

ANÁLISIS DE COBERTURA RADIOELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA
VIABILIDAD TÉCNICA Y LEGAL DE LA RED DE COMUNICACIONES
CONVERGENTES, EN LA VEREDA BOSACHOQUE DEL MUNICIPIO DE
FUSAGASUGÁ

YESICA PAOLA MICAN ROMERO

162210221

UNIVERSIDAD DE CUNDINARMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TRABAJO DE GRADO – TESIS MONOGRÁFICA
ABRIL
2017

ANÁLISIS DE COBERTURA RADIOELÉCTRICA PARA DETERMINAR LA
VIABILIDAD TÉCNICA Y LEGAL DE LA RED DE COMUNICACIONES
CONVERGENTES, EN LA VEREDA BOSACHOQUE DEL MUNICIPIO DE
FUSAGASUGÁ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
ingeniero electrónico

Autor

YESICA PAOLA MICAN ROMERO

162210221

Director

ING. CESAR AUGUSTO CASAS DÍAZ

Codirector

ING. LEONARDO RODRÍGUEZ MUJICA

UNIVERSIDAD DE CUNDINARMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TRABAJO DE GRADO – TESIS MONOGRÁFICA

ABRIL

2017

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo General.....	11
2.2. Objetivos Específicos	11
3. JUSTIFICACIÓN.....	12
4. MARCO TEORICO Y/O CONCEPTUAL.....	13
5. ANTECEDENTES.....	16
5.1. El plan vive digital	16
5.2. Kioscos vive digital	17
5.3. La promoción de las TIC para el desarrollo y los pueblos indígenas.....	18
5.4. Grupo de telecomunicaciones rurales.....	19
5.5. Estudio, diseño y pruebas para una red de acceso a internet en la Vereda de Bosachoque	20
5.6. Redes libres en Colombia.....	21
6. METODOLOGIA	22
6.1. Recolección de información.....	22
6.1.1. Tipo de Red.....	22
6.2. Marco legal de regulación del espectro radioeléctrico y espectro electromagnético.....	23
6.2.1. Ley 1341 de 2009: LEY DE MINTIC, Descripciones generales.....	23
6.2.2. Artículo 6o. definición de TIC.....	23
6.2.3. El derecho a la comunicación, la información y la educación y los servicios básicos de las TIC.	23
6.2.4. ¿Cómo funciona el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones?	24
6.3. Marco político y regulatorio.....	24
6.3.1. Ministerio de tecnologías de información y comunicaciones	25
6.3.2. Agencia nacional del espectro (ANE)	25
6.3.3. Comisión de regulación de comunicaciones	26
6.4. Política y regulación.....	26
6.4.1. Constitución política de Colombia, artículo 75	26

6.4.2.	Resolución 2544 de 2009	26
6.4.3.	Resolución 290 de 2010	27
6.5.	El espectro electromagnético en la constitución colombiana	27
6.6.	Acceso al uso del espectro radioeléctrico: ley de TIC	28
6.7.	Uso del espectro.....	29
6.7.1.	Espectro radioeléctrico	29
6.7.2.	Uso libre del espectro radioeléctrico	29
6.7.3.	Bandas libres.....	30
6.7.4.	Atribución del espectro	32
6.8.	Alternativas para la gestión del espectro	34
6.8.1.	Análisis de la red	35
7.	GEORREFERENCIACIÓN	37
7.1.	Simulación de los radioenlaces.....	40
8.	DIMENSIONAMIENTO DE LA RED.....	44
8.1.	Configuración lógica	45
8.2.	Diseño de los radioenlaces.....	45
8.3.	Radio Mobile.....	50
9.	CHARLAS INFORMATIVAS HACIA LA COMUNIDAD	52
10.	PRUEBAS Y RESULTADOS	53
10.1.	Enlace punto a punto sin internet del bloque f a san josé.....	53
10.1.1.	Pruebas desde el F	53
10.1.2.	Pruebas desde San José	58
10.2.	Enlace punto a punto con internet desde el Bloque F hasta San José	60
10.2.1.	Pruebas desde el bloque F	61
10.2.2.	Pruebas desde San José	63
10.3.	Enlace punto a multipunto.....	65
10.3.1.	Enlace desde Escuela Bosachoque - San José	65
10.3.2.	Enlace desde Cartodromo - San José.....	71
10.3.3.	Enlace desde Zona 4 – San José.....	73
10.3.4.	Enlace desde Zona 9 – San José.....	74
11.	Análisis de resultados	76
11.1.	Viabilidad de Radioenlaces	76
11.1.1.	Enlace San José Arreglo – Zona 4 Vía Silvania	77

11.1.2.	Enlace San José Arreglo – Zona 9.....	78
11.1.3.	Enlace desde San José Arreglo – Cartodromo.....	79
11.2.	Resultado Viabilidad Radioenlace.....	80
12.	CONCLUSIONES.....	82
13.	ANEXOS.....	83
13.1.	Site Survey San José.....	83
13.2.	Site Survey Bloque F.....	91
14.	Análisis de participación.....	100
15.	DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE ENERGÍA.....	102
15.1.	Análisis de cargas para sistema fotovoltaico.....	102
15.2.	Índice de radiación solar en Bloque F de la Universidad de Cundinamarca y San José.....	103
15.2.1.	Bloque F AP.....	103
15.2.2.	San José PtP.....	105
16.	PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.....	106
16.1.	Resumen por rubros.....	106
16.2.	Equipos.....	108
17.	Referencias.....	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Perfil de un radioenlace.....	16
figura 2 Ubicación de kioscos vive digital en el país [9].....	18
Figura 3 Estado de la red en ese momento	21
Figura 4 Red Wifi comunitaria MontevideoLibre [13].....	22
Figura 5 Proceso de asignación y control del espectro	24
Figura 6 Países divididos en regiones.....	34
Figura 7 Conexión y reconocimiento de la ip de red	35
Figura 8 Frame capturado.....	35
Figura 9 Protocolos IP identificados en la red	36
Figura 10 Comportamiento del radioenlace punto a punto.....	36
Figura 11 Nivel de ruido e interferencia en el punto a punto	36
Figura 12 Puntos con mayor concentración de población.....	38
Figura 13 Zona de Bosachoque	38
Figura 14 Puntos de interés para instalación de nodos.....	39
Figura 15 Vista general de la vereda Bosachoque.....	39
Figura 16 Mapa de la Vereda Bosachoque, obtenido de la oficina de planeación	40
Figura 17 Enlace Punto a punto Bloque F- San José por medio de airLINK.....	41
Figura 18 Simulador de enlace entre Bloque F y San José	42
Figura 19 Simulación entre Bloque F y San José del Chocho.....	43
figura 20 Punto a punto desde el bloque f a san José con radio Mobile	43
Figura 21 Diseño inicial de los radioenlaces	45
Figura 22 Ejemplo de conexión desde el f a Bosachoque.....	46
Figura 23 Implementación de sistema fotovoltaico en san José	47
Figura 24 Enlace punto de acceso a estación Cartodromo con AirLink	47
Figura 25 Calidad del enlace punto a multipunto Cartodromo.....	48
Figura 26 Enlace san José arreglo a estación Zona 4	49
Figura 27 Calidad de enlace punto a multipunto Zona 4	49
Figura 28 Enlace san José arreglo a estación Cartodromo con radio Mobile	51
Figura 29 Enlace san José arreglo a estación zona 4 con radio Mobile.....	51
Figura 30 Reuniones informativas dirigidas a la comunidad	52
Figura 31 Nodo instalado en el Bloque F	54
Figura 32 Ping desde el computador a la antena del F	54
Figura 33 Ping del boque F al computador de San José.....	55
Figura 34 Ping del Bloque F a San José	55
Figura 35 Ping cmd desde el Bloque F hasta San José	56
Figura 36 Ventana principal de configuración de airOS	56
Figura 37 Analizador de espectro ubicado en el Bloque F	57
Figura 38 Sistema Fotovoltaico instalado en San José.....	58
Figura 39 Ping desde San José al bloque F.....	58

Figura 40 Site Survey evidenciando reconocimiento del dispositivo	59
Figura 41 Airview analizador de espectro ubicado en San José	59
Figura 42 Ping desde el bloque F hasta San José con airOS	61
Figura 43 Ping cmd entre el Bloque F y San José	61
Figura 44 Ping cmd desde el bloque F hasta computador San José	62
Figura 45 Ventana principal de configuración de airOS	62
Figura 46 Test de velocidad desde el Bloque F	63
Figura 47 Reconocimiento del dispositivo desde San José hasta el bloque F	63
Figura 48 Identificación de la red Bloque F	64
Figura 49 Ventana principal de configuración de airOS en San José	64
Figura 50 Test de velocidad desde San José.....	65
Figura 51 Test de velocidad usando YouTube	65
Figura 52 Punto Estación con arreglo sectorial San José	66
Figura 53 Prueba de enlace de Escuela Bosachoque a San José.....	66
Figura 54 Enlace desde San José a Escuela Bosachoque	67
Figura 55 Ping CMD desde PowerBeam estación hacia los otros puntos.....	68
Figura 56 Ventana principal Configuración de antena PowerBeam	69
Figura 57 Test de Velocidad desde la escuela Bosachoque	70
Figura 58 Test de velocidad usando YouTube	70
Figura 59 Ubicación antena PowerBeam en Cartodromo	71
Figura 60 Enlace desde Cartodromo a San José.....	71
Figura 61 Test de velocidad en Cartodromo	72
Figura 62 Ubicación Antena PowerBeam en Zona 4 Vía Silvania.....	73
Figura 63 Enlace desde Zona 4 a San José	73
Figura 64 Test de Velocidad Zona 4	74
Figura 65 Ubicación antena PowerBeam en Zona 9 Vía Fusagasugá.....	74
Figura 66 Enlace desde Zona 9 a San José	75
Figura 67 Test de Velocidad en Zona 9	75
Figura 68 Configuración propiedades de la red.....	76
Figura 69 Enlace desde San José Arreglo hasta Zona 4	77
Figura 70 Enlace desde San José Arreglo a Zona 9	78
Figura 71 Enlace desde San José Arreglo a Cartodromo	79
Figura 72 Potencia y modulación	81
Figura 75 Sistema Fotovoltaico	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Bandas y frecuencias para libre utilización, con tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital [23]	30
Tabla 2 Georreferenciación puntos de prueba	37
Tabla 3 Nodos para estudio de los radioenlaces.....	41
Tabla 4 Datos de enlace punto a punto en Radio Mobile del Bloque F	44
Tabla 5 Asignación de direcciones ip	53
Tabla 6 Asignación de direcciones ip prueba con internet	60
Tabla 7 Datos de radioenlace.....	67
Tabla 8 Direccionamiento dentro de las antenas	81
Tabla 9 Análisis de participación del proyecto.....	100
Tabla 10 Identificación de beneficiarios	101
Tabla 11 Niveles de radiación en el Bloque f [39]	103
Tabla 12 niveles de radiación en san José del chocho [39]	103
Tabla 13 cuadro de cargas para el bloque f	103
Tabla 14 cuadro de cargas en san José	105
Tabla 15 Resumen costos de inversión	106

1. INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones convergentes se definen como la interconexión de tecnologías de la computación e información, manejando contenidos multimedia y compartiendo voz, datos e imágenes. Por otro lado, la viabilidad técnica se enfoca en analizar bajo qué condiciones es posible el funcionamiento del sistema y que características tecnológicas compromete, adicional a esto, la viabilidad legal, en este caso hace referencia a que leyes están relacionadas con el proyecto y bajo qué reglamentación este debe acogerse.

Determinando que en la vereda Bosachoque no cuenta con un servicio eficiente de internet, se llevó a cabo la realización de este proyecto denominado “Análisis de cobertura radioeléctrica para determinar la viabilidad técnica y legal de la red de comunicaciones convergentes, en la vereda Bosachoque del municipio de Fusagasugá”, el cual se presenta en este documento, donde se da a conocer la metodología, análisis de cobertura, marco legal y resultados.

