consejos para optimizar al máximo tu conexión a Internet cuando juegues en línea. *El Universo*.
<https://www.eluniverso.com/entretenimiento/2019/10/24/nota/7573568/internet-velocidad-videojuegos/>
- Engst, A., & Fleishman, G. (2003). *Introducción a las Redes Inalámbricas*.
<https://www.scribd.com/doc/128052845/Introduccion-A-Las-Redes-Inalambricas-por-Adam-Engst-pdf>
- Google. (2021a). *Google Earth*.
[https://earth.google.com/web/search/0°03'05.3"S++78°24'53.1"W/@-0.05165635,-78.41435301,2794.14677745a,575.51940035d,30.00001486y,-0h,0t,0r/data=CigiJgokCR04umzpQzRAERw4umzpQzTAGb-U17ttwjdAISxt6kpzglPA?pli=1](https://earth.google.com/web/search/0°03'05.3)
- Google. (2021b). *Google Maps*.
<https://www.google.com.ec/maps/place/0°03'05.2%22S+78°24'47.6%22W/@->

0.0929822,-78.365966,11.75z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-0.0514417!4d-78.4132194!5m1!1e4

Google. (2021c). *Preparar la red para videollamadas de Meet*.
<https://support.google.com/a/answer/1279090?hl=es#zippy=%2Cpaso-revisa-los-requisitos-de-ancho-de-banda%2Ccalidad-de-v%C3%ADdeo-predeterminada>

Grupo de Radiocomunicaci3n Departamento SSR ETSIT-UPM. (2007). *Tutorial de Radio Mobile* (p. 31). [https://www.eslared.net/walcs/walc2011/material/track1/Manual de Radio Mobile.pdf](https://www.eslared.net/walcs/walc2011/material/track1/Manual%20de%20Radio%20Mobile.pdf)

Hikvision. (n.d.-a). *DVR-204Q-K1*. Retrieved March 10, 2022, from <https://www.hikvision.com/en/products/HiLook-Turbo-HD-Product/DVR/1080P/DVR-204Q-K1/>

Hikvision. (n.d.-b). *Storage and Network Calculator*. Retrieved March 10, 2022, from <https://tools.hikvision.com/calculatorTool/index.html#/>

Hikvision. (n.d.-c). *THC-B120-P*. Retrieved March 10, 2022, from <https://www.hikvision.com/es-la/products/HiLook-Turbo-HD-Product/Turbo-HD-Camera/1080P/THC-B120-P/>

Hikvision. (n.d.-d). *THC-T120-P*. Retrieved March 10, 2022, from <https://www.hikvision.com/es-la/products/HiLook-Turbo-HD-Product/Turbo-HD-Camera/1080P/THC-T120-P/>

<http://www.ve2dbe.com/rme.html>. (n.d.). *Radio Mobile*. Retrieved December 16, 2020, from <http://www.ve2dbe.com/rme.html>

Http Archive. (2022). *Report: Page Weight*. <https://httparchive.org/reports/page-weight>

Hufford, G. A., Longley, A. G., & Kissick, W. A. (1982). A Guide to the Use of the ITS Irregular Terrain Model in the Area Prediction Mode. In *NTIA Technical Report TR-82-100* (Issue April). <http://www.its.bldrdoc.gov/pub/ntia-rpt/82-100/>

Intel. (n.d.). *Different Wi-Fi protocols and Data Rates*. Retrieved November 9, 2020, from <https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000005725/network-and-io/wireless.html#legacy>

Jaramillo, E. S. (2013). *Rediseño de Red Multiservicios para el Colegio “Fernando*

Daquilema”de la ciudad de Riobamba. [Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6702>

Loachamín, A. (2017). *Análisis del cambio de uso de suelo de la parroquia rural Calderón del Distrito Metropolitano de Quito entre los años 2005 y 2015 como aporte a la actualización del PDOT de Calderón.*
[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13262/Análisis del cambio de uso de suelo de la parroquia rural Calderón del Distrito Metropolitano de Quito entre los años 2005 y 2015 como aporte a la actualización del PDOT de Calderón.pdf?sequence](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13262/Análisis%20del%20cambio%20de%20suelo%20de%20la%20parroquia%20rural%20Calderón%20del%20Distrito%20Metropolitano%20de%20Quito%20entre%20los%20años%202005%20y%202015%20como%20aporte%20a%20la%20actualización%20del%20PDOT%20de%20Calderón.pdf?sequence)

MikroTik. (n.d.-a). *CCR1009-7G-1C-1S+*. Retrieved March 10, 2022, from <https://mikrotik.com/product/CCR1009-7G-1C-1Splus#fndtn-downloads>

MikroTik. (n.d.-b). *CRS326-24G-2S+RM*. Retrieved March 10, 2022, from <https://mikrotik.com/product/CRS326-24G-2SplusRM>

Naranjo, F. (2012). *Diseño de Redes Inalámbricas como Infraestructura Tecnológica para Facilitar el Acceso a Internet en Entornos Rurales del Cantón Ambato de la Provincia de Tungurahua.* *Cienciamérica*, *1*, 86–93.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj7gpCL58HtAhWhuFkKHfErB94QFjAAegQIARAC&url=http%3A%2F%2F201.159.222.118%2Fopenjournal%2Findex.php%2Futi%2Farticle%2Fdownload%2F12%2F10%2F&usg=AOvVaw2b44A_6so9gvpN4EYS

Netflix. (n.d.). *Recomendaciones sobre la velocidad de conexión a Internet.* Retrieved February 21, 2021, from <https://help.netflix.com/es/node/306>

Palo Alto Networks. (n.d.). *PA - 400 Series.* Retrieved March 10, 2022, from <https://www.paloaltonetworks.com/resources/datasheets/pa-400-series>

Peñarrieta, D. (2015). *Diseño de una red WiFi de largo alcance, a través del espectro no licenciado, para permitir el acceso al servicio de Internet de banda ancha en los sectores más poblados de la zona rural del Cantón Junín* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11116/Tesis-David-PUCE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Serrano Castro, G. E. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO PUNTO - MULTIPUNTO CON SEGMENTACIÓN DE TRÁFICO POR VLAN, PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET A LA PARROQUIA BARBONES DEL CANTÓN EL GUABO EN LA PROVINCIA DE EL ORO POR MEDIO DE LA EMPRESA ISP CESCOINET*". 1–80.
- Soysal, S. (2021). *Preparar la red de la organización para Microsoft Teams*. Microsoft. <https://docs.microsoft.com/es-es/microsoftteams/prepare-network#:~:text=Teams> siempre es conservada en,quality in under 1.2Mbps.
- Standards Informant. (n.d.). *ANSI/TIA-569-E: Telecommunications Pathways and Spaces*. Retrieved February 26, 2022, from <https://blog.siemon.com/standards/ansi-tia-569-e-telecommunications-pathways-and-spaces>
- SYSCOM. (n.d.). *DS-KIT804B-EF*. Retrieved March 10, 2022, from <https://www.syscom.mx/producto/DS-K1T804B-EF-HIKVISION-195574.html>
- TP-LINK Technologies Co. Ltd. (n.d.-a). *AC1200 Dual Band Wi-Fi Router*. Retrieved March 11, 2022, from [https://static.tp-link.com/2021/202102/20210220/Archer_C50\(EU\)6.0_Datasheet.pdf](https://static.tp-link.com/2021/202102/20210220/Archer_C50(EU)6.0_Datasheet.pdf)
- TP-LINK Technologies Co. Ltd. (n.d.-b). *AC750 Wi-Fi Range Extender*. Retrieved March 11, 2022, from [https://static.tp-link.com/2020/202010/20201030/RE200\(EU\)_5.0_Datasheet.pdf](https://static.tp-link.com/2020/202010/20201030/RE200(EU)_5.0_Datasheet.pdf)
- Valencia Zambrano, A. (2013). *Diseño de un sistema inalámbrico para integrar los servicios de telecomunicaciones, en las sedes que tiene en el Cauca la ips-i acin “un aporte a la salud intercultural.”* <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5942/1/T03971.pdf>
- Vásquez, R., & Corcio, C. (2015). *Estimación de la ampliación del acceso inalámbrico en base a estaciones punto multipunto airMax Ubiquiti Networks pertenecientes a la red del proveedor de servicios Grupo Privado del Norte S.A.C.* http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1934/1/RE_ELEC_RANDY.VASQUEZ_CHRISTIANCORCIO_ACCESO.INALAMBRICO_DATOS_T046_43254688-45154945T.PDF
- Vinelli, C. (2015). *Reingeniería de la Red de Área Local de la Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman* [Escuela Politécnica Nacional].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/12047>

Xmart by Integra. (n.d.). *OPTIMA RT10 1.5K*. Retrieved March 11, 2022, from https://www.xmart-ups.com/productos/producto.php?p=27&/OPTIMA_RT9_10K&lang=es

Zoom Video Communications, I. (2021). *Requisitos del sistema para Windows, macOS, Linux*. [https://support.zoom.us/hc/es/articles/201362023-Requisitos-del-sistema-para-Windows-macOS-y-Linux#:~:text=Ancho de banda recomendado para asistentes a seminarios web%3A,50-150 kbps \(bajada\)](https://support.zoom.us/hc/es/articles/201362023-Requisitos-del-sistema-para-Windows-macOS-y-Linux#:~:text=Ancho de banda recomendado para asistentes a seminarios web%3A,50-150 kbps (bajada))

ANEXOS

Anexo 1 Informe de Regulación Metropolitana

Informe de Regulación Metropolitana - LOTE EN UNIPROPIEDAD

*** INFORMACIÓN PREDIAL**

DATOS DEL TITULAR DE DOMINIO	
C.C./R.U.C:	
Nombre o razón social:	