También cabe mencionar que en este proyecto se implementa los sistemas fotovoltaicos, estos compuestos por un panel solar, un regulador, batería de ciclo profundo y un inversor, todo esto para garantizar el funcionamiento de los nodos principales, además, usando software libre como Radio Mobile junto a Google Earth se puede dar una mejor presentación de la simulación del radio enlace, analizando los mejores puntos donde los posibles nodos serán instalados. La comunidad está muy interesada en el desarrollo de este proyecto debido a que ninguna entidad ha intervenido para instalar y distribuir algún servicio de telecomunicaciones, por eso, es de vital importancia mejorar la calidad de vida de esta comunidad, principalmente de los niños y jóvenes que estudian en esa zona.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Determinar la viabilidad técnica y estudio del marco legal, a partir del análisis de cobertura radioeléctrica para cubrir la vereda Bosachoque y brindar servicios de comunicaciones convergentes.

2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio desde el punto de vista técnico, a partir del levantamiento de datos, que permita identificar las necesidades de los usuarios de la red y los requerimientos técnicos para los servicios ofrecidos.
- Realizar el estudio del marco legal para establecer bajo que leyes se debe desarrollar el proyecto.
- Realizar las pruebas de verificación y validación de los radioenlaces y nodos propuestos en el análisis de cobertura, utilizando herramientas de software de simulación
- Documentar los resultados a partir de los estudios realizados y las pruebas de verificación y validación en campo.

3. JUSTIFICACIÓN

Las estrategias y políticas de desarrollo de la sociedad de la información se enfocan en la reducción de la brecha digital, cuya finalidad es aumentar los niveles de conocimiento, disminuir la pobreza, generar nuevas oportunidades de progreso y ofrecer a la comunidad el apropiamiento de la tecnología. Las poblaciones ubicadas en zonas rurales tienen un bajo nivel socioeconómico, estas zonas son de difícil acceso y algunas con condiciones climatológicas variantes, lo cual ocasiona la ausencia de infraestructura eléctrica, todo esto genera que las compañías prestadoras de servicios de telecomunicaciones no se sientan interesadas en realizar alguna interconexión, debido al gran desembolso que esto representa. Por eso, el uso de las redes libres permite el acceso, subida y descarga de contenido de todo tipo sin restricciones, organizada en forma de malla y la cual interconecta a toda la población disminuyendo como se mencionó anteriormente la brecha digital, a través de la instalación y desarrollo de redes inalámbricas libres. El beneficio que se obtiene es la facilidad de interconexión ciudadana y la circulación abierta de todo tipo de contenidos que puedan ser compartidos de forma autónoma y voluntaria por parte de los usuarios.

La ausencia de redes de comunicación en la mayoría de las zonas rurales de la región de la provincia hace que afecte en parte los servicios básicos de la comunidad como puede ser el acceso a la información, fortalecimiento de la educación, entre otros, por esta razón se pretende trabajar con la comunidad de la vereda Bosachoque de la ciudad de Fusagasugá, en la cual se coloca a disposición de la misma, el conocimiento científico necesario para involucrarse un poco más en la nueva tecnología de la era digital. Esta comunidad dentro de su organización cuenta con una escuela de educación pública que ofrece formación académica a la población infantil para los grados de básica primaria, beneficiando a un número aproximado de 200 estudiantes. Esta comunidad se ha dirigido a diferentes proveedores de servicio de internet, en donde no han tenido una respuesta satisfactoria, por esta razón los habitantes han venido trabajando de forma conjunta para lograr suplir algunas necesidades importantes dentro de su comunidad. La idea principal de este proyecto radica en analizar la cobertura radioeléctrica, estudio del marco legal, realizar el levantamiento de datos del terreno, siendo puntos importantes para determinar la ubicación de los nodos de prueba y así distribuir el servicio de conexión a internet.

4. MARCO TEORICO Y/O CONCEPTUAL

COMUNICACIÓN CABLEADA “RED CABLEADA”

Entendemos por redes cableadas aquellas que confinan y guían las señales de comunicaciones por el interior de un soporte físico que suele llamarse de forma genérica línea de transmisión. Dependiendo de las distancias a cubrir, las frecuencias de trabajo y los anchos de banda a manejar, las opciones más usuales son los pares de hilos de cobre, los cables coaxiales o las fibras ópticas. Los medios guiados limitan mucho las interferencias causadas o sufridas, llegando al extremo en el caso de la fibra óptica, en que los rayos de luz conducidos por su interior no interfieren ni son interferidos por señales del exterior. Aunque todo medio tiene sus limitaciones de capacidad de transmisión, las fibras ópticas tienen una capacidad enorme, y en todo caso, se puede aumentar casi ilimitadamente agregando más líneas sobre el mismo trayecto. [1]

COMUNICACIÓN INALÁMBRICA “RED INALÁMBRICA”

Se entiende por comunicación inalámbrica la que se produce mediante transmisión de señales electromagnéticas (o a veces también ópticas) sin ninguna guía, empleando como medio el aire o el espacio vacío. La atenuación de las señales es mucho mayor que en las comunicaciones cableadas, por lo que el alcance es menor para la misma potencia transmitida. Además, las señales se interfieren entre sí y limitan el uso del mismo radiocanal para distintas comunicaciones en el mismo lugar; como el espectro radioeléctrico es un recurso escaso, eso supone, en definitiva, que la capacidad de cualquier tecnología de radiocomunicaciones es mucho más limitada que la de las tecnologías de comunicación. [2]

DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

En la actualidad, la construcción de infraestructura para redes libres ha sido beneficiada por la masiva popularidad de las redes inalámbricas ya que ello ha llevado a la disminución progresiva del costo del equipamiento mientras que la capacidad del mismo se mantiene en continuo crecimiento. De otra parte gracias al trabajo comprometido de la comunidad de software y hardware libre distribuida a lo largo y ancho del planeta, el desarrollo de software para enrutadores (firmware) también ha venido evolucionando, muestra de ello es la variedad de firmwares que se encuentran a la fecha disponibles para potenciar el uso de los dispositivos, por citar algunos: OpenWrt, B.AT.M.A.N, Wifidog, Nightwing, AlterMesh, Qmp. El beneficio de una red inalámbrica comunitaria depende de las necesidades de cada comunidad por ello están enfocadas a identificar las características socio-culturales y así poder dar prioridad a los servicios que van a ser instalados en su

infraestructura, por eso es de vital importancia que dichos servicios cubran las necesidades reales de la comunidad de manera que las personas hagan uso de ellos y la red no quede abandonada.

FUNDAMENTOS DE LOS SERVICIOS DE VOIP Y TOIP

“(VoIP, Voiceover IP) es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de redes TCP/IP, el tráfico de VoIP puede circular por cualquier red TCP/IP. Esto quiere decir que se envía la señal de voz en paquetes, en lugar de enviarla a través de circuitos utilizables sólo para telefonía como en la RTPC/PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada/PublicSwitchedTelephone Network). (ToIP, TelephonyoverIP) o Telefonía sobre IP, es el conjunto de nuevas funciones de telefonía que se pueden ofrecer gracias al envío de la voz sobre el protocolo IP en redes de datos TCP/IP. La voz ha de digitalizarse para ser transmitida por la red IP. Para ello se hace uso de códecs que realizan la codificación y compresión del audio antes de su transmisión, y luego su decodificación y descompresión en recepción, para entregar una señal audible. Según el códec utilizado en la transmisión, se empleará un ancho de banda y recursos del sistema de cómputo. La cantidad de ancho de banda utilizado suele ser directamente proporcional a la calidad de los datos transmitidos. Entre los códecs más comunes se encuentran los siguientes:

G.711: ESTÁNDAR DE LA UIT-T PARA LA DIGITALIZACIÓN DE AUDIO EN TELEFONÍA FIJA.

Representa las señales de audio mediante muestras codificadas en una señal digital con tasa de muestreo de 8.000 muestras por segundo con un flujo de datos de 64 kbps. Existen dos tipos:

Ley μ : Usado sobre todo en Norte América y Japón. Se basa en un algoritmo de compresión logarítmico de 16 segmentos para representar cada muestra en palabras de 8 bits.

Ley A: Usado en Europa y en el resto del mundo. Se basa en un algoritmo de compresión logarítmico de 14 segmentos para representar cada muestra en palabras de 8 bits”. [2]

RADIOENLACES

Se pueden definir como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos, los cuales se encuentran situados sobre la superficie terrestre proporcionando así una capacidad de información, ciertas características de calidad y disponibilidad.

Los radioenlaces, establecen un concepto de comunicación tipo dúplex, en donde se debe transmitir dos portadoras moduladas o sea una para transmisión y otra para recepción. Comúnmente los enlaces se realizan entre puntos visibles, cualquiera que pueda ser la magnitud del sistema, para que pueda funcionar correctamente es necesario que los recorridos entre los enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación durante toda la época del año, teniendo en cuenta las variaciones que pueda presentar por condiciones atmosféricas. [3]

USO LIBRE DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN COLOMBIA

Uso sin necesidad de contraprestación o pago, de algunas bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico, atribuidas, permitidas y autorizadas de manera general como lo establece el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones según Resolución 689 de 2004 donde se menciona que “Por la cual se atribuyen unas bandas de frecuencias para su libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia, y se dictan otras disposiciones”. [4]

EQUIPOS NECESARIOS PARA UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Paneles fotovoltaicos: el panel solar es el encargado de transformar la energía proveniente del sol (fotones), en energía eléctrica (electrones). La tecnología más utilizada en la construcción de paneles solares es la de Silicio Cristalino.

Regulador: este equipo cumple la función de controlar el ciclo de carga y descarga del banco de baterías de ciclo profundo, además de protegerlas en caso de una sobrecarga o descarga excesiva. Una sobrecarga además de reducir la vida útil de la batería, genera el riesgo de explosión o incendio de la batería. Para proteger a las baterías, el regulador cierra en forma automática el flujo de corriente eléctrica desde y hacia las baterías.

Baterías de ciclo profundo: están encargadas de almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos y son diseñadas para soportar los constantes procesos de carga y descarga, en base a un proceso electroquímico de oxidación/reducción. Una batería de ciclo profundo, en su estado máximo de carga, puede proveer energía eléctrica durante unas 20 horas continuas.

Inversor: Transforma la corriente continua de baja tensión (12, 24, 32, 36 o 48 v) generada por las placas fotovoltaicas y la acumulada en las baterías, a corriente alterna de una magnitud y frecuencia necesaria. [5]

ZONAS DE FRESNEL

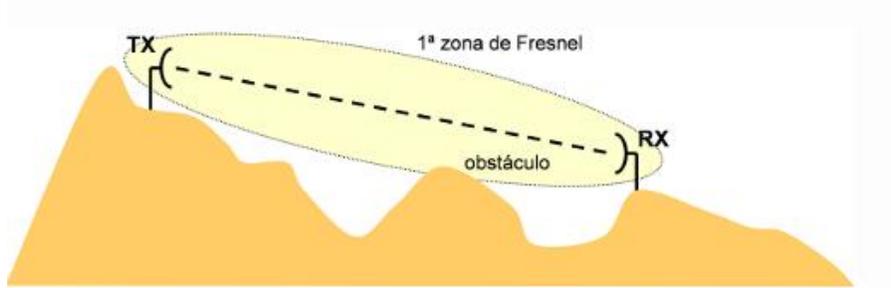


FIGURA 1 PERFIL DE UN RADIOENLACE

“Son unos elipsoides concéntricos que rodean al rayo directo de un enlace radioeléctrico y que quedan definidos a partir de las posiciones de las antenas transmisora y receptora. Tienen la propiedad de que una onda que parte de la antena transmisora, se reflejara sobre la superficie del elipsoide y después incide sobre la antena receptora, habría recorrido una distancia superior a la recorrida por el rayo directo en múltiplos de media longitud de onda. Es decir, la onda reflejada se recibiría con un retardo respecto al rayo directo equivalente a un desfase múltiplo de 180° . Precisamente este valor del múltiplo determina el n-ésimo elipsoide de Fresnel”. [6]

5. ANTECEDENTES

5.1. El plan vive digital

Es un plan de tecnología para Colombia, lo cual busca que el país logre un gran salto tecnológico mediante la masificación de internet y el desarrollo del ecosistema digital a nivel nacional. El plan alcanza la prosperidad democrática gracias a la apropiación y uso de la tecnología, el plan Vive Digital apuesta por la masificación de internet. Se ha demostrado que existe una correlación entre la cobertura de internet, la apropiación de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), para la generación de empleo y reducción de la pobreza, entonces el plan Vive Digital propone grandes beneficios sociales y económicos. En Colombia se deben superar diversas barreras para lograr la masificación de internet, se han encontrado especialmente cuatro barreras importantes: [7]

- La comunidad y las microempresas no ven la necesidad o utilidad del servicio de internet, quizás se debe a la falta de aplicaciones y contenidos locales

útiles para los ciudadanos o las microempresas, así como la falta de apropiación de la tecnología.