DATOS DEL PREDIO	
Número de predio:	
Geo clave:	
Clave catastral anterior:	
En derechos y acciones:	SI

ÁREAS DE CONSTRUCCIÓN	
Área de construcción cubierta:	0.00 m2
Área de construcción abierta:	0.00 m2
Área bruta total de construcción:	0.00 m2

DATOS DEL LOTE	
Área según escritura:	28934.00 m2
Área gráfica:	28886.60 m2
Frente total:	107.50 m
Máximo ETAM permitido:	5.00 % = 1446.70 m2 [SRU]
Zona Metropolitana:	CALDERON
Parroquia:	CALDERÓN
Barrio/Sector:	BELLAVISTA
Dependencia administrativa:	Administración Zonal Calderón

IMPLANTACIÓN GRÁFICA DEL LOTE (629116)

FMQ - 2021-07-12

ARR-D3 [SRU]

RN/PS-A1 [SRU]

99941100

Escalad 1:1000

ZOOM 1 | ZOOM 2 | ZOOM 3

[Nueva consulta](#) [Generar IRM preliminar](#) [Glosario de términos](#)

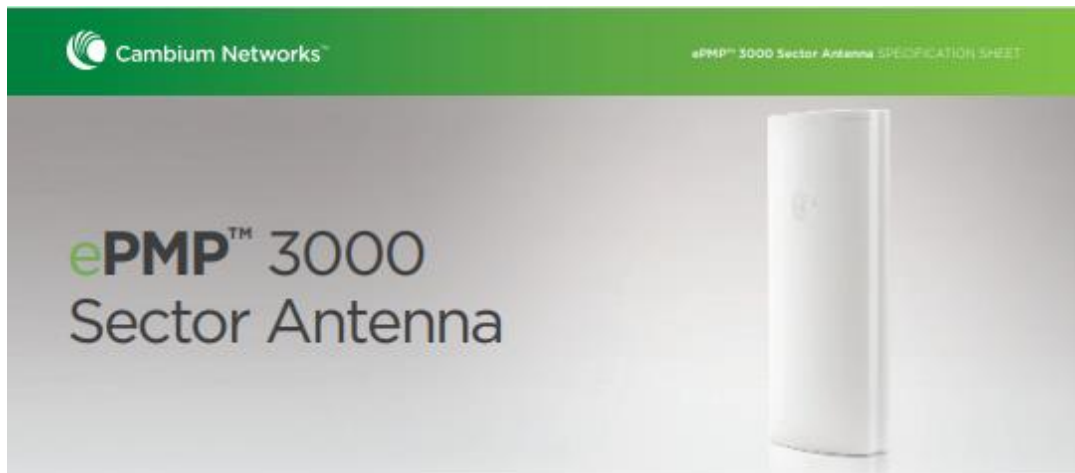
El IRM debe ser obtenido en: [Administración Zonal Calderón](#)

*** VÍAS**

REGULACIONES		
ZONIFICACIÓN Zona: A4 (A5002-5) Lote mínimo: 5000 m2 Frente mínimo: 40 m COS total: 10 % COS en planta baja: 5 % Forma de ocupación del suelo: (A) Aislada Uso de suelo: (RN/PS) Recursos Naturales/Producción Sostenible	PISOS Altura: 8 m Número de pisos: 2	RETIROS Frontal: 5 m Lateral: 5 m Posterior: 5 m Entre bloques: 6 m Clasificación del suelo: (SRU) Suelo Rural Factibilidad de servicios básicos: NO

Fuente: https://pam.quito.gob.ec/mdmq_web_irm/irm/buscarPredio.jsf

Anexo 2 Ficha técnica antena Cambium Networks ePMP 3000 Sector Antenna



Cambium Networks has deployed more than five million radios around the world achieving unparalleled degrees of scalability. Continuing the tradition of designing and manufacturing industry leading antenna solutions, the ePMP 3000 4X4 sector antenna encompasses all the key differentiations of the Cambium Antenna line and adds 4X4 Multi User MIMO Capability. Designed to work in 5 GHz spectrum and 90 degree coverage, the antenna is an integral part of the ePMP 3000 Access Point and allows for Multi User MIMO Operation.

KEY DEPLOYMENT ADVANTAGES

- **Frequency Re-use:** Designed for ABAB channel re-use (two channels covering four sectors), the sector antenna has a minimum 30 dB front to back ratio over a wide rear facing aperture.
- **Channel Flexibility:** Consistent gain from 4.9 to 6.0 GHz allows the operator to select a channel anywhere in the band and achieve the expected performance.
- **Consistent Coverage:** Excellent null fill capabilities of the antenna allow for broad geographical coverage within a sector even near the base of the tower and the edges of the sector.
- **Designed for the Installer:** Small, compact design, integrated ePMP radio mount and GPS antenna integration.
- **Predictable Performance:** The sector antenna is integrated into Cambium Networks LINKPlanner. The 3D model shows coverage at all elevations and across the azimuth.

KEY SPECIFICATIONS:

- 17 dBi gain
- 4.9 to 5.97 GHz spectrum
- 30 dBi front to back ratio
- IP 65 ruggedization

SPECIFICATIONS

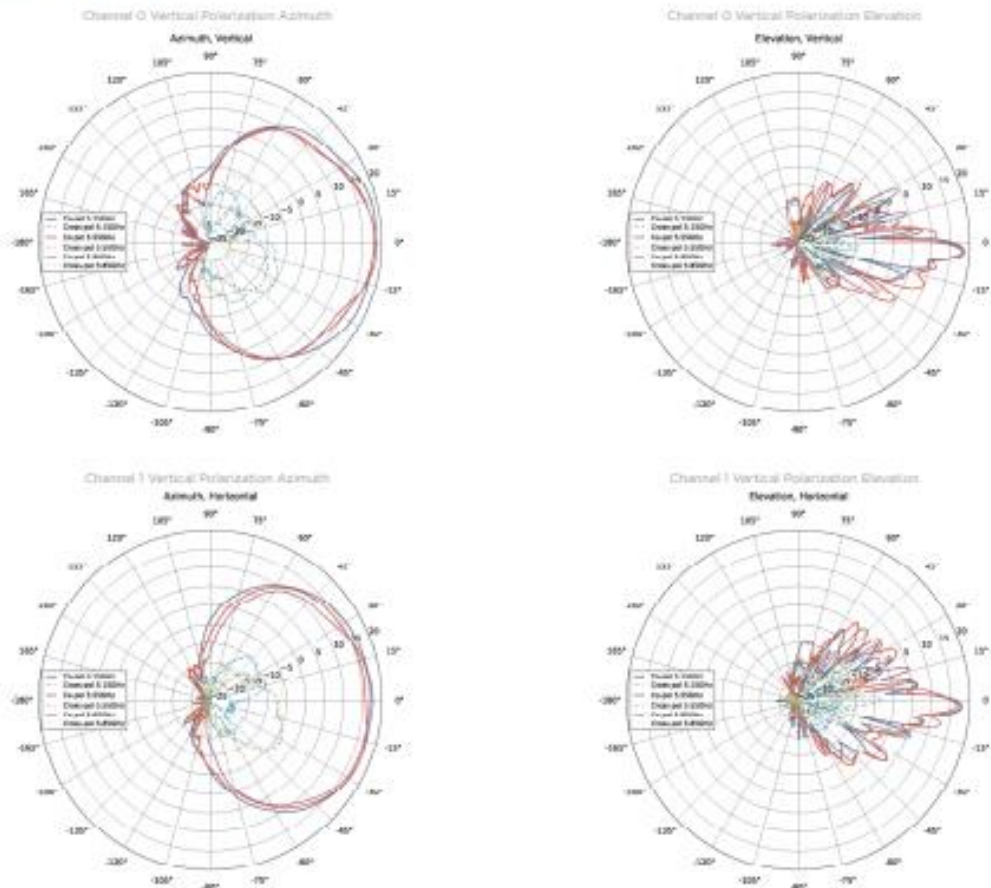
ePMP 3000 SECTOR ANTENNA	
Model Number	C0509100101A
Frequency Range	4.9 GHz to 5.97 GHz
Gain	17 dBi
3 dB Beamwidth - Azimuth	70 degrees
3 dB Beamwidth - Elevation	6 degrees
Electrical DownTilt	-2 degrees
Polarization	2X Horizontal, 2X Vertical

SPECIFICATIONS

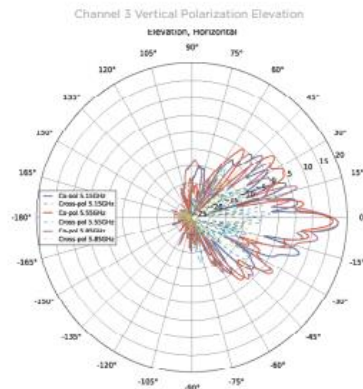
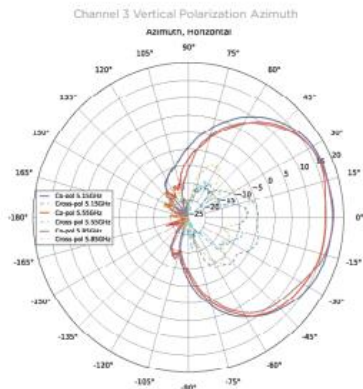
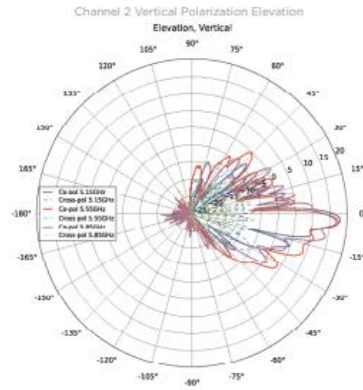
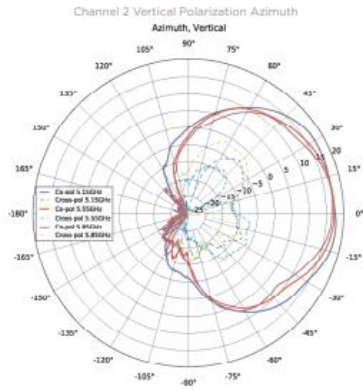
ePMP 3000 SECTOR ANTENNA

Model Number	C0509100301A
Port-to-Port Isolation	> 20 dB
Front-to-Back Ratio	30 dB
Maximum Input Power	5 W
Input Impedance	50 ohms
Mounting Connectors	4 x RP-SMA
Mounting Hardware	Included for mounting to mast diameters 2" to 4" (5 cm to 10 cm) -10 to +5 degree tilt Hardware included to connect ePMP access point to back of antenna body
Physical Dimensions	Antenna Body: 25.4" (H) x 9.6" (W) x 3.25" (D) (594 mm x 157 mm x 110 mm)
Weight	Antenna Body: 8.0 lbs, 3.7 kg w/ ePMP 3000 Access Point and Mounting Brackets: 11.6 lbs, 5.3 kg
Environmental	IP55
Radome Material	UV Protected ABS
Operating Temp	-40°C to 50°C (-40°F to 140°F)

ANTENNA PATTERNS



ANTENNA PATTERNS



Fuente: https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/2018/10/SS_ePMP3000_SectorAntenna_10032018_bleed.pdf

Anexo 3 Ficha técnica ePMP 3000 Access Point con MUMIMO

ePMP™ 3000 Series

QUICK LOOK:

- **High-performance, scalable and reliable access points for fixed wireless broadband**
- **ePMP 3000 features MU-MIMO for up to 1.2 Gbps capacity for more than 120 Subscribers**
- **Low TCO with three-year hardware warranty**
- **Interoperable with all Force 300 Subscriber Modules and supports backward compatibility to Force**



Cambium Networks' ePMP product line has set the standard for high performance, scalability and reliability in harsh interference environments, all at a compelling price. The ePMP 3000 Access Point series is the third generation based on 802.11ac Wave 2 technology. ePMP 3000 Access Points interoperate with Force 300 Subscriber Modules (SM) and supports backward compatibility. ePMP 3000 Access Points can deliver up to 600 Mbps aggregate to each Force 300 SM. A sophisticated scheduling and QoS engine combined with TDD synchronization allows the ePMP 3000 and 3000L to deliver consistently high-quality service plans to a large number of end users.

All ePMP 3000 Access Points are managed with cnMaestro™, and networks can be planned with LINKPlanner. Both are available from Cambium Networks at no charge.

ePMP 3000

The flagship product is the ePMP 3000, which can deliver 1.2 Gbps serving 120 or more subscribers. Featuring 4x4 MU-MIMO and dual overlapping sectors, the ePMP 3000 can transmit to two SM's at the same time. This effectively doubles the capacity of 2x2 systems and

in the process, increases link budgets by 3 dB with downlink beamsteering. The ePMP 3000 can be fitted with either a 90° MU-MIMO sector or a 60° MU-MIMO horn antenna. An optional smart uplink beamsteering antenna can be added for additional uplink isolation. For additional interference mitigation, the ePMP 3000 supports dynamic filtering for neighboring channel interference. With TDD synchronization, ePMP 3000 networks can scale to thousands of end users leveraging a small number of channels.

ePMP 3000L

The ePMP 3000L is a 2x2 MIMO Access Point that delivers up to 600 Mbps to as many as 64 end users. The ePMP 3000L supports GPS synchronization for mitigating self-interference and increasing subscriber density. The ePMP 3000L can be deployed with either the 90° MIMO sector antenna or any third-party 2x2 horn, dish or sector antenna.

ePMP 3000 MicroPOP

The ePMP 3000 MicroPOP can be deployed as a complement to the ePMP 3000 or ePMP 3000L for low-density, short-range applications as a hole filler or to inject capacity in a small area. The MicroPOP has an integrated omni antenna but does not support synchronization.

ePMP™ 3000 Series

Spectrum and Interface			
	3000	3000L	MP 3000 MicroPOP
Channel Width	20 40 80 MHz	20 40 80 MHz	20 40 80 MHz
Proprietary Physical Layer	4x4 MUMIMO/OFDM	2x2 MIMO/OFDM	2x2 MIMO/OFDM
Channel Spacing	Configurable in 5 MHz increments	Configurable in 5 MHz increments	Configurable in 5 MHz increments
Frequency Range <small>(Note: Allowable frequencies and bands are dictated by individual country regulations.)</small>	Wide Band Operation 4910 - 5970 MHz	Wide Band Operation 4910 - 6135 MHz	5150 - 5875 MHz
MAC Layer (Media Access Control)	Cambium Proprietary	Cambium Proprietary	Cambium Proprietary
Ethernet Interfaced	100/1000 BaseT, rate auto negotiated, 802.3at compliant & Aux SFP port	100/1000 BaseT, rate auto-negotiated	100/1000 BaseT, rate auto-negotiated
Supported Powering Methods	56 V PoE (included), standard 802.3at PoE Supply, or CMM5 with 56 V and 5 pin to 7 pin cross over cable adapter	29 V Cambium PoE (included)	802.3af or 802.3at Powered Device; 56 VDC Passive PoE Injector (included)
Protocols Used	IPv4/IPv6, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPs, STP, SSH, IGMP Snooping	IPv4/IPv6, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPs, STP, SSH, IGMP Snooping	IPv4/IPv6, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPs, STP, SSH, IGMP Snooping
Network Management	HTTPS, SNMPv2c, SSH	HTTPS, SNMPv2c, SSH	HTTPS, SNMPv2c, SSH
VLAN	802.1Q with 802.1p priority	802.1Q with 802.1p priority	802.1Q with 802.1p priority
Performance			
	3000	3000L	MP 3000 MicroPOP
Subscribers per Sector	Up to 120	Up to 64	Up to 32
ARQ	Yes	Yes	Yes
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @20 MHz Channel	MCS 0, -92 MCS 8 supported by Wi-Fi -68	MCS 0 = -89 dBm to MCS 8 (256 QAM-3/4) = -66 dBm (per chain)	MCS 0 = -89 dBm to MCS 8 (256 QAM-3/4) = -66 dBm (per chain)
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @40 MHz Channel	MCS0, -89 MCS9, -64	MCS 0 = -87 dBm to MCS 9 (256 QAM-5/6) = -64 dBm (per chain)	MCS 0 = -87 dBm to MCS 9 (256 QAM-5/6) = -64 dBm (per chain)
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @80 MHz Channel	MCS0, -86, MCS9 - 61	MCS 0 = -84 dBm to MCS 9 (256 QAM-5/6) = -59 dBm (per chain)	MCS 0 = -84 dBm to MCS 9 (256 QAM-5/6) = -59 dBm (per chain)
Modulation Levels (Adaptive)	MCS 0 (BPSK) to MCS 9 (256 QAM-5/6)	MCS 0 (BPSK) to MCS 9 (256 QAM-5/6)	MCS 0 (BPSK) to MCS 9 (256 QAM-5/6)
GPS Synchronization	Yes, via Internal GPS or Cambium Sync	Yes, via Internal GPS Connector or external GPS puck antenna	n/a
QoS (Quality of Service)	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast and Station Priority DSO DFS	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast and Station Priority, MIR/CIR support	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast and Station Priority, MIR/CIR support

ePMP™ 3000 Series

Link Budget			
	3000	3000L	MP 3000 MicroPOP
Transmit Power Range	0 to +32 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)	0 to +29 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)	0 to +29 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)
Antenna	Sector Antenna Available Part # C050910D301A Optional Smart Antenna for UL Beamforming part #C050900D020A	90°/120 Degree 2x2 Sector Antenna Available Part # C050900D021B	n/a
Physical			
	3000	3000L	MP 3000 MicroPOP
Surge Suppression*	1 Joule Integrated	1 Joule Integrated	1 Joule Integrated
Environmental	IP55	IP67 and IP68	IP67
Temperature	-30°C to 55°C (-22°F to 131°F)	-30°C to 60°C (-22°F to 140°F)	-40°C to 65°C (-40°F to 149°F)
Weight	0.7 kg (1.5 lbs) without bracket	0.50 kg (1.1 lbs) without bracket	0.98 kg (2.15 lbs) without bracket
Dimensions (Dia x Depth)	22.2 x 12.4 x 4.5 cm (8.75 x 4.9 x 1.75 in) without brackets	84 x 223 x 32 mm (3.3 x 8.8 x 1.3 in) without brackets	73 x 289 x 210 mm (2.9 x 11.4 x 8.3 in) without brackets
Power Consumption	25 W Maximum**	12 W (Up to 15 W in extreme cold temperatures when heater is activated.)	13 W (Up to 15 W in extreme cold temperatures when heater is activated.)
Input Voltage	44 V to 59 V	30 V Nominal (14 V to 30 V Range) (Note: 14 V minimum must be maintained at radio connector under all conditions including long cable lengths)	56 V Nominal (input range 41 V to 59 V)
Sector Antenna Connection	4 x 50 ohm, RP (Reverse Polarity) SMA	2 x 50 ohm, RP (Reverse Polarity) SMA Also compatible with RF Elements Twistport* Adaptor for ePMP	n/a
Beamforming Antenna Connection	2 x 50 ohm, RP (Reverse Polarity) SMA, DC Coupled (powering antenna)	n/a	n/a
GPS Antenna Connection	1 x 50 ohm, RP (Reverse Polarity) SMA	1 x 50 ohm, RP (Reverse Polarity) SMA; Optional external GPS Puck Antenna Part # N000900L030A	n/a
* 30 V Gigabit surge suppressor recommended for optimal surge protection. Part # C000000L065A			
**The maximum power consumption of the Access Point is the same regardless of whether the optional Smart Beamforming Antenna is equipped or not. This is because the Beamforming Antenna draws its power during the uplink cycle when the Access Point power consumption is not at its maximum.			
Security			
Encryption	All models: 128-bit AES (CCMP mode)		
Certifications			
	3000	3000L	MP 3000 MicroPOP
FCCID	Z8H-89FT0024	Z8H-89FT0047	Z8H89FT0051
Industry Canada Cert	109W-0024	109W-0047	109W-0051
CE	See Cambium Website for Declaration of Conformity	See Cambium Website for Declaration of Conformity	See Cambium Website for Declaration of Conformity