- Los elevados costos de los terminales y el servicio de internet comparado con los ingresos que puedan tener las comunidades, lo cual genera que muchos de estos no tengan la disponibilidad económica de acceder a estos servicios.
- Altos costos en infraestructura y su despliegue, actualmente el país solo 200 municipios de los 1.102 están conectados a través de la red de fibra óptica. Las características geográficas y de dispersión han limitado el despliegue de las redes, además de las dificultades administrativas en los territorios.
- Los recursos, con los cuales cuenta el estado para intervenir en infraestructura son limitados, por lo que es importante encontrar la mejor manera de mejorarlos e invertirlos.

5.2. Kioscos vive digital

A partir del Plan Vive Digital, se ha venido desarrollando una idea para obtener cobertura de internet la cual se denomina Kioscos Vive Digital, los cuales son puntos de acceso comunitario a Internet para los niños, jóvenes y adultos de 5.524 zonas rurales de más de 100 habitantes, ubicados en las zonas más alejadas de Colombia, donde pueden conectarse a internet y recibir capacitaciones gratuitas en uso y apropiación de las TIC, además de recibir el servicio de internet los usuarios pueden acceder a otros servicios como telefonía, escáner, impresiones y fotocopias. [8]

Esto son algunos de los lugares en donde se encuentran los Kioscos Vive Digital [9]



FIGURA 2 UBICACIÓN DE KIOSCOS VIVE DIGITAL EN EL PAÍS [9]

5.3. La promoción de las TIC para el desarrollo y los pueblos indígenas

“Los gobiernos en América Latina con el fin de construir una sociedad de la información, han implicado el desarrollo de estrategias nacionales de conectividad y contenidos, las cuales resaltan principalmente la instalación de centros comunitarios digitales, sobre todo en zonas rurales y apartadas. Una de las más destacadas por su alcance (10,000 centros digitales en seis años) el Sistema Nacional e-México, iniciada en el año 2001 por el Gobierno Mexicano. [10]

En 2005, a tres años del inicio de la instalación de Centros Digitales del Sistema Nacional e-México, y con el fin de determinar el análisis de estado de los Centros Comunitarios Digitales instalados en comunidades indígenas, administrados por la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, se realizó un proceso de investigación en algunos de estos centros, sobre el uso que estaban haciendo las comunidades. Se encontró que muchos de éstos no brindaban servicio, o eran subutilizados, a pesar de haberse seguido las políticas de implantación recomendadas por el Sistema Nacional e-México. Tras el análisis de estas políticas de implantación, se encontró que las mismas limitaban la

participación de la comunidad en la definición de los usos que se podrían dar a las tecnologías, así como en la administración de los propios Centros.

Considerando la resolución 34 de la XV Reunión del Comité Consultivo Permanente 1 de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, sobre proyectos de desarrollo de telecomunicaciones en comunidades indígenas, decidieron construir una metodología de introducción de las TIC que favoreciera la participación de la comunidad en la planeación y administración de los Centros Digitales. La instrumentación de la metodología demostró cambios radicales en la utilización de los Centros Digitales y su importancia para la comunidad; por ejemplo, observaciones realizadas un año después a los talleres de apropiación iniciales, la comunidad pasó, de tener dos o tres usuarios del centro, a contar con grupos de usuarios claramente identificados y con actividades preponderantes para el desarrollo de la comunidad (proyecto ecoturístico, aserradero, bachillerato). Resultados como estos llevan a concluir que la forma en que se introducen las TIC en comunidades indígenas, determina la posibilidad de éstas últimas de apropiarse de dichas tecnologías y utilizarlas en sus objetivos de desarrollo.”

5.4. Grupo de telecomunicaciones rurales

Es un grupo de investigación de la Pontificia Universidad Católica de Perú, el cual está dedicado a la investigación, desarrollo e innovación de tecnología, se hace referencia a este grupo ya que como Universidad pretenden mejorar la situación que presenta actualmente las comunidades del área rural, al igual como es el deseo de la Universidad de Cundinamarca. [11] Este grupo sigue tres líneas de investigación:

Adaptación de alta tecnología de telecomunicación para servir a las necesidades del sector rural de países en vía de desarrollo.

Estrategias de gestión del cambio para lograr la apropiación y transferencia tecnológica hacia los pobladores del sector rural.

Evaluación de impactos de los proyectos realizados de tecnologías apropiadas y estrategias de sostenibilidad para soportar las redes tendidas.

Este grupo de investigación ha generado diversas publicaciones a cerca del desarrollo tecnológico en comunidades rurales, con el fin de resolver las necesidades que tienen sus habitantes, brindándoles un mejor futuro principalmente a la comunidad más joven. Los objetivos de este grupo de investigación son:

- Contribuir a la reducción de la brecha digital en las zonas de intervención.

- Actuar como facilitadores de diversos actores sociales que contribuyan con la mejora de la calidad de vida de nuestro grupo objetivo.
- Contribuir al desarrollo humano a través de la implementación de TIC apropiadas.
- Identificar, formular, planificar, ejecutar, difundir y promover oportunidades y proyectos TIC para el desarrollo.

5.5. Estudio, diseño y pruebas para una red de acceso a internet en la Vereda de Bosachoque

Este es un proyecto de aula realizado en el año 2015 por los estudiantes de Ing. Electrónica de la Universidad de Cundinamarca, el cual consiste en realizar un estudio el cual determinara el posible acceso a internet a la vereda Bosachoque, realizando una serie de simulaciones para poder determinar en donde se podrían instalar esos puntos de red. [12] La idea era poder observar la viabilidad del acceso de internet en la vereda, en donde hubiera mayor concentración de población. En la figura 3 se muestran las dos antenas que ya se encuentran ubicadas, una en el coliseo de la escuela y la otra en la parte sur sobre la Panamericana, esta última ya no funciona. Estas antenas son NanoStationM2 y las otras que proveen el internet son NanoBridgeM5 están ubicadas en Fusagasugá, San José y Bosachoque. Según el estudio la red actual no es de buena calidad debido a que el terreno no es uniforme y por esta razón la red que ya está instalada no es capaz de cubrir con las necesidades de la comunidad, probablemente sea por la ubicación o por razones ambientales. [12]

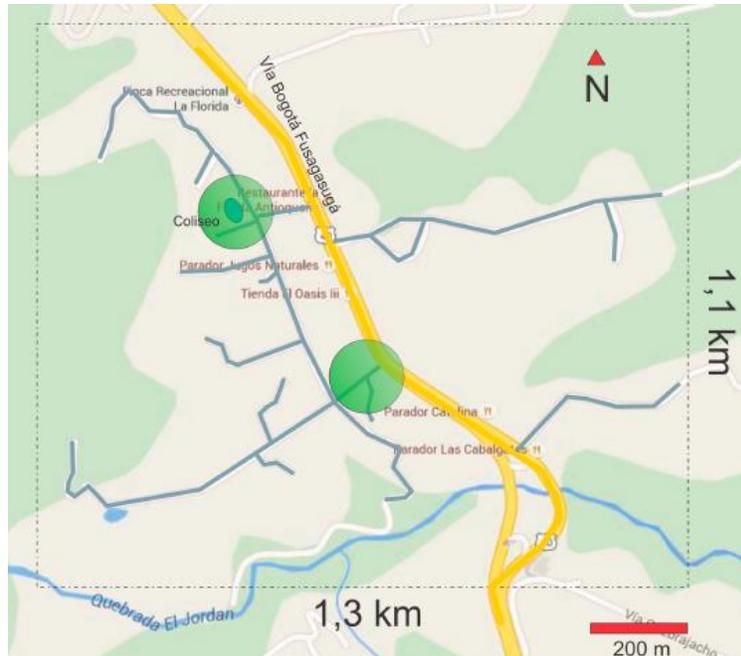


FIGURA 3 ESTADO DE LA RED EN ESE MOMENTO

5.6. Redes libres en Colombia

En Colombia existe diversos proyectos que involucran el uso de redes libres, como es el caso del proyecto Colombia-Mesh el cual está impulsado por diversos equipos de trabajo alrededor del país, buscando disminuir la brecha digital. Este proyecto inicio en el año 2000 con las primeras redes creadas por los ciudadanos sin la necesidad de un proveedor de servicios de internet. La red inalámbrica libre de Bogotá además de lograr interconectar zonas alejadas como Ciudad Bolívar, ha desarrollado talleres de forma permanente en los cuales se enseña a instalar el hardware necesario (antenas, Router) y a configurar el software para el uso de programas libres, el uso y desarrollo de servicios como correo electrónico, cámaras de vigilancia comunitaria, servidores, telefonía IP y bibliotecas multimedia.

Un ejemplo claro de una gran red libre es la red inalámbrica más grande del mundo Wizi.net ubicada en España la cual cuenta con más de 10.000 nodos interconectados, Wizi es la red municipal de acceso a Internet vía Wifi ubicado en el Ayuntamiento de Zaragoza, sus 462 puntos repartidos por toda la ciudad, conformando una de las redes de Internet sin cables más grandes e importantes de Europa. En América Latina, se encuentran algunos casos de éxito como es Buenos Aires y MontevideoLibre, este último está dedicado a la creación y organización de

una red de datos libre en la ciudad de Montevideo, Uruguay, MontevideoLibre es una red de computadoras, donde cada uno puede conectarse con otras, de la misma forma en la que se manejaría una red de oficina. [13]

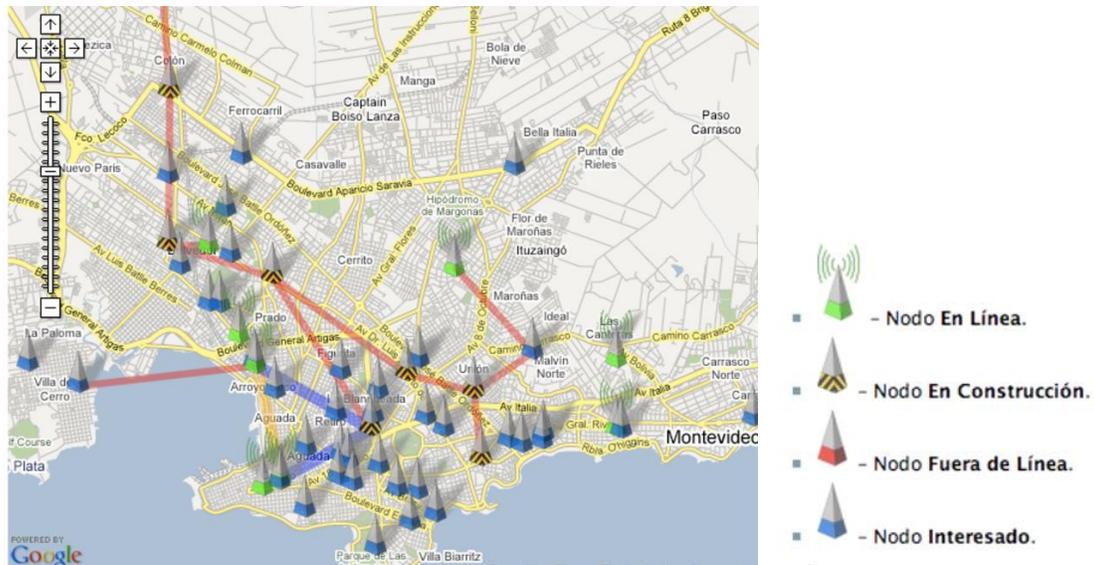


FIGURA 4 RED WIFI COMUNITARIA MONTEVIDEO LIBRE [13]

6. METODOLOGIA

6.1. Recolección de información

Dialogar con la comunidad a cerca de sus necesidades, aclarando cual es la importancia del proyecto, es de vital importancia que la cooperación de la comunidad sea total ya que son quienes proporcionaran información acerca del terreno. Por otro lado, investigar a cerca de que lugares de Colombia y América Latina se ha venido realizando este tipo de proyectos en donde los principales beneficiados son las comunidades rurales. Se realiza un estudio del sitio en el cual se van a instalar las antenas, inicialmente solo se realizó este proceso para los dos punto a punto (Bloque F y San José). En Anexos se presentará el informe correspondiente a cada punto.