ePMP™ 3000 Series

ePMP 3000 Radio Ordering Information

C050910A001A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (no cord)
C050910A101A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (US cord)
C050910A104A	5 GHz Access Point Radio (IC) (Canada/US cord)
C050910A201A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (EU cord)
C050910A203A	5 GHz Access Point Radio (EU) (EU cord)
C050910A301A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (UK cord)
C050910A303A	5 GHz Access Point Radio (EU) (UK cord)
C050910A401A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (India cord)
C050910A402A	5 GHz Access Point Radio (India) (India Cord)
C050910A501A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (China cord)
C050910A601A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (Brazil cord)
C050910A701A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (Argentina cord)
C050910A801A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (ANZ cord)
C050910A901A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (South Africa cord)
C050910AZ01A	5 GHz Access Point Radio (ROW) (No PSU)
C058910A102A	5 GHz Access Point Radio (FCC) (US cord)
C050910D301A	ePMP 4x4 MU-MIMO Sector Antenna (for ePMP3000AP)

ePMP 3000L Ordering Information

C058910A122A	5 GHz 3000L Access Point Radio FCC US cord
C050910A124A	5 GHz 3000L Access Point Radio IC Canada/US cord
C050910A223A	5 GHz 3000L Access Point Radio EU EU cord
C050910A323A	5 GHz 3000L Access Point Radio EU UK cord
C050910A021A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW no cord
C050910A121A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW US cord
C050910A221A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW EU cord
C050910A321A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW UK cord
C050910A421A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW India cord
C050910A422A	5 GHz 3000L Access Point Radio India India Cord
C050910A521A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW China cord
C050910A621A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW Brazil cord
C050910A721A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW Argentina cord
C050910A821A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW ANZ cord
C050910A921A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW South Africa cord
C050910AZ21A	5 GHz 3000L Access Point Radio ROW No PSU

ePMP MP 3000 MicroPOP Ordering Information

C050910A031A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW no cord
C050910A131A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW US cord
C058910A134A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio IC Canada/US cord
C050910A231A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW EU cord
C050910A233A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio EU EU cord
C050910A331A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW UK cord
C050910A333A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio EU UK cord
C050910A431A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW India cord
C050910A432A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio India India Cord
C050910A531A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW China cord
C050910A631A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW Brazil cord
C050910A731A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW Argentina cord
C050910A831A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW ANZ cord
C050910A931A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW South Africa cord
C050910AZ31A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio ROW No PSU
C058910A132A	5 GHz MP 3000 MicroPOP Radio FCC US cord

ePMP™ 3000 Series



ePMP 3000

ePMP MP 3000
MicroPOP

ePMP 3000L

ABOUT CAMBIUM NETWORKS

Cambium Networks empowers millions of people with wireless connectivity worldwide. Its wireless portfolio is used by commercial and government network operators as well as broadband service providers to connect people, places and things. With a single network architecture spanning fixed wireless and Wi-Fi, Cambium Networks enables operators to achieve maximum performance with minimal spectrum. End-to-end cloud management transforms networks into dynamic environments that evolve to meet changing needs with minimal physical human intervention. Cambium Networks empowers a growing ecosystem of partners who design and deliver gigabit wireless solutions that just work.

cambiumnetworks.com

Fuente: https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/2020/11/Cambium_Networks_data_sheet_ePMP_3000_Series.pdf

Anexo 4 Ficha técnica del switch CRS326-24G-2S+RM



CRS326-24G-2S+RM

We are announcing a special version of the CRS326-24G-2S+RM switch, with added RouterOS as a second boot option, the new CRS326-24G-2S+RM.

This is a SwOS/RouterOS powered 24 port Gigabit Ethernet switch with two SFP+ ports, wire speed connectivity with several new switching features!

The "Dual boot" feature that allows you to choose which operating system you prefer to use, RouterOS or SwOS. If you prefer to have a simplified switch only OS with more switch specific features, use SwOS. If you are used to Winbox and would like the ability to use routing and other Layer 3 features on some ports in your CRS, boot and use RouterOS. You can select the desired operating system from RouterOS, from SwOS or from the RouterBOOT loader settings.

It gives you all the basic functionality for a managed switch, plus more: allows to manage port-to-port forwarding, apply MAC filter, configure VLANs, mirror traffic, apply bandwidth limitation and even adjust some MAC and IP header fields, SFP cage supports both 1.25 Gb SFP and 10 Gb SFP+ modules.

Specifications

Product code	CRS326-24G-2S+RM
CPU	98DX3236A1 800 MHz
RAM	512 MB
Storage type	Flash, 16 MB
Switch chip model	98DX3236A1
10/100/1000 Ethernet ports	24
SFP+ cages	2
Operating system	SwOS /RouterOS (Dual boot)
Supported input voltage	9 - 30 V (jack or passive PoE)
Dimensions	443 x 144 x 44 mm
Operating temperature	-40°C .. +60°C tested
Max power consumption	24 W
Serial port	RJ45

Features

- Non-blocking Layer 2 switching capacity
- 16K host table
- IEEE 802.1Q VLAN
- Supports up to 4K VLANs
- Port isolation
- Port security
- Broadcast storm control
- Port mirroring of ingress/egress traffic
- Rapid Spanning Tree Protocol
- Access Control List
- MikroTik neighbor discovery
- SNMP v1
- Web-based GUI

Included



Fuente: https://i.mt.lv/cdn/product_files/CRS326-24G-2SRM_211044.pdf

Anexo 5 Ficha técnica del router CCR1009-7G-1C-1S+

MikroTik

CCR1009-7G-1C-1S+

CCR1009-7G-1C-1S+

The new updated revision of CCR1009 is here. We attempted to combine all the customer feedback and best practice in CCR device manufacturing that we learned over the last three years, since the first CCR1009 devices were launched.

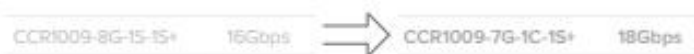
Important changes

No switch-chip - the device now features only fully independent Ethernet ports each with a direct connection to the CPU, allowing to overcome previous shared 1Gbit limitation from switch-chip ports and utilize full potential of CPU processing power on those ports.

Combo-port - a single 1Gbit software interface that has two hardware interfaces - a SFP cage and a Gigabit Ethernet port, allowing you to use any type of connection available to you. Port also allows to switch from one to another interface from software, or in event of disconnect, providing new, unique hardware fail-over feature.

100Mbps SFP support - this is our first device that supports 100BASE-LX/100BASE-SX/100BASE-BX fiber modules, as well as standard 1.25G SFP modules.

More throughput - due to how ports are connected to CPU, new CCR1009 models can achieve higher theoretical throughput.



The unit is equipped with dual power supplies built in for redundancy (if one power line fails, the other one will take over automatically).

Unit comes with the 1U rackmount case and supports a Smart card, to store your private key for use in all features that support Certificate based authentication. It also includes LCD touchscreen, microSD and a SFP+ port for 10G connections.



Specifications

Product code	CCR1009-7G-1C-1S+
CPU nominal frequency	TILE-Gx9, 9 cores, 1.2 GHz
Size of RAM	2 GB
Storage type	NAND
Storage size	128 MB
10/100/1000 Ethernet ports	7
Number of USB ports	1
Power jack	2
PoE in	Yes
Supported input voltage	15 V - 57 V
Voltage monitor	Yes
PCB temperature monitor	Yes
CPU temperature monitor	Yes
LCD	Yes
Dimensions	443 x 175 x 44 mm
Operating system	RouterOS, level 6 license
Max Power consumption	34W
Ethernet/SFP combo port	1
SFP+ ports	1
USB slot type	microUSB type AB
Smart card	Yes
Storage expansion	microSD
Serial port	RS232
Suggested price	\$495

Included



USB cable



Rack ears



2x IEC cord



Screw set

Fuente: https://i.mt.lv/cdn/product_files/CCR1009-7G-1C-1S_210502.pdf

Anexo 6 Ficha técnica del firewall Palo Alto PA-440



Highlights

- World's first ML-Powered NGFW
- Nine-time Leader in the Gartner Magic Quadrant® for Network Firewalls
- Leader in The Forrester Wave™: Enterprise Firewalls, Q3 2020
- Highest Security Effectiveness score in the 2019 NSS Labs NGFW Test Report, with 100% of evasions blocked
- Spans a range of performance needs for the distributed enterprise with a broad lineup
- Offers security in a desktop form factor
- Extends visibility and security to all devices, including unmanaged IoT devices, without the need to deploy additional sensors
- Supports high availability with active/active and active/passive modes
- Delivers predictable performance with security services
- Features a silent, fanless design with an optional redundant power supply for branch and home offices
- Simplifies deployment of large numbers of firewalls with optional Zero Touch Provisioning (ZTP)
- Supports centralized administration with Panorama™ network security management

Screen by Palo Alto Networks | PA-400 Series | Datasheet

PA-400 Series

The Palo Alto Networks PA-400 Series, comprising the PA-460, PA-450, PA-440, and PA-410, brings ML-Powered NGFW capabilities to distributed enterprise branch offices, retail locations, and midsize businesses.