6.1.1. Tipo de Red

Red inalámbrica: Es aquella que permite conectar diversos nodos sin utilizar una conexión física, estableciendo la comunicación mediante ondas electromagnéticas.

La transmisión y la recepción de los datos requieren de dispositivos que puedan actuar como puertos.

6.2. Marco legal de regulación del espectro radioeléctrico y espectro electromagnético

Pensando en la importancia que hoy día tienen las tecnologías de la información y las comunicaciones para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, además de generar la competitividad y productividad del país, el Gobierno Nacional decidió impulsar una reforma que le permita a los ciudadanos contar con un marco legal actualizado y acorde a sus necesidades.

6.2.1. Ley 1341 de 2009: LEY DE MINTIC, Descripciones generales

De esta manera es importante desarrollar el tema de cómo se encuentra regulado el tema en el país y cómo puede un particular lograr acceder a este espacio, por ello se realiza un análisis legal para determinar la viabilidad del proyecto.

La presente ley determina el marco general para la formulación de las políticas públicas que regirán el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones, su ordenamiento general, el régimen de competencia, la protección al usuario, así como lo concerniente a la cobertura, la calidad del servicio, la promoción de la inversión en el sector y el desarrollo de estas tecnologías, el uso eficiente de las redes y del espectro radioeléctrico, así como las potestades del estado en relación con la planeación, la gestión, la administración adecuada y eficiente de los recursos, regulación, control y vigilancia del mismo y facilitando el libre acceso y sin discriminación de los habitantes del territorio nacional a la sociedad de la información.

6.2.2. Artículo 6o. definición de TIC

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (en adelante TIC), son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios, que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como voz, datos, texto, video e imágenes. (Colombia. Congreso de la República. Ley 1341 de 2009. Artículo 6.)

6.2.3. El derecho a la comunicación, la información y la educación y los servicios básicos de las TIC.

En desarrollo de los artículos 20 y 67 de la Constitución Nacional el Estado propiciará a todo colombiano el derecho al acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones básicas, que permitan el ejercicio pleno de los siguientes derechos: La libertad de expresión y de difundir su pensamiento y opiniones, la de informar y recibir información veraz e imparcial, la educación y el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura. Adicionalmente el Estado desarrollará programas para que la población de los estratos menos favorecidos y la población rural tengan acceso y uso a las plataformas de comunicación, en especial de Internet y contenidos informáticos y de educación integral.

6.2.4. ¿Cómo funciona el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones?

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; enfoca los esfuerzos estatales en pro del desarrollo de la demanda de TIC; fortalece la capacidad de política y regulación del Estado en materia de TIC, para garantizar la competencia con base en un esquema de redes y mercados; y establece una política de espectro radioeléctrico que garantizara la seguridad jurídica y fuera concomitante con el mercado énfasis en el desarrollo de redes y servicios inalámbricos que ha tenido el desarrollo tecnológico sectorial. [14]

6.3. Marco político y regulatorio

A continuación, se presentan algunos de los más importantes actores en los procesos de asignación y control del espectro radioeléctrico en Colombia, definidos a partir del esquema de trabajo propuesto por el Plan Vive Digital: [15]

Definir la política, planear, asignar, gestionar y controlar el Espectro Radio Eléctrico. Mantener actualizado Cuadro Nal. de Atribución de Frecuencias. →

Ente Técnico/ Financiación fondos, programas y proyectos para acceso universal, apoyar actividades de MinTIC y ANE/Regulación de redes →

Órgano consultivo y asesor /direcciones/ fortalecimiento de investigación y conocimiento. →

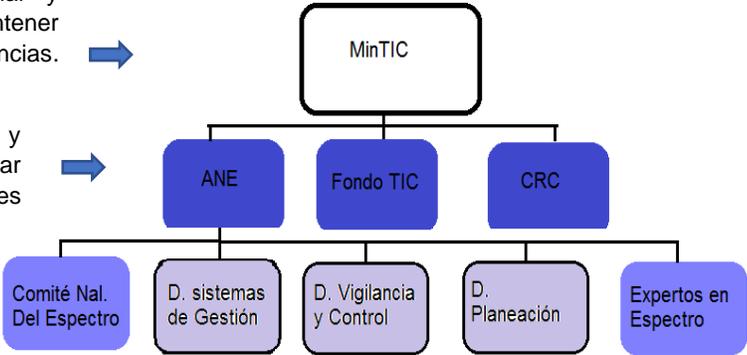


FIGURA 5 PROCESO DE ASIGNACIÓN Y CONTROL DEL ESPECTRO

6.3.1. Ministerio de tecnologías de información y comunicaciones

Máximo ente regulador del espectro electromagnético. El MinTIC tiene como objetivos diseñar, formular, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector TIC, en correspondencia con la Constitución Política y la ley, con el fin de contribuir al desarrollo económico, social y político de la nación. [16]

La Ley 1341 de 2009 en el artículo 18 estipula que son funciones del MinTIC la planeación, asignación, gestión y control del espectro radioeléctrico (ERE), asimismo, es el encargado de mantener actualizado el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias considerando las necesidades del país, el interés público y las atribuciones definidas en las conferencias mundiales de comunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

6.3.2. Agencia nacional del espectro (ANE)

Como resultado de la expedición de la Ley 1341 de 2009, se creó la Agencia Nacional del Espectro, ANE, como una unidad administrativa especial del orden nacional, adscrita al MinTIC. Posteriormente se emitieron los Decretos 093 y 094 de 2010, los cuales definieron la estructura, las funciones de la agencia y su planta de personal. [17]

El objeto principal de la ANE es brindar el soporte técnico al MinTIC para la gestión, planeación, vigilancia y control del espectro radioeléctrico en coordinación con las diferentes autoridades relacionadas con este tema. De esta manera, tiene como funciones asesorar al MinTIC en la formulación y diseño de políticas, planes y programas relacionados con el espectro radioeléctrico, en particular con la vigilancia y control del mismo, investigando nuevas tendencias nacionales e internacionales en este sentido y en lo concerniente a su administración. Además, se encarga de realizar la gestión técnica del espectro radioeléctrico, así como de estudiar y proponer los parámetros de valoración por el derecho al uso del espectro y la estructura de contraprestaciones.

La ANE además tiene entre sus funciones acompañar al MinTIC en las negociaciones internacionales y definir la estrategia para participar en conferencias y grupos de estudios a nivel internacional. La ANE inició labores el 28 de enero de 2010.

6.3.3. Comisión de regulación de comunicaciones

Con la Ley 1341 de 2009 cambia la denominación de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones por Comisión de Regulación de Comunicaciones, que se encarga de “promover la competencia, evitar el abuso de posición dominante y regular los mercados de las redes y los servicios de comunicaciones; con el fin que la prestación de los servicios sea económicamente eficiente, y refleje altos niveles de calidad”.

Entre sus funciones se encuentra definir condiciones de utilización de infraestructura, determinar estándares y certificados de homologación internacional y nacional de equipos, solucionar conflictos entre operadores de redes y servicios, definir condiciones de uso de otras redes, definir las condiciones para garantizar que las bandas de los terminales móviles estén desbloqueadas para que el usuario pueda activarlos en cualquier red, entre otras.

6.4. Política y regulación

Se determinó que la provisión de redes y servicios de telecomunicaciones es un servicio público de titularidad del Estado, que requiere una habilitación que tendrá una contraprestación a favor del Fondo de las tecnologías de información y comunicación. También en la ley se define que para usar el espectro radioeléctrico se requiere un permiso previo otorgado por el Min TIC, que considera la neutralidad tecnológica.

A continuación, se detallan algunas de las reglamentaciones más importantes relacionadas con el espectro radioeléctrico en Colombia. [18]

6.4.1. Constitución política de Colombia, artículo 75

Que establece, literalmente: “El espectro electromagnético es un bien público inajenable e imprescriptible sujeto a la gestión y control del Estado. Se garantiza la igualdad de oportunidades en el acceso a su uso en los términos que fije la ley. Para garantizar el pluralismo informativo y la competencia, el Estado intervendrá por mandato de la ley para evitar las prácticas monopolísticas en el uso del espectro electromagnético.

6.4.2. Resolución 2544 de 2009

Por lo cual se atribuyen unas bandas de frecuencia para su libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico y redes

inalámbricas de área local, que utilice tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia. [19]

Art.5 Bandas de frecuencia. Se atribuyen dentro del territorio nacional los siguientes rangos de frecuencias radioeléctricas, para su libre utilización por sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local.

- A. Banda de 902 a 928 MHz
- B. Banda de 2400 a 2483,5 MHz
- C. Banda de 5150 a 5250 MHz
- D. Banda de 5250 a 5350 MHz
- E. Banda de 5470 a 5725 MHz
- F. Banda de 5725 a 5850 MHz

Art.6 Condiciones operativas en las bandas de 902 a 928 MHz, 2400 a 2483,5 MHz y de 5725 a 5850 MHz

Los sistemas de salto de frecuencia tendrán frecuencias portadoras por canal de intercalamiento separadas como mínimo por el mayor valor entre 25KHz y el ancho de banda del canal a 20dB.

Los sistemas que utilizan técnicas de modulación digital pueden operar en las bandas de 902 a 928 MHz, de 2400 a 2483,5 MHz y de 5725 a 5850 MHz el ancho de banda mínimo a 6dB debe ser por lo menos 500KHz. Potencia: la potencia de salida máxima del transmisor no excederá de los siguientes:

Para los saltos de frecuencia en la banda de 2400 a 2483,5 MHz que empleen al menos 75 canales de salto, y para todos los sistemas de salto de frecuencia en la banda 5725 a 5850 MHz: 1 Vatio. Para los demás sistemas de salto de frecuencia en la banda 2400 a 2483,5 MHz: 0.125 Vatios. [20]

6.4.3. Resolución 290 de 2010

Por la cual se fija el monto de las contraprestaciones establecidas en los artículos 13 y 36 de la Ley 1341 de 2009, específicamente la contraprestación económica por la utilización del espectro radioeléctrico. [21]

6.5. El espectro electromagnético en la constitución colombiana

El espectro electromagnético ha sido definido como una franja de espacio alrededor de la tierra a través de la cual se desplazan las ondas radioeléctricas que portan

diversos mensajes sonoros o visuales, radicando su importancia en ser un bien con aptitud para transportar información e imágenes a corta y larga distancia, que permite a su vez la expansión de las ondas hertzianas, mediante las cuales se desarrolla la radiodifusión, la televisión y la prestación de los servicios de telecomunicaciones. El espectro electromagnético es un bien público, imprescriptible, enajenable e inembargable, sujeto a la gestión y control del Estado, que forma parte del territorio colombiano y que es propiedad de la Nación. Los particulares tienen acceso a su uso, en igualdad de condiciones y oportunidades, en los términos que fije la ley, sin que para dicho acceso se apliquen, de manera absoluta, las reglas que gobiernan el sistema de libre iniciativa, en la medida en que, por tratarse de un bien público, la gestión del espectro está sujeta a una especial regulación por parte del Estado. [22]

6.6. Acceso al uso del espectro radioeléctrico: ley de TIC

El uso del espectro radioeléctrico requiere permiso previo, expreso y otorgado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. El permiso de uso del espectro respetará la neutralidad en la tecnología siempre y cuando esté coordinado con las políticas del Ministerio de Comunicaciones, no generen interferencias sobre otros servicios, sean compatibles con las tendencias internacionales del mercado, no afecten la seguridad nacional, y contribuyan al desarrollo sostenible. El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones adelantará mecanismos de selección objetiva, previa convocatoria pública, para el otorgamiento del permiso para el uso del espectro radioeléctrico y exigirá las garantías correspondientes. En aquellos casos, en los que el nivel de ocupación de la banda y la suficiencia del recurso lo permitan, así como cuando prime la continuidad del servicio o la ampliación de la cobertura, el Ministerio podrá otorgar los permisos de uso del espectro de manera directa.

En la asignación de las frecuencias necesarias para la defensa y seguridad nacional, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones tendrá en cuenta las necesidades de los organismos de seguridad del Estado. El trámite, resultado e información relativa a la asignación de este tipo de frecuencias tiene carácter reservado. El Gobierno Nacional podrá establecer bandas de frecuencias de uso libre de acuerdo con las recomendaciones de la UIT, y bandas exentas del pago de contraprestaciones entre otras para Programas Sociales del Estado. [22]

6.7. Uso del espectro

6.7.1. Espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es el medio por el cual se transmiten las ondas de radio electromagnéticas, las cuales permiten hacer uso de medios de comunicación como la radio, televisión, Internet, telefonía móvil y televisión digital terrestre, entre otros.

6.7.2. Uso libre del espectro radioeléctrico

Es una herramienta que sirve para la optimización del espectro radioeléctrico, dados y en razón a los adelantos tecnológicos, la ocupación de dicho espectro y la demanda creciente de servicios y actividades de telecomunicaciones, se estableció que algunas porciones del espectro radioeléctrico sean de uso libre por parte del público en general.

Se entiende por uso libre, el uso de frecuencias o bandas de frecuencias que se encuentran atribuidas y autorizadas de manera general y expresa por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones sin la exigencia de una contraprestación o pago por esa utilización.

Para el uso de estas frecuencias o bandas de frecuencias de uso libre, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones ha señalado tanto las aplicaciones de telecomunicaciones los requisitos y las condiciones técnicas en las que se debe operar.

Algunas de las aplicaciones o actividades en las que se pueden utilizar las frecuencias de uso libre son:

- Industriales, científicas y médicas
- Telecomunicaciones de baja potencia (telemetría, tele comando, tele alarmas, telecontrol vehicular, dispositivos de operación momentánea, microfonía inalámbrica, transceptores de voz y datos, radios portátiles de operación itinerante)
- Actividades de prevención, vigilancia, alerta temprana, atención y coordinación de emergencias en desarrollo de los servicios auxiliares de ayuda.
- Radiocomunicación cívico territorial (en cabeza de las entidades territoriales) para atender las necesidades de carácter cívico, recreativo, educativo, cultural, científico y asistencial de las mismas y sus comunidades, sin fines particulares, políticos, religiosos, comerciales o de lucro. [22]

6.7.3. Bandas libres

A través de la Resolución 2544 de 2009 del MinTIC, se atribuyen bandas y frecuencias para libre utilización, con tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital. Esto, acorde con las recomendaciones de la UIT de establecer bandas de uso libre y bandas exentas de pago para programas sociales, y las recomendaciones de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL).

Las siguientes bandas se atribuyen a título secundario, al operar sobre una base de no interferencia y no protección contra interferencia, para utilizarse con sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local que usen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia en las condiciones definidas en la resolución: 902 GHz – 928 GHz, 2400 GHz - 2483,5 GHz, 5150 GHz - 5250 GHz, 5250 GHz - 5350 GHz, 5470 GHz - 5725 GHz, 5725 GHz - 5850 GHz.

Entre las condiciones establecidas en la resolución se encuentran limitaciones en potencia, en ganancia de las antenas, entre otras. Por ejemplo, en el caso de las bandas de 902 GHz – 928 GHz, 2400 GHz - 2483,5 GHz, 5725 GHz - 5850 GHz se definen las condiciones para sistemas de espectro ensanchado por salto de frecuencia, así como para los que utilizan técnicas de modulación digital. Además, se indica que los niveles de energía a los que se expongan las personas no deben exceder las normas vigentes a nivel nacional, entre otras condiciones. [23]

TABLA 1 BANDAS Y FRECUENCIAS PARA LIBRE UTILIZACIÓN, CON TECNOLOGÍAS DE ESPECTRO ENSANCHADO Y MODULACIÓN DIGITAL [23]

Frecuencia	Característica	Potencia máxima
2400 GHz – 2483,5 GHz	Emplea mínimo 75 canales de salto de frecuencia	1w
2400 GHz – 2483,5 GHz	Otros sistemas de salto de frecuencia	0,125w
5725 GHz – 5850 GHz		1w
902 GHz - 928 GHz	Emplean mínimo 50 canales de salto de frecuencia	1w

902 GHz - 928 GHz	Emplean menos de 50, más de 25 canales de salto de frecuencia	0.25w
902 GHz - 928 GHz	Usan modulación digital	1w
2400 GHz – 2483,5 GHz	Usan modulación digital	1w
5725 GHz – 5850 GHz	Usan modulación digital	1w
2400 GHz – 2483,5 GHz	Para operación fija punto a punto	1w

En la resolución se definen también las condiciones operativas de las bandas de 5150 GHz - 5250 GHz; 5250 GHz - 5350 GHz, 5470 GHz - 5725 GHz y de 5725 GHz - 5825 GHz, para sistemas U-NII (Unlicensed national information infrastructure), es decir los sistemas para el desarrollo de la infraestructura de la información. Se establecen los límites de potencia para las diferentes bandas y la máxima ganancia permitida para las antenas, además se definen los límites de emisiones indeseadas, condiciones en la operación y en el hardware.

Por otro lado, se establecen las condiciones en las bandas de 5795 GHz - 5805 GHz y de 5805 GHz - 5815 GHz para los servicios de Sistemas de Control e Información sobre Transportes –SCIT– y/o de Telemática de Tráfico y Transporte en Carretera –RTTT– permitidos a título secundario.

También en las Resoluciones 473 de 201068 y 2190 de 2003 se establecen bandas de frecuencia de uso libre. La primera regula lo referente a dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y baja potencia usados principalmente en aplicaciones industriales, científicas y médicas, o de telemetría, tele comando, tele alarmas, telecontrol vehicular, dispositivos de operación momentánea, microfonía inalámbrica, transceptores de voz y datos, entre otras, estableciendo limitaciones de potencia o de intensidad de campo, así como de aplicación para cada una de las bandas.

La Resolución 2190 de 2003 define medidas para el uso de radios portátiles de baja potencia y corto alcance de operación itinerante, para lo cual se definen las bandas con sus respectivos límites de potencia y aplicación. [24]

En la tabla anteriormente descrita, la banda de frecuencia libre que se utilizaran es la de 5GHz en los rangos de 5725 Ghz a 5850 GHz para el enlace punto a punto y

probar con diferentes rangos de frecuencia para los nodos propuestos que daran la cobertura a la vereda Bosachoque.

6.7.4. Atribución del espectro

6.7.4.1. Atribución de frecuencias

En la página del MinTIC se encuentra una sección con información general sobre el espectro; allí hay enlaces para acceder al documento con el Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias, así como al gráfico del cuadro; también se encuentran enlaces a otros documentos referentes a algunos de los procesos de asignación de frecuencias en curso. [25] Como se especifica en el Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias, Colombia forma parte de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT); en el cuadro se muestra la totalidad de los servicios de radiocomunicaciones del país y su compatibilidad con las atribuciones de dicho organismo internacional, además contiene referencias a la normatividad nacional e internacional relacionada con el uso del espectro. La UIT agrupa a los países en tres regiones, para cada una de las cuales define la atribución de bandas de frecuencia en el Cuadro de atribución internacional de bandas de frecuencia del reglamento de radiocomunicaciones. Colombia pertenece a la Región 2 y se puede decir que la atribución de frecuencias nacionales es compatible con la atribución hecha por la UIT para dicha región, aunque con algunas diferencias. A partir de la frecuencia de 40 GHz hasta 1000 GHz la atribución de bandas de frecuencia de Colombia es idéntica a la atribución internacional. [26]

6.7.4.2. Topes del espectro

En Colombia, de acuerdo con la Constitución de 1991, el espectro electromagnético es un bien público inajenable e imprescriptible, por tanto, la asignación consiste en un derecho para hacer uso temporal del recurso, sin que exista derecho de dominio, aunque en la Ley 1341 de 2009 se establece que este derecho puede ser cedido previa autorización del MinTIC. [26]

Para evitar la concentración del espectro en pocos operadores y generar las condiciones para el ingreso de nuevos, el MinTIC define un tope del espectro, que corresponde a la máxima cantidad de espectro a la que puede acceder un operador. [25]

6.7.4.3. Asignación de frecuencias

La asignación del espectro en Colombia se realiza considerando el procedimiento de selección objetiva definido en el Decreto 4392 de 2010. Este decreto además responde a una sentencia de la Corte Constitucional Colombiana, que limitó la posibilidad que tenía el MinTIC de otorgar permisos de manera directa en casos especiales, de manera que esto solo pueda hacerse cuando la continuidad del servicio esté en riesgo y por el periodo de tiempo estrictamente necesario. [27]

La primera etapa del proceso de asignación consiste en determinar que existen varios interesados, para lo cual el MinTIC debe publicar la intención de otorgar el espectro junto a sus características básicas, de manera que los interesados se enteren e informen su intención de participar en el proceso. Luego se abre el proceso de selección y el MinTIC publica en su página web más detalles sobre el mismo, incluyendo frecuencias, localización geográfica, aplicaciones permitidas, entre otras características, e informa a los interesados, quienes preparan su solicitud y la entregan al MinTIC en los términos que este establezca. El MinTIC realiza la evaluación y otorga el permiso a la mejor oferta, solicita las garantías de cumplimiento y define las contraprestaciones por su uso [28]. Solo se exime de este proceso la asignación de bandas para defensa nacional, atención y prevención de situaciones de emergencia y seguridad pública, así como las bandas para uso común y compartido. [28]

Categoría con información sobre el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias CNABF. Contiene el Gráfico a color de la distribución de las bandas de frecuencias del Espectro radioeléctrico y el texto del CNABF con la explicación de la atribución de cada una de las bandas. El Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias-CNABF, es un instrumento técnico de planeación que coadyuva a la gestión, administración y control del espectro radioeléctrico. [29]

En el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias, se presenta la atribución de bandas de frecuencias, por bandas, a los servicios de radiocomunicación, en cinco columnas identificadas como: REGIÓN 1, REGIÓN 2, REGIÓN 3, COLOMBIA y NOTAS. Las primeras tres columnas, corresponden al Cuadro de Atribución Internacional de Bandas de Frecuencias del Reglamento de Radiocomunicaciones, de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). [30]