PA-400 Series

The world's first ML-Powered Next-Generation Firewall (NGFW) enables you to prevent unknown threats, see and secure everything—including the Internet of Things (IoT)—and reduce errors with automatic policy recommendations.

1

The controlling element of the PA-400 Series is PAN-OS®, the same software that runs all Palo Alto Networks NGFWs. PAN-OS natively classifies all traffic, inclusive of applications, threats, and content, and then ties that traffic to the user regardless of location or device type. The application, content, and user—in other words, the elements that run your business—then serve as the basis of your security policies, resulting in improved security posture and reduced incident response times.

Key Security and Connectivity Features

ML-Powered Next-Generation Firewall

- Embeds machine learning (ML) in the core of the firewall to provide inline signatureless attack prevention for file-based attacks while identifying and immediately stopping never-before-seen phishing attempts.
- Leverages cloud-based ML processes to push zero-delay signatures and instructions back to the NGFW.
- Uses behavioral analysis to detect IoT devices and make policy recommendations as part of a cloud-delivered and natively integrated service on the NGFW.
- Automates policy recommendations that save time and reduce the chance of human error.

Identifies and categorizes all applications, on all ports, all the time, with full Layer 7 inspection

- Identifies the applications traversing your network irrespective of port, protocol, evasive techniques, or encryption (TLS/SSL).
- Uses the application, not the port, as the basis for all your safe enablement policy decisions: allow, deny, schedule, inspect, and apply traffic-shaping.
- Offers the ability to create custom App-ID™ tags for proprietary applications or request App-ID development for new applications from Palo Alto Networks.
- Identifies all payload data within an application (e.g., files and data patterns) to block malicious files and thwart exfiltration attempts.
- Creates standard and customized application usage reports, including software-as-a-service (SaaS) reports that provide insight into all sanctioned and unsanctioned SaaS traffic on your network.
- Enables safe migration of legacy Layer 4 rule sets to App-ID-based rules with built-in Policy Optimizer, giving you a rule set that is more secure and easier to manage.

Enforces security for users at any location, on any device, while adapting policy based on user activity

- Enables visibility, security policies, reporting, and forensics based on users and groups—not just IP addresses.
- Easily integrates with a wide range of repositories to leverage user information: wireless LAN controllers, VPNs, directory servers, SIEMs, proxies, and more.

- Allows you to define Dynamic User Groups (DUGs) on the firewall to take time-bound security actions without waiting for changes to be applied to user directories.
- Applies consistent policies irrespective of users' locations (office, home, travel, etc.) and devices (iOS and Android® mobile devices, macOS®, Windows®, Linux desktops, laptops; Citrix and Microsoft VDI and Terminal Servers).
- Prevents corporate credentials from leaking to third-party websites and prevents reuse of stolen credentials by enabling multi-factor authentication (MFA) at the network layer for any application without any application changes.
- Provides dynamic security actions based on user behavior to restrict suspicious or malicious users.

Prevents malicious activity concealed in encrypted traffic

- Inspects and applies policy to TLS/SSL-encrypted traffic, both inbound and outbound, including for traffic that uses TLS 1.3 and HTTP/2.
- Offers rich visibility into TLS traffic, such as amount of encrypted traffic, TLS/SSL versions, cipher suites, and more, without decrypting.
- Enables control over use of legacy TLS protocols, insecure ciphers, and misconfigured certificates to mitigate risks.
- Facilitates easy deployment of decryption and lets you use built-in logs to troubleshoot issues, such as applications with pinned certificates.
- Lets you enable or disable decryption flexibly based on URL category, source and destination zone, address, user, user group, device, and port, for privacy and compliance purposes.
- Allows you to create a copy of decrypted traffic from the firewall (i.e., decryption mirroring) and send it to traffic collection tools for forensics, historical purposes, or data loss prevention (DLP).

Offers centralized management and visibility

- Benefits from centralized management, configuration, and visibility for multiple distributed Palo Alto Networks NGFWs (irrespective of location or scale) through Panorama™ network security management, in one unified user interface.
- Streamlines configuration sharing through Panorama with templates and device groups, and scales log collection as logging needs increase.
- Enables users, through the Application Command Center (ACC), to obtain deep visibility and comprehensive insights into network traffic and threats.

Detect and prevent advanced threats with cloud-delivered security services

Today, cyberattacks have increased in volume and sophistication, scaling to 45,000 variants within 30 minutes, using multiple threat vectors or advanced techniques to deliver malicious payloads within your enterprise. Traditional siloed security solutions cause challenges for organizations trying

to protect their users, devices and applications. They introduce security gaps and increase management overhead for security teams, and hinder business productivity with inconsistent access and visibility. Seamlessly integrated with the industry-leading Next-Generation Firewall platform, our Cloud-Delivered Security Services use the network effect of 80,000 customers to instantly coordinate intelligence and provide protections for all threats across all threat vectors. Eliminate coverage gaps across all enterprise locations and take advantage of best-in-class security delivered consistently in a platform, so you can be safe from even the most advanced and evasive threats.

- **Threat Prevention**—goes beyond a traditional intrusion prevention system (IPS) to prevent all known threats across all traffic in a single pass without sacrificing performance.
- **Advanced URL Filtering**—provides best-in-class web protection while maximizing operational efficiency with the industry’s first real-time web protection engine and industry-leading phishing protection.
- **WildFire®**—ensures files are safe with automatic detection and prevention of unknown malware powered by industry-leading cloud-based analysis and crowdsourced intelligence from more than 42,000 customers.
- **DNS Security**—harnesses the power of ML to detect as well as prevent threats over DNS in real time and empowers security personnel with the intelligence and context to craft policies and respond to threats quickly and effectively.
- **IoT Security**—provides the industry’s most comprehensive IoT security solution, delivering ML-powered visibility, prevention, and enforcement in a single platform.

- **Enterprise DLP**—offers the industry’s first cloud-delivered enterprise DLP that consistently protects sensitive data across networks, clouds, and users.
- **SaaS Security**—delivers integrated SaaS security that lets you see and secure new SaaS applications, protect data, and prevent zero-day threats at the lowest total cost of ownership (TCO).

Enables SD-WAN functionality

- Allows you to easily adopt SD-WAN by simply enabling it on your existing firewalls.
- Enables you to safely implement SD-WAN, which is natively integrated with our industry-leading security.
- Delivers an exceptional end user experience by minimizing latency, jitter, and packet loss.

Delivers a unique approach to packet processing with Single-Pass Architecture

- Performs networking, policy lookup, application and decoding, and signature matching—for all threats and content—in a single pass. This significantly reduces the amount of processing overhead required to perform multiple functions in one security device.
- Avoids introducing latency by scanning traffic for all signatures in a single pass, using stream-based, uniform signature matching.
- Enables consistent and predictable performance when security subscriptions are enabled. (In Table 1, “Threat Prevention throughput” is measured with multiple subscriptions enabled.)

Table 1: PA-400 Series Performance and Capacities

	PA-460	PA-450	PA-440	PA-410*
Firewall throughput (HTTP/appmix)†	5.2/4.7 Gbps	3.8/3.2 Gbps	3.0/2.4 Gbps	Coming soon
Threat Prevention throughput (HTTP/appmix)‡	2.4/2.6 Gbps	1.6/1.7 Gbps	0.9/1.0 Gbps	Coming soon
IPsec VPN throughput§	3.1 Gbps	2.2 Gbps	1.6 Gbps	Coming soon
Max sessions	400,000	300,000	200,000	Coming soon
New sessions per second	74,000	52,000	39,000	Coming soon

Note: Results were measured on PAN-OS 10.1

* PA-430 Performance data will be added in the future.

† Firewall throughput is measured with App-ID and logging enabled, utilizing 64 KB HTTP/appmix transactions.

‡ Threat Prevention throughput is measured with App-ID, IPS, antivirus, anti-spyware, WildFire, file blocking, and logging enabled, utilizing 64 KB HTTP/appmix transactions.

§ IPsec VPN throughput is measured with 64 KB HTTP transactions and logging enabled.

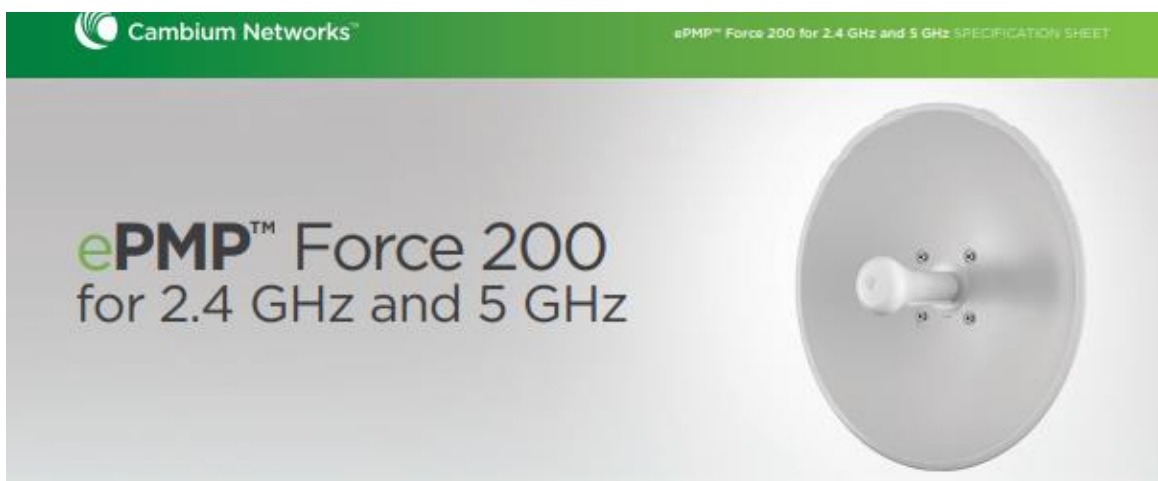
|| New sessions per second is measured with application-overwrite, utilizing 1 byte HTTP transactions.