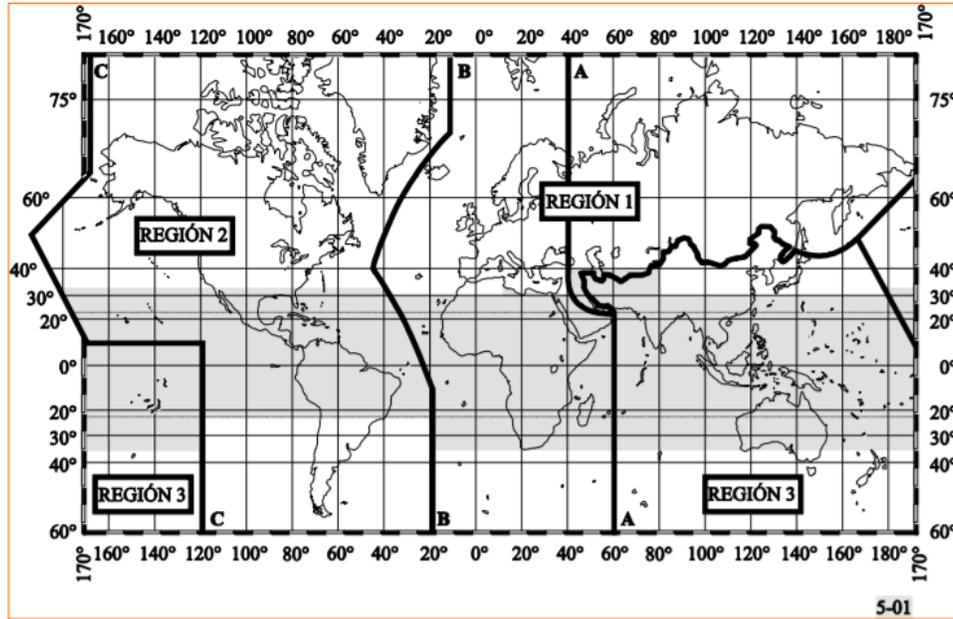


FIGURA 6 PAÍSES DIVIDIDOS EN REGIONES

6.8. Alternativas para la gestión del espectro

La ANE está estudiando diferentes herramientas y mecanismos para asignación y gestión del espectro que permitan, entre otras cosas, agilizar los procesos, mantener actualizada la información y disminuir los tiempos de respuesta de las solicitudes, para lo cual se prevé la implementación del Sistema de Gestión del Espectro (SGE), con lo que se espera evitar tramitología y permitir realizar solicitudes en línea. [31] También la ANE está revisando alternativas como la compartición de infraestructura, el ingreso de operadores virtuales y el establecimiento de un mercado secundario, con el fin de hacer un mejor aprovechamiento de los recursos, facilitar la entrada de nuevos operadores y brindar una mayor oferta para los usuarios, entre otras ventajas [32] Las propuestas realizadas por la ANE permiten ver un interés en cambiar el modelo de gestión del espectro en Colombia, que actualmente está más enfocado en lo administrativo donde el regulador define las reglas y limitaciones, a otro orientado al mercado que puede ser más flexible para optimizar la asignación del espectro a través de la apertura de mercados secundarios y la posibilidad de ceder derechos. [33]

Teniendo en cuenta el marco legal estipulado anteriormente, indica que para poder realizar este proyecto es necesario respetar las bandas de frecuencias libres puestas a disposición, esto mencionándose en la resolución 2544 de 2009 del MinTIC en donde se atribuyen bandas y frecuencias para su libre utilización. En este caso, la banda de frecuencia a estudiar es 5725 a 5850 MHz y cuya potencia

máxima de transmisión es de 1 Vatio. Además, se determina en la Constitución política de Colombia de 1991, que el espectro electromagnético es un bien inajenable, por lo tanto, la asignación de este consiste en un derecho público para hacer uso del mismo. También se menciona en la Constitución en los artículos 20 y 67 en donde indica que el Estado otorgara a todo colombiano el derecho al acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones básicas, permitiendo el desarrollo a la libertad de expresión y difundir el pensamiento, adicional a esto, permitir el acceso al conocimiento, a la educación y demás bienes y valores de la cultura.

6.8.1. Análisis de la red

- Caracterización del tráfico de datos. (navegación, correo electrónico, etc.)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5661	51.128385	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
5755	52.138890	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
5848	53.154122	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
5956	54.159312	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
19540	171.205333	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
19636	172.208667	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
19740	173.224125	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
19931	174.225227	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
21115	186.337469	172.17.1.82	104.91.137.160	HTTP	271	GET /singletile/summary/alias/experiencebyname/today?market...
21128	186.438595	104.91.137.160	172.17.1.82	HTTP/X...	121	HTTP/1.1 200 OK
32353	291.188562	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
32436	292.199545	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
32555	293.200410	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
32679	294.205038	172.17.1.82	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1

FIGURA 7 CONEXIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LA IP DE RED

Utilizando Wireshark se conecta al enlace de San José quien funciona como estación del punto a punto, en donde se obtiene los bytes por cable los cuales son 271 bytes, el destino es 104.91.137.160 el protocolo usado es HTTP, bytes recibidos 271, esto se puede observar en la siguiente figura:

>	Frame 21115: 271 bytes on wire (2168 bits), 271 bytes captured (2168 bits) on interface 0
>	Ethernet II, Src: HewlettP_8a:97:33 (fc:3f:db:8a:97:33), Dst: HewlettP_e1:fc:69 (d0:7e:28:e1:fc:69)
>	Internet Protocol Version 4, Src: 172.17.1.82, Dst: 104.91.137.160
>	Transmission Control Protocol, Src Port: 54194 (54194), Dst Port: 80 (80), Seq: 1, Ack: 1, Len: 217
>	Hypertext Transfer Protocol

FIGURA 8 FRAME CAPTURADO

En la figura 8 se observa la información que se obtuvo al poder conectarse con la IP de red establecida, y como se ve en la figura 7 se obtuvo una respuesta por parte de la red de destino.

Wireshark · IP Protocol Types · wireshark_pcapng_E8B8FA86-E6D2-4542-8105-AFE15EC07AAC_20170426111554_a03292

Topic / Item	Count	Average	Min val	Max val	Rate (ms)	Percent	Burst rate	Burst start
IP Protocol Types	80298				16.8540	100%	0.2900	169.540
UDP	78845				16.5490	98.19%	0.2900	169.540
TCP	959				0.2013	1.19%	0.0300	18.058
NONE	494				0.1037	0.62%	0.0700	6.834

FIGURA 9 PROTOCOLOS IP IDENTIFICADOS EN LA RED

Como se puede observar en la figura 9, se logró visualizar los protocolos IP UDP y TCP, el protocolo UDP es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas, y cuya función de este protocolo es el intercambio de datagramas a través de una red y cuyo uso principal es para protocolos como DHCP, BOOTP, DNS, etc. Se observa el conteo de cada uno, en el caso de UDP fue de 78845 con una tasa de 16.54ms, el intervalo de tiempo de cada paquete es de 0.29ms y el momento en el que el número de paquetes producidos han sido enviados 169,5. Por otro lado, el protocolo TCP el cual garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron, tiene un conteo de paquetes de 959, una tasa de 0.2ms, intervalo de tiempo de cada paquete es de 0.03ms y el momento en la que los paquetes se enviaron es de 18.05.

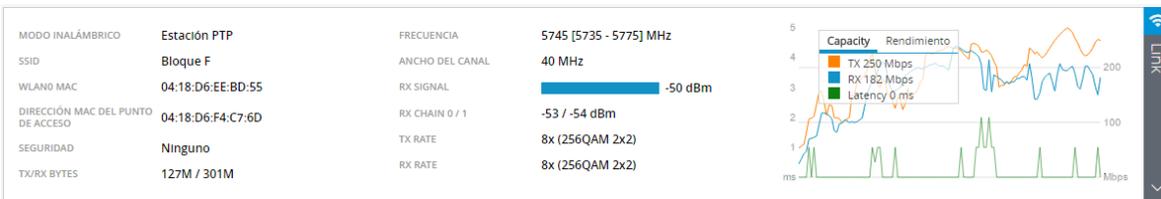


FIGURA 10 COMPORTAMIENTO DEL RADIOENLACE PUNTO A PUNTO

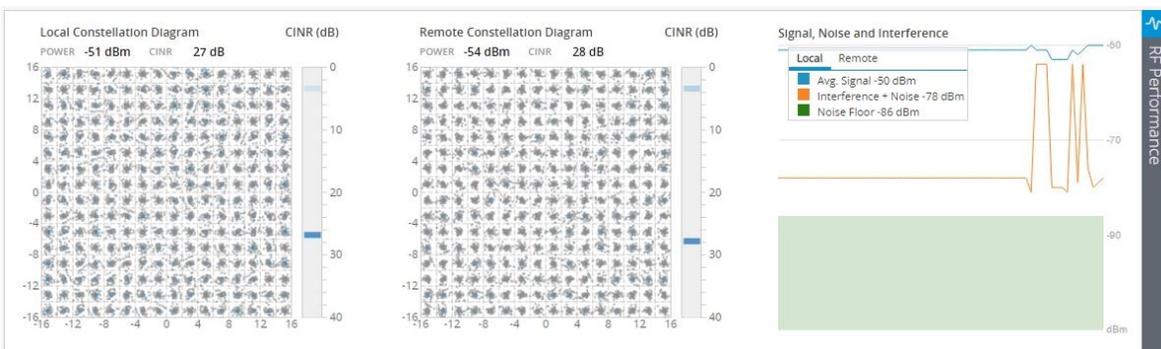


FIGURA 11 NIVEL DE RUIDO E INTERFERENCIA EN EL PUNTO A PUNTO

Como se puede observar en la figura 10 existe un buen nivel de señal, la diferencia de recepción de señal es de -50 dBm lo cual es bastante bueno teniendo en cuenta que para enlaces con airMAX ac es necesario estar dentro del rango de -45 a -55 dBm y los canales de recepción -53/-54 dBm, esto indica que el alineamiento es correcto, ahora lo que se observa en la figura 11 el CINR debería ser superior o igual a 30 para ser considerado un valor aceptable, ayudando a que la modulación sea mucho más alta, en este caso está en 28dB lo cual podría indicar que los niveles de modulación varían, probablemente se deba emplear una frecuencia diferente o variar el ancho de canal. Para continuar se deja claro que el CINR es similar al SNR definiendo a este como la proporción existente entre la potencia de la señal que está transmitiendo y la potencia del ruido que la corrompe, entonces el CINR es más preciso ya que puede estimar la diferencia señal ruido, pero suministrando ruido de piso + interferencia, en este caso de -78 dBm.

7. GEORREFERENCIACIÓN

La vereda Bosachoque se encuentra ubicada en el corregimiento occidental a 15 minutos de Fusagasugá, esta vereda hace parte del corregimiento junto con Usatama, parte Piamonte, el resguardo, cucharal, la venta, novillero, Viena, teniendo una extensión de 29.59 km².

En una de las visitas realizadas, se tomó las coordenadas de los sectores donde hay mayor población además para conocer los límites que comprometen la vereda como se muestra la tabla 2 y figura 13.

TABLA 2 GEORREFERENCIACIÓN PUNTOS DE PRUEBA

Coordenadas	Ubicación
4.372452, -74.429544	San José (Estación)
4.372422, -74.387673	Escuela Bosachoque
4.335211, -74.37109	Bloque F (Punto de Acceso)
4.374373, -74.390959	Zona 4 * vía Silvania
4.367681, -74.388054	Zona 9 * vía Fusagasugá
4.383083, -74.384957	Cartodromo



FIGURA 12 PUNTOS CON MAYOR CONCENTRACIÓN DE POBLACIÓN

Los puntos amarillos de la figura 12 son los sectores donde se encuentra ubicada la población y es donde más interés hay por el beneficio de un servicio de telecomunicaciones. [12]



FIGURA 13 ZONA DE BOSACHOQUE

En la figura 13 se observa de cierta forma como se encuentra distribuida la vereda, se consideró que los puntos amarillos son los lugares en los cuales hay población,

y en donde se realizaron las pruebas para determinar la calidad del radioenlace y que viabilidad tiene la instalación en estos nodos. Teniendo en cuenta las mediciones tomadas junto con la información de la comunidad, como se muestra en la figura 13 se tomarán los puntos denominados Escuela Boschoque, Zona 4, Zona 9 y Cartodromo para realizar pruebas de acceso a internet.