Table 2: PA-400 Series Networking Features
Interface Modes
L2, L3, tap, virtual wire (transparent mode)
Routing
OSPFv2/v3 with graceful restart, BGP with graceful restart, RIP, static routing
Policy-based forwarding
Point-to-point protocol over Ethernet (PPPoE)
Multicast: PIM-SM, PIM-SSM, IGMP v1, v2, and v3
SD-WAN
Path quality measurement (jitter, packet loss, latency)
Initial path selection (PBF)
Dynamic path change
IPv6
L2, L3, tap, virtual wire (transparent mode)
Features: App-ID, User-ID, Content-ID, WildFire, and SSL Decryption
SLAAC
IPsec VPN
Key exchange: manual key, IKEv1 and IKEv2 (pre-shared key, certificate-based authentication)
Encryption: 3DES, AES (128-bit, 192-bit, 256-bit)
Authentication: MD5, SHA-1, SHA-256, SHA-384, SHA-512
VLANs
802.1Q VLAN tags per device/per interface: 4,094/4,094
Table 3: PA-400 Series Hardware Specifications
I/O
PA-460, PA-450, PA-440: 10/100/1000 (8) RJ45 PA-410: 10/100/1000 (7) RJ45
Management I/O
10/100/1000 out-of-band management port (1), RJ45 console port (1), USB port (1), Micro USB console port (1)
Storage Capacity
PA-460, PA-450, PA-440: 128 GB eMMC PA-410: 64 GB eMMC

Table 3: PA-400 Series Hardware Specifications (cont.)
Power Supply (Avg/Max Power Consumption)
PA-460, PA-450: 33/41 W PA-440: 29/34 W PA-410: 17/18 W
Max BTU/hr
PA-460, PA-450: 141 PA-440: 117 PA-410: 78
Input Voltage (Input Frequency)
100–240 VAC (50–60 Hz)
Max Current Consumption
PA-460, PA-450: 3.4 A @ 12 VDC PA-440: 2.9 A @ 12 VDC PA-410: 1.5 A @ 12 VDC
Max Inrush Current
PA-460, PA-450: 4.2 A PA-440: 3.3 A PA-410: 2.1 A
Dimensions
PA-460, PA-450, PA-440: 1.74" H x 8.83" D x 8.07" W PA-410: 1.63" H x 6.42" D x 9.53" W
Weight (Standalone Device/As Shipped)
PA-460, PA-450, PA-440: 5.0 lbs / 7.8 lbs PA-410: 3.1 lbs/ 5.9 lbs
Safety
cTUVus, CB
EMI
FCC Class B, CE Class B, VCCI Class B
Certifications
See paloaltonetworks.com/company/certifications.html
Environment
Operating temperature: 32° to 104° F, 0° to 40° C Non-operating temperature: -4° to 158° F, -20° to 70° C Passive cooling

To learn more about the features and associated capacities of the PA-400 Series, please visit paloaltonetworks.com/network-security/next-generation-firewall/pa-400

Anexo 7 Ficha técnica Cambium Networks ePMP Force 200



Wireless service providers and enterprises around the globe are challenged to deliver reliable connectivity in overcrowded RF environment. As spectrum increasingly becomes a scarce commodity, finding the right broadband connectivity solution is vital for all low and high density types of deployments.

Cambium Networks resolves this challenge with a breakthrough technology solution that delivers superior performance, resiliency and reach in the most congested environments. The ePMP Force 200 high gain integrated solution enhances range and improves throughput in high interference environments. ePMP Force 200 is a completely redesigned solution from Cambium Networks that combines a highly integrated, high performance radio with a high gain dish antenna. The radio supports a gigabit Ethernet interface in order to provide maximum throughput. Operating in the 2.4 and 5 GHz frequency spectrum, the solution brings wireless broadband connectivity to customers over longer distances and provides a superior return on investment.

FEATURES:

- Cambium Networks' ePMP Force 200 is designed to operate in high interference environments and provides superior throughput of over 200 Mbps of real user data.
- Configurable Modes of operation ensure robust adaptivity to both symmetrical and asymmetrical traffic while providing high performance and round-trip latency as low as 2 - 3 ms.
- QoS management offers an outstanding quality for triple play services - VoIP, video and data and provides three levels of traffic priority.
- Long deployment range is enabled by a high gain antenna combined with 30 dBm of transmit power.
- This platform can be configured as a Subscriber Module or a high gain PTP radio.

SPECIFICATIONS

PRODUCT

Part Numbers See below for complete list of part numbers and model numbers

SPECTRUM

Channel Spacing Configurable on 5 MHz increments

Frequency Range 2.4 GHz Model: 2402 - 2472 MHz 5 GHz Model: 4910 - 5970 MHz

Channel Width 5 | 10 | 20 | 40 MHz

SPECIFICATIONS

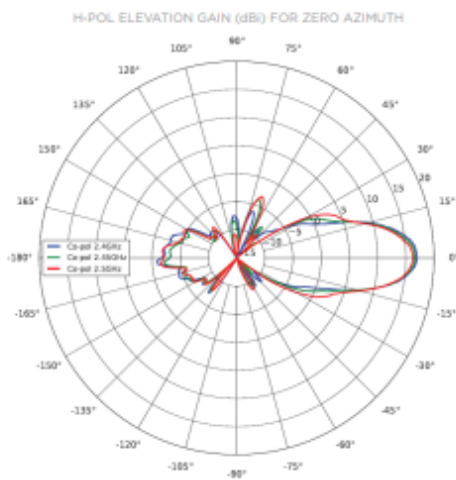
INTERFACE		
MAC (Media Access Control) Layer	Cambium Proprietary	
Proprietary Physical Layer	2x2 MIMO/OFDM	
Ethernet Interfaced	10/100/1000 BaseT, Compatible with Cambium PoE & Standard PoE pinouts	
Protocols Used	IPv4/IPv6 (Dual Stack), UDP, TCP, ICMP, SNMPv2c, NTP, STP, IGMP, SSH	
Network Management	IPv4/IPv6, HTTPs, SNMPv2c, SSH, Cambium Networks ConMaestro™	
VLAN	802.1Q with 802.1p priority	
PERFORMANCE		
ARQ	Yes	
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @20 MHz Channel	MCS0 = -92 dBm to MCS15 = -68 dBm (per branch)	
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @40 MHz Channel	MCS0 = -89 dBm to MCS15 = -65 dBm (per branch)	
Modulation Levels (Adaptive)	MCS0 (BPSK) to MCS15 (64QAM 5/6)	
Quality of Service	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast and Station Priority	
Transmit Power Range	-15 to +30 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)	
PHYSICAL		
Surge Suppression	1 Joule Integrated	
Environmental	IP55	
Temperature	-30°C to +60°C (-22°F to +140°F) – with radome attached maximum temperature is +47°C (+116°F)	
Weight	2.4 GHz Model: 2.8 kg (6.2 lbs) 5 GHz Model: 2.3 kg (5.1 lbs)	
Wind Survival	145 km/hour (90 mi/hour)	
Dimensions (Dia x Depth)	47 cm x 28 cm (18.5 in x 11.2 in)	
Pole Diameter Range	6.4 cm - 7.6 cm (2.5 in - 3 in)	
Power Consumption	10 W Maximum, 5 W Typical	
Input Voltage	10 to 30 V	
SECURITY		
Encryption	128-bit AES (CCMP mode)	
CERTIFICATIONS		
FCCID	2.4 GHz: 2BH89FT0019 / 5 GHz: 2BH89FT0015	
Industry Canada Cert	2.4 GHz: 109W-0019 / 5 GHz: 109W-0015	
CE	5.4 GHz EN 301 893 V2.1.1 5.8 GHz EN 302 502 V2.1.1	
PART NUMBER (for ordering)	DESCRIPTION	MODEL NUMBER (for regulatory)
C058900C062A	ePMP 5 GHz Force 200ARS-25 High Gain Radio (FCC) (US cord)	C058900P062A
C050900C061A	ePMP 5 GHz Force 200ARS-25 High Gain Radio (ROW) (no cord)	C050900P061A
C050900C063A	ePMP 5 GHz Force 200ARS-25 High Gain Radio (EU) (EU cord)	C050900P061A
C050900C061A	ePMP 5 GHz Force 200ARS-25 High Gain Radio (ROW) (US cord)	C050900P061A
C050900C261A	ePMP 5 GHz Force 200ARS-25 High Gain Radio (ROW) (EU cord)	C050900P061A
C024900C161A	ePMP 2.4 GHz Force 200AR2-25 High Gain Radio (US cord)	C024900P161A
C024900C261A	ePMP 2.4 GHz Force 200AR2-25 High Gain Radio (EU cord)	C024900P161A
N00000000000	ePMP Force 200 Radome	na

SPECIFICATIONS

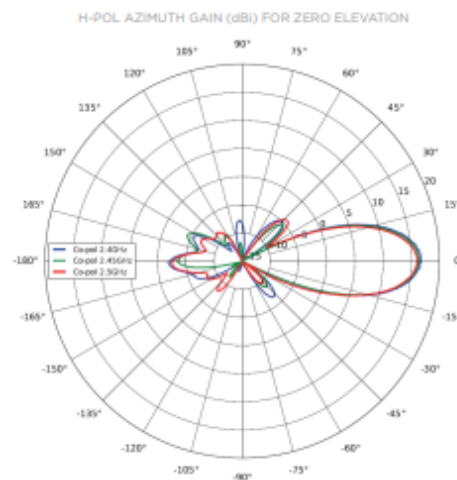
ANTENNA SPECIFICATIONS	2.4 GHZ SPECIFICATION
Frequency Range	2402 – 2472 MHz
Antenna Type	Dish
Peak Gain	17 dBi
3dB Beamwidth-Azimuth	17°
3dB Beamwidth-Elevation	17°
Front-To-Back Isolation	>20 dB
Cross Polarization	>15 dB

ANTENNA PATTERNS

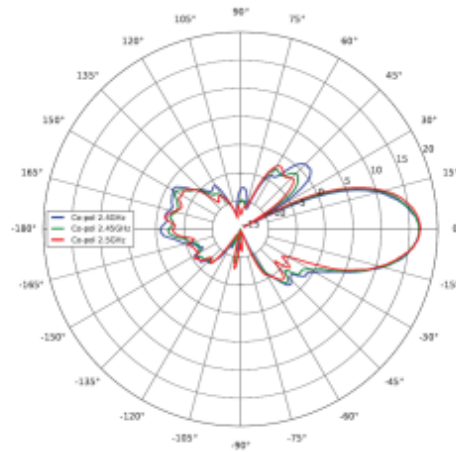
**2.4 GHz ePMP Force 200
Azimuth Patterns**



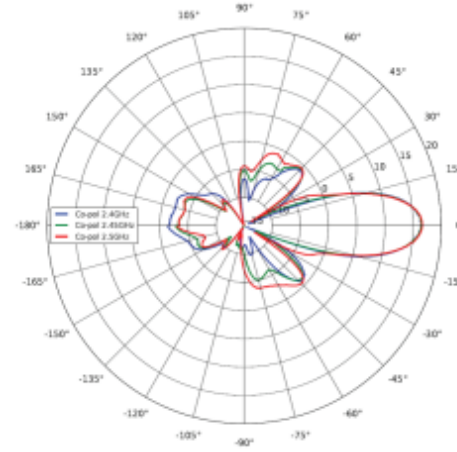
**2.4 GHz ePMP Force 200
Elevation Patterns**



V-POL ELEVATION GAIN (dB) FOR ZERO AZIMUTH



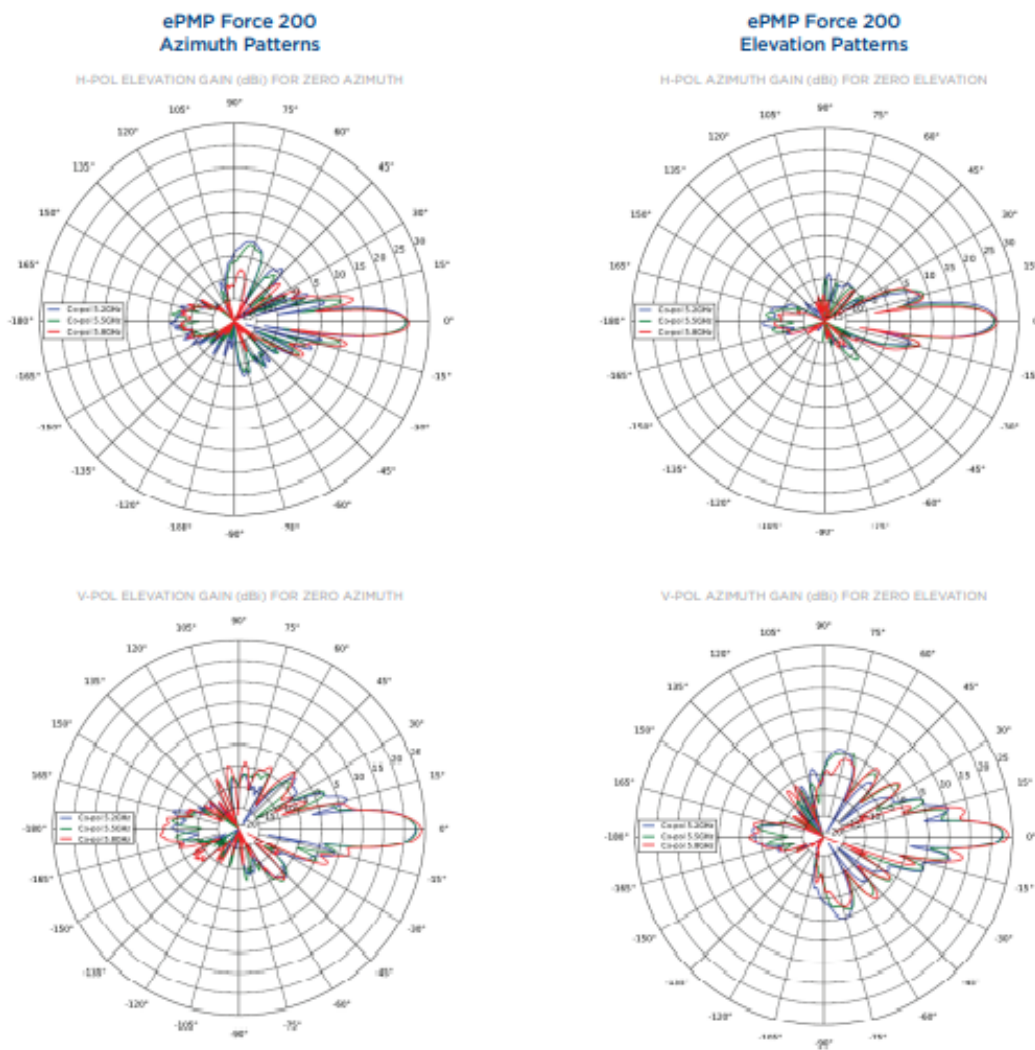
V-POL AZIMUTH GAIN (dB) FOR ZERO ELEVATION



SPECIFICATIONS

ANTENNA SPECIFICATIONS	5 GHZ SPECIFICATION
Frequency Range	5150 - 5970 MHz
Antenna Type	Dish
Peak Gain	25 dBi
3dB Beamwidth-Azimuth	7°
3dB Beamwidth-Elevation	7°
Front-To-Back Isolation	>25 dB
Cross Polarization	>15 dB

ANTENNA PATTERNS



Fuente: https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/2017/10/SS_ePMP_Force200_06262018.pdf

Anexo 8 Ficha técnica TP-Link Archer C50.



AC1200 Dual Band Wi-Fi Router

Four Antennas for Faster AC
Wi-Fi and Greater Coverage



Archer C50



Dual-Band Wi-Fi
867 Mbps + 300 Mbps¹



Router/ Access Point / Range
Extender Multiple Modes



4 x 5dBi
Antennas

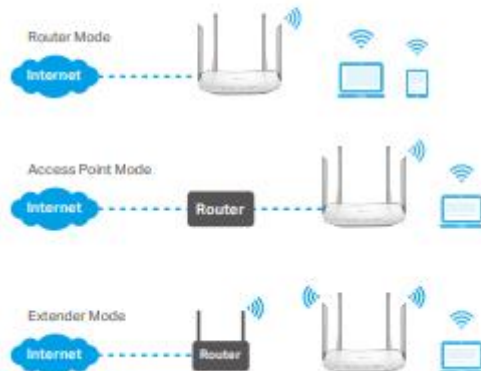


Faster Wi-Fi
with MU-MIMO²

Highlights

Multi-Mode Function

In addition to serving as a wireless router, this router can also function as a wireless access point or range extender, providing you with the flexibility you need in any situation. The mode can be easily setup in the web management page or Tether App.



4 Antennas & Beamforming for Maximum Coverage

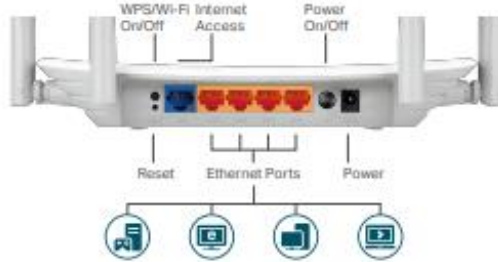
Equipped with four external antennas, Archer C50 creates stronger and more reliable networks for all to enjoy in your home. Beamforming technology concentrates the Wi-Fi signal towards your connected devices, providing better Wi-Fi range and network performance.



Highlights

Fast Ethernet

Enjoy fast, reliable wired connections for gaming and streaming in the best quality.



Facebook Wi-Fi: Efficient Guest Authentication

Captive portal presents devices with a convenient, user-friendly authentication method to grant Wi-Fi access. Easily share your Facebook account to anyone who connects to your network.



TP-Link AC1200 Dual-Band Wi-Fi Router Archer C20

Features



Reliability

- **Ultimate Wireless Speed** – 300 Mbps Wi-Fi speed on 2.4 GHz and 867 Mbps Wi-Fi speed on 5 GHz meet your daily internet needs
- **MU-MIMO** – Simultaneously transfers data to multiple devices
- **Bandwidth Control** – Assign your preferred devices with more bandwidth
- **IPTV** – Support IGMP Proxy/Snooping, Bridge and Tag VLAN to optimize IPTV streaming



Ease of Use

- **Intuitive Web UI** – Ensure quick and simple installation without hassle
- **Fast Encryption** – Make secure wireless connection quickly and easily with the push of a WPS button
- **Hassle-free Management with Tether App** – Let you manage your network settings with your smartphone
- **Facebook Wi-Fi** – Provide efficient guest authentication and share your Facebook page to anyone who connects to your Wi-Fi.



Security

- **Active Defense** – WPA-PSK/WPA2-PSK encryptions provide active protection against security threats
- **Guest Network** – Provide separate access for guests while securing the home network
- **Access Control** – Establish a whitelist or blacklist to allow or block certain devices from accessing the internet
- **Parental Controls** – Manage when and how connected devices can access the internet

Anexo 9 Ficha técnica TP-Link RE200.



AC750 Wi-Fi Range Extender

Stable Dual Band Wi-Fi Extension



RE200



Wi-Fi Dead-Zone Killer



Access Point Mode



Easy Setup with App

Highlights



OneMesh™: Flexibly Create a Whole-Home Wi-Fi

Create a Mesh network by connecting your range extender to a OneMesh™ router for seamless whole-home coverage.



Wi-Fi Dead-Zone Killer

Eliminate weak signal areas with Wi-Fi coverage for the whole house.



Smart Roaming

Enjoy uninterrupted streaming, surfing and more — even when moving around your home.



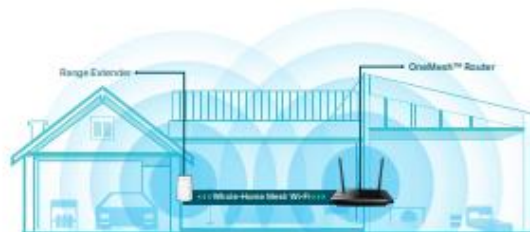
One Wi-Fi Name

Stay connected to the same network name in every room.



Unified Management

Manage the whole-home Wi-Fi by managing the central node via Tether app/Web UI.



Upgrade to Mesh Network



Enjoy Mesh network without having to replace your existing router by simply updating your OneMesh™ router's firmware.

Check full list of OneMesh™ routers and range extenders at: <https://www.tp-link.com/onemesh/compatibility>

*More compatible devices are coming soon.

Highlights

Extend the Range of Your Wi-Fi Network

The AC750 Wi-Fi Range Extender connects to your router wirelessly, strengthening and expanding its signal into areas it can't reach on its own, achieving speeds of 300Mbps on the 2.4GHz band and 433Mbps on the 5GHz band.



Perfect Location at a Glance

An intelligent Signal light helps you quickly find the best location to install the range extender.



TP-Link AC750 Wi-Fi Range Extender RE300

Features



Ease of Use

- **Compact Wall-Plug Design** – Easy to install and move
- **Ethernet Port** – Connects a wired device to your Wi-Fi network
- **Intuitive Web UI** – Ensures quick and simple installation without hassle
- **Fast Encryption** – Makes secure wireless connection quick and easy with the push of a WPS button
- **Hassle-free Management with Tether App** – Network management is made easy with the TP-Link Tether App, available on any Android or iOS device



Speed

- **Ultimate Wireless Speed** – Combined wireless speeds of up to 300Mbps (over 2.4GHz) and 433Mbps (over 5GHz)
- **Support 802.11ac** – Provides a data transfer rate 3 times faster than 802.11n for each stream
- **High Speed Mode** – Use one dedicated Wi-Fi band to boost extender performance



Reliability

- **Simultaneous Dual Band Connection** – Separate 2.4GHz and 5GHz Wi-Fi bands enable more devices to connect to your network without a drop in performance
- **Access Control** – Flexibly allow or restricts certain devices to access the internet for a specific period
- **Multi-Language Support** – Use your familiar language to easily manage the extender
- **LED Control** – Easily schedule the LED on or off to your needs, no blinking light disturbing your sleep

TP-Link AC750 Wi-Fi Range Extender RE300

Specifications

Hardware

- Ethernet Port: 1 10/100Mbps RJ45 Port
- Button: WPS Button, RESET Button
- Antenna: 3 Omni-directional Antennas
- Power Consumption: 7.3W
- Dimensions (W × D × H): 2.6 × 1.5 × 4.3 in. (65.9 × 38.8 × 110mm)



Wireless

- **Wireless Standards:** IEEE 802.11a/b/g/n 5GHz, IEEE 802.11b/g/n 2.4GHz
- **Frequency:** 2.4GHz and 5GHz
- **Signal Rate:** 300Mbps at 2.4GHz, 433Mbps at 5GHz
- **Transmit Power:** $\leq 20\text{dBm}$
- **Reception Sensitivity:**
 - 5GHz:
 - 11a 8Mbps: -95dBm, 11a 54Mbps: -78dBm
 - 11ac HT20 MCS0: -95dBm, MCS8: -73dBm
 - 11ac HT40 MCS0: -92dBm, MCS8: -67dBm
 - 11ac HT80 MCS0: -88dBm, MCS8: -64dBm
 - 2.4GHz:
 - 11g 54Mbps: -80dBm, 11n HT20: -78dBm
 - 11n HT40: -75dBm
- **Wireless Function:** WMM, Short GI, High Speed, WPS, Wireless Multicast Forwarding, DHCP Server, Access Control
- **Wireless Security:** WEP, WPA-PSK/WPA2-PSK encryptions

Others

- **Certification:** CE, RoHS
- **System Requirements:** Microsoft Windows 98SE, NT, 2000, XP, Vista™ or Windows 7, 8, 8.1, 10, MAC OS, NetWare, UNIX or Linux, Internet Explorer 11, Firefox 12.0, Chrome 20.0, Safari 4.0, or other Java-enabled browser
- **Environment:**
 - Operating Temperature: 0°C ~ +40°C
 - Operating Humidity: 10% ~ 90%RH
- **Package Contents:** AC750 Wi-Fi Range Extender RE200, Quick Installation Guide



For more information, please visit:
www.tp-link.com/products/details/viewProduct.html
 or scan the QR code left.

Attention: This device may interfere with other wireless devices and Wi-Fi networks.
 *Performance depends on the network status. Speeds from IEEE Standard 802.11 specifications. Actual wireless speed depends on network coverage and Wi-Fi network performance, which is affected by network conditions, phone functions, and environmental factors, including building materials, interference, distance and density of clients, installed hardware.
 †The actual Wi-Fi network speed may vary from the theoretical speed due to network congestion or other reasons. © 2022 TP-Link

www.tp-link.com
 TP-Link AC750 Wi-Fi Range Extender RE200

Fuente: [https://static.tp-link.com/2020/202010/20201030/RE200\(EU\) 5.0 Datasheet.pdf](https://static.tp-link.com/2020/202010/20201030/RE200(EU) 5.0 Datasheet.pdf)

Anexo 10 Configuraciones en Radio Mobile para las simulaciones de las áreas de cobertura para los Conjuntos 1 y 2.

Single polar Radio coverage [X]

Centre unit: [Draw]

Mobile unit: [Cancel]

Network:

Link Direction:

- Centre Tx - Mobile Rx
- Centre Rx - Mobile Tx
- Worst case

Radial range (km):

Minimum: Maximum:

Plot:

- Contour line [B] [Color]
- Fill area [Color]
- Solid
- Network style
- Rainbow
- Blur
- Complete.wav [Color]

Azimuth range (°):

Minimum: Maximum: Step:


Antenna pattern:

Use network antenna settings

Azimuth (°): [View pattern]

Elevation angle (°): Draw background

Draw Small



Single polar Radio coverage [X]

Centre unit: [Draw]

Mobile unit: [Cancel]

Network:

Link Direction:

- Centre Tx - Mobile Rx
- Centre Rx - Mobile Tx
- Worst case

Radial range (km):

Minimum: Maximum:

Plot:

- Contour line [B] [Color]
- Fill area [Color]
- Solid
- Network style
- Rainbow
- Blur
- Complete.wav [Color]

Azimuth range (°):

Minimum: Maximum: Step:

Antenna pattern:

Use network antenna settings

Azimuth (°): [View pattern]

Elevation angle (°): Draw background

Draw Small



Anexo 11 Planes de Internet ofrecidos por Bridge Telecom

FIBRA ÓPTICA A LA CASA

NUESTROS PLANES

PLAN 40 MBPS \$ 25.00 USD Mensuales	PLAN 50 MBPS \$ 30.00 USD Mensuales	PLAN 70MBPS \$30.00 USD Mensuales
Dispositivos Conectados 4	Dispositivos Conectados 6	Dispositivos Conectados 8
Dispositivos Compatibles Tablet's, Smartphones, PC, Netbook, notebook	Dispositivos compatibles Tablet's con Android, Smartphones, PC, Laptop, PS-3, Videojuegos	Dispositivos compatibles Tablet's con android o IOS, Smartphones, PC, Laptop, PS-3, videojuegos, apple TV, Smart TV
Aplicaciones Probadas Youtube, facebook, correo electrónico, aplicaciones móviles, juegos de consola, twitter, whatsapp, amazon, yahoo.	Aplicaciones Probadas Youtube, facebook, correo electrónico, aplicaciones móviles, juegos de consola, twitter, whatsapp, amazon, yahoo.	Aplicaciones Probadas Youtube, facebook, correo electrónico, aplicaciones móviles, juegos de consola, netflix, twitter, whatsapp, amazon.
Mas información consulta a los teléfonos de tu agencia más cercana	Mas información consulta a los teléfonos de tu agencia más cercana	Mas información consulta a los teléfonos de tu agencia más cercana
Incluye WiFi Si	Incluye WiFi Si	Incluye WiFi Si
Contactar	Contactar	Contactar



Fuente: <http://www.bridgetelecom.com.ec/index.php/contenido/item/fibra-optica-a-la-casa>