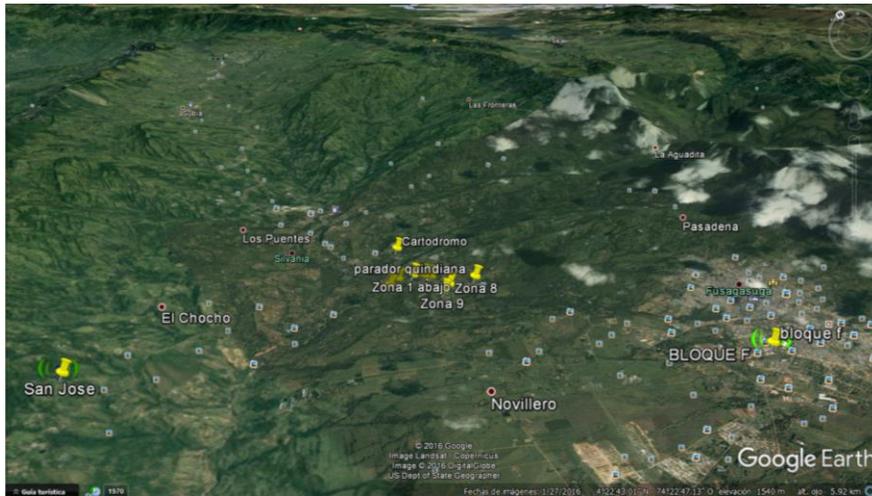


FIGURA 14 PUNTOS DE INTERÉS PARA INSTALACIÓN DE NODOS

En la figura 14 se muestra los puntos de mayor interés ya que dichos puntos comprenden la vereda y la ubicación de sus habitantes. Además, el punto llamado San José es una finca ubicada en la vereda San José del Chocho, vía Tibacuy, aprovechando la línea de vista que tiene este lugar con todos los posibles nodos a utilizar, la propietaria permitió la instalación de la antena.

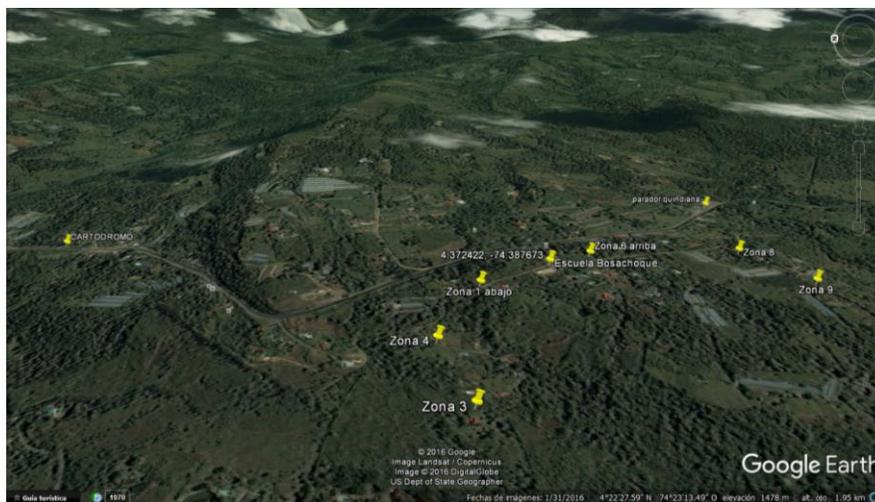


FIGURA 15 VISTA GENERAL DE LA VEREDA BOSCHOQUE

En la figura 15 se puede observar de forma más general el entorno de la vereda Bosachoque, los puntos amarillos son las coordenadas tomadas en visitas previas, considerando donde hay mayor concentración de población. Además, de proporcionar una idea más clara de cómo está la vereda geográficamente.



FIGURA 16 MAPA DE LA VEREDA BOSACHOQUE, OBTENIDO DE LA OFICINA DE PLANEACIÓN

En la figura 16 se muestra el mapa de la vereda Bosachoque el cual se encuentra dividido por varios sectores: Bosachoque Alto, Bosachoque Bajo, Bosachoque Centro. Este mapa fue proporcionado por la oficina de planeación de la alcaldía municipal. La vereda comprende de una población de más de 1000 habitantes, los cuales la gran mayoría no cuenta con servicio de internet, debido al estado de algunos sectores ya que el terreno no es uniforme y la mayor parte está conformado por laderas, por esta razón las empresas prestadoras de servicios de comunicaciones no han mostrado interés por instalar equipos para esta población.

7.1. Simulación de los radioenlaces

Para poder iniciar la simulación era necesario conocer la ubicación de los puntos comprendidos en la red de la Vereda Bosachoque, para esto se muestra en la tabla 3 se observa los nodos de estudio, sabiendo que el Bloque F y San José son los nodos punto a punto principales.

TABLA 3 NODOS PARA ESTUDIO DE LOS RADIOENLACES

Nodo	Coordenadas	Azimuth	Elevación (m)
Bloque F	4.335222, -74.36956	302.3°	1752
San José	4.372452, -74.429544	122.33°	1555
Escuela Bosachoque	4.372422,-74.387673	270.04°	1484.4
Zona 4 * vía Silvania	4.373758, -74.391906	267.19°	1426
Zona 9 * vía Fusagasugá	4.367681, -74.388054	276.58°	1455
Cartódromo	4.383083, -74.384957	256.55°	1428.1

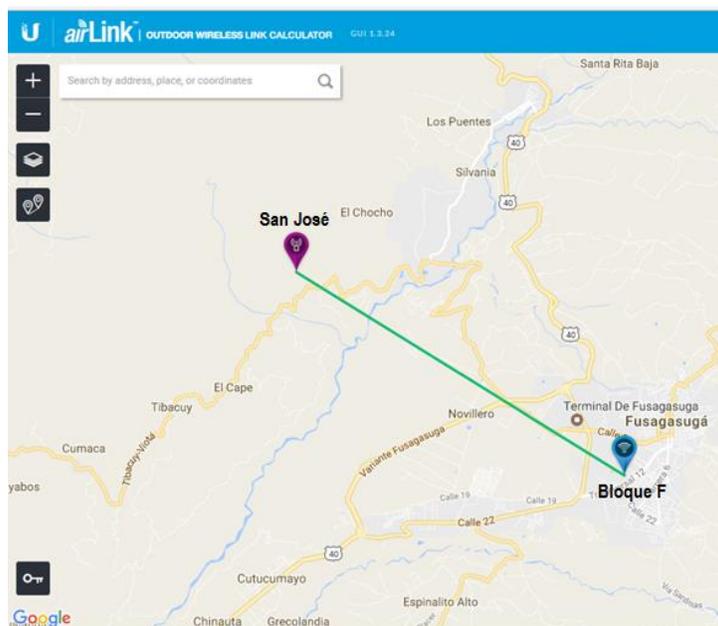


FIGURA 17 ENLACE PUNTO A PUNTO BLOQUE F- SAN JOSÉ POR MEDIO DE AIRLINK

AirLINK es una herramienta que ayuda a realizar los cálculos de los radioenlaces entre equipos Ubiquiti, lo cual permite observar el comportamiento y la intensidad de señal que se encuentra entre ellos, esta herramienta es totalmente online y es aplicable solo para dichos productos.

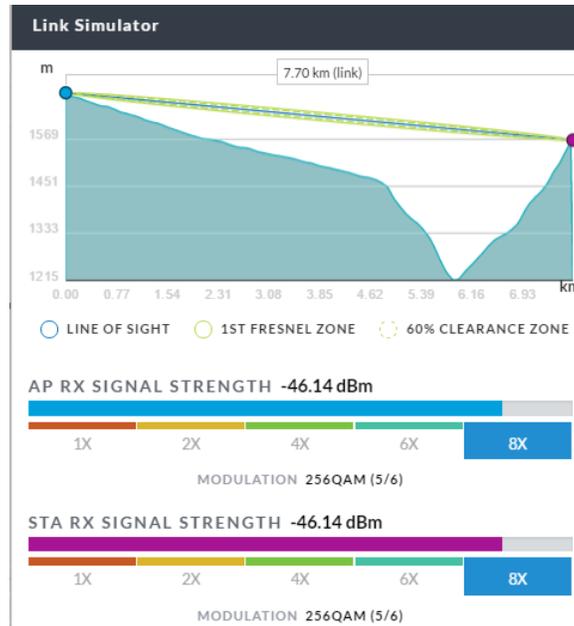


FIGURA 18 SIMULADOR DE ENLACE ENTRE BLOQUE F Y SAN JOSÉ

La configuración básica corresponde a un enlace punto a punto, la cual se trabaja a una frecuencia de 5.7GHz haciendo uso de antenas RocketAC y Rocket Dish M5, en la sección de Anexos se dan las especificaciones técnicas de los equipos utilizados. Se decidió trabajar en la banda de frecuencia libre de 5.7GHz debido a que la banda de frecuencia de 2.4GHz es un poco más utilizada en el caso de redes libres, por lo cual trabajar con la banda de 5.7GHz podría mejorar y garantizar la comunicación sin tener interferencias o ruido.

Inicialmente se trabajó con un enlace PtP desde el Bloque F de la Universidad de Cundinamarca hasta San José teniendo una distancia aproximada de 7.7Km. Además, se realizó la simulación del radio enlace usando Radio Mobile, proporcionando una mejor visualización de cómo se establecerían dichos enlaces.

A continuación, en la figura 19 y 20 se muestra la simulación:

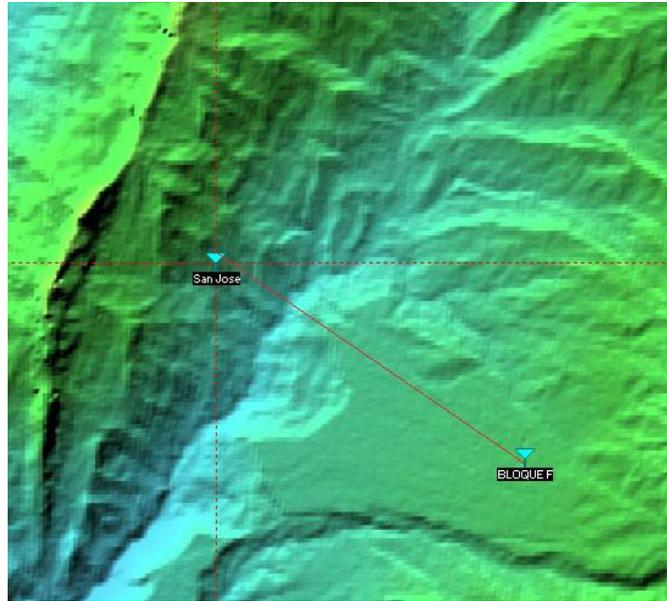


FIGURA 19 SIMULACIÓN ENTRE BLOQUE F Y SAN JOSÉ DEL CHOCHO

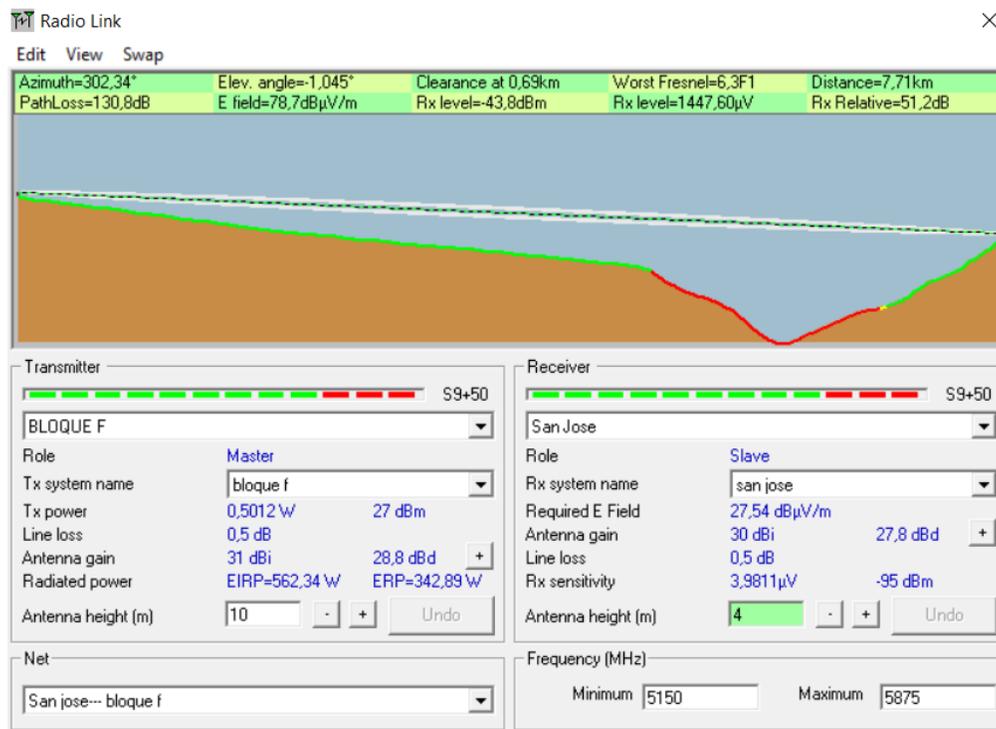


FIGURA 20 PUNTO A PUNTO DESDE EL BLOQUE F A SAN JOSÉ CON RADIO MOBILE

Como se puede observar en la figura 20 se muestra la viabilidad del enlace punto a punto de estos 2 nodos, se destacan los siguientes datos:

TABLA 4 DATOS DE ENLACE PUNTO A PUNTO EN RADIO MOBILE DEL BLOQUE F

Angulo de Azimuth	302.34°
Angulo de Elevación	1.045°
Zona de Fresnel	6.3F1
Distancia	7.71 Km
Potencia de Transmisión	0.5W
Perdida de línea	0.5dB
Potencia radiada	562.3W o 57.4 dBm
Ganancia de la antena	31dBi

8. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

Esta vereda está ubicada en la Vía Silvania a solo 15 minutos de la ciudad de Fusagasugá, caracterizada por tener un relieve muy variado, incluyendo planicies, desfiladeros, etc. Para prestar el servicio de comunicaciones convergentes en la vereda se tiene en cuenta la distancia entre los distintos lugares a prestar el servicio (Puntos de Acceso y Estaciones).

Los sistemas de comunicaciones pueden ubicarse en las coordenadas propuestas para realizar las pruebas, ya que cuentan con un sistema fotovoltaico el cual les garantiza la alimentación de energía necesaria para su funcionamiento. Además, para en el caso de la red inalámbrica el despliegue es también más rápido y más económico que para las infraestructuras cableadas, ofreciendo una solución especialmente adecuada en áreas rurales.

El punto a punto se realizó con ROCKETac PtP y RocketDish M5, separadas a una distancia de 7.7km, el punto de acceso se encuentra ubicado en la terraza del Bloque F y la estación se encuentra en la vereda San José, además se encuentra conectada a un switch y de aquí va conectado al arreglo sectorial configurado como punto de acceso ya que este es el que compartió los datos enviados desde el Bloque F. Se observa en la figura 21 el diseño inicial de lo que fue la prueba en los puntos determinados para analizar el enlace y posible acceso a internet.

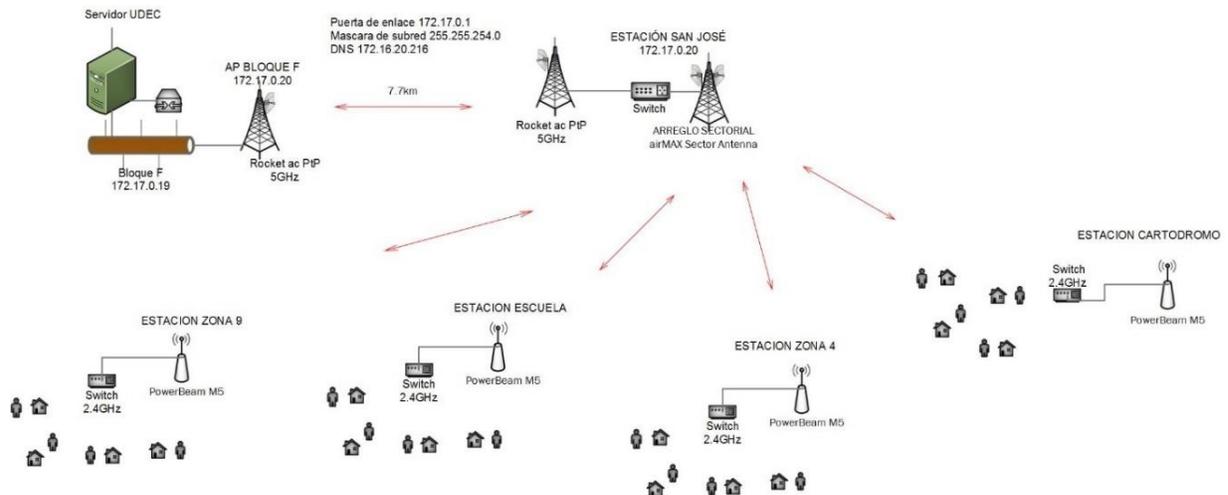


FIGURA 21 DISEÑO INICIAL DE LOS RADIOENLACES

8.1. Configuración lógica

Se escoge la configuración punto a punto y punto a multipunto, con antenas apropiadas y existiendo una buena línea visual, se pueden hacer enlaces punto a punto confiable como se ve en la figura 21. Y una vez hecha una conexión punto a punto, se pueden añadir otras para extender la red aún más. [34]

8.2. Diseño de los radioenlaces

Al tener ya especifica la tecnología y topología a utilizar se procedió a realizar el diseño del radioenlace. Para esto se tomaron los datos obtenidos en la recolección y georreferenciación de los puntos establecidos para lograr una conexión a Internet, para ello se trabajó el software Radio Mobile para analizar los enlaces y determinar su viabilidad. Se escogieron los equipos Ubiquiti ya que la tecnología de radios airMAX permite construir redes punto a punto (PtP) y redes punto multipunto (PtMP). Esta tecnología permite velocidades reales de TCP/IP para exteriores de más de 150 Mbps y consiste en un diseño de vanguardia de hardware de radio, antenas MIMO de estación base de clase portadora y un potente protocolo TDMA que ofrece velocidad y estabilidad de red sobre distancias de enlaces de varios kilómetros. Lo más importante es que la solución AirMax brinda una relación rendimiento-precio que redefinirá la economía de las implementaciones de redes inalámbricas de banda ancha para exteriores en todo el mundo. [35]

Inicialmente se creía que directamente se podría colocar la antena receptora en la vereda Bosachoque, pero debido a que el terreno no es uniforme y además esta

población se encuentra ubicada detrás de pequeñas montañas lo cual dificultaba la conexión directa con la vereda. En la figura 22 se muestra un pequeño ejemplo para dar a entender la dificultad de enlace directo desde el bloque F como punto de acceso principal y los nodos estudiados en Bosachoque, en este caso ejemplo la Escuela siendo un punto importante para la posible instalación de un nodo, además teniendo en cuenta que este punto como estación es el mejor en cuanto a opción de enlace ya que los otros puntos serían imposibles por la pésima recepción con los mismos.

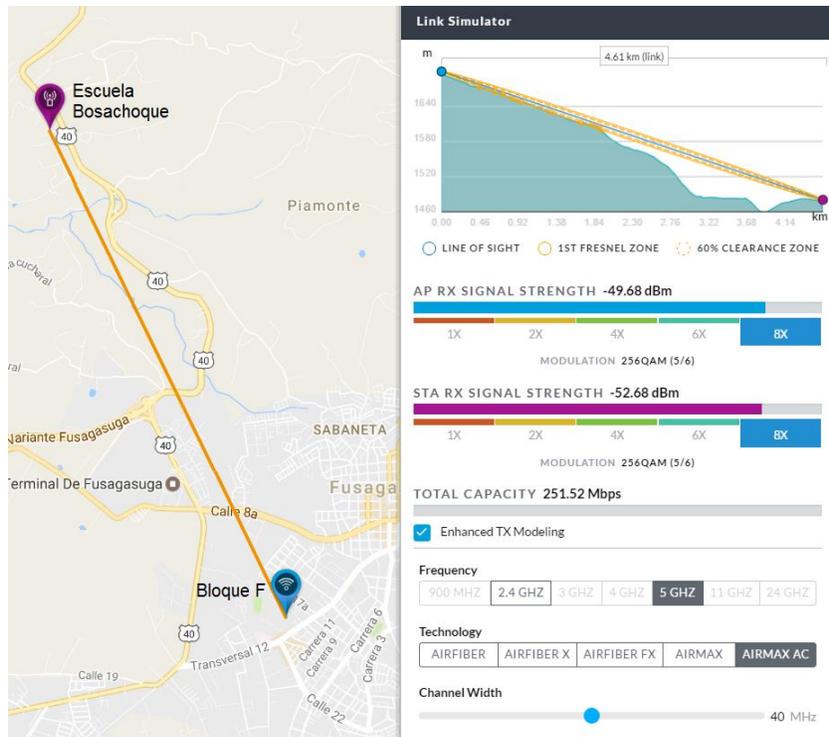


FIGURA 22 EJEMPLO DE CONEXIÓN DESDE EL F A BOSACHOQUE

Por esta razón, se decidió instalar el punto de estación principal en la vereda San José, aprovechando la vista que se tiene con este punto y además que la dueña del predio permitió la instalación de los equipos, pero instalando el sistema en San José se generaba otro inconveniente, debido a que el lugar es una zona rural es muy común que falle la energía eléctrica esto tomado de la información que suministro los habitantes de la zona en San José, por esta razón fue necesario implementar el uso de un sistema fotovoltaico como se observa en la figura 23, el cual brindara autonomía y seguridad de funcionamiento al punto ya que este funciona 24/7.



FIGURA 23 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EN SAN JOSÉ

A continuación, se mostrará dos enlaces a modo de ejemplo para observar las variaciones encontradas utilizando airLINK y Radio Mobile, teniendo en cuenta que airLINK es una herramienta de simulación de radioenlaces especialmente diseñado para equipos Ubiquiti, puesto que estos son los equipos que se utilizarán en el transcurso del proyecto.

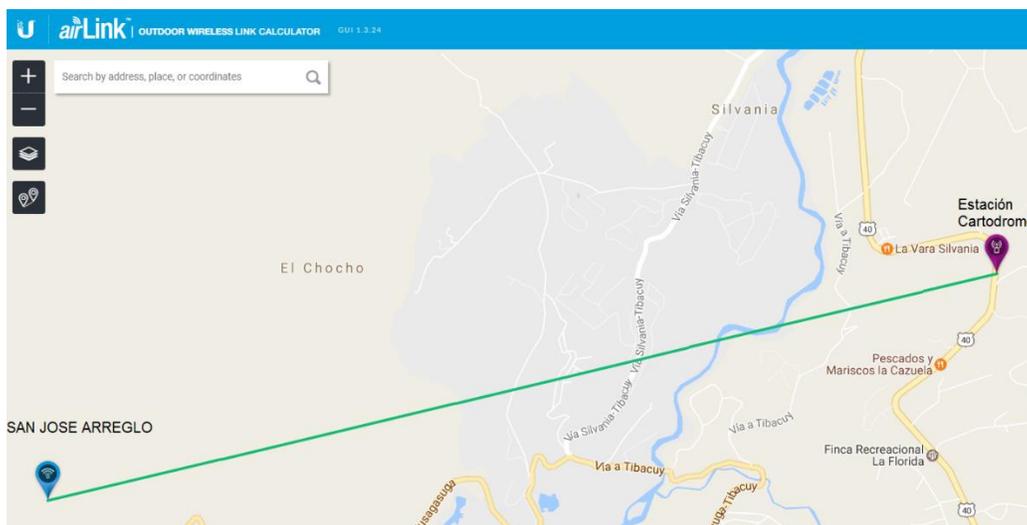


FIGURA 24 ENLACE PUNTO DE ACCESO A ESTACIÓN CARTODROMO CON AIRLINK

El arreglo sectorial ubicado en San José se denominó San José arreglo el cual está configurado como punto de acceso, el nodo estación Cartodromo es conectado con una antena PowerBeam M5. A continuación, se muestra la calidad del enlace simulado también con airLINK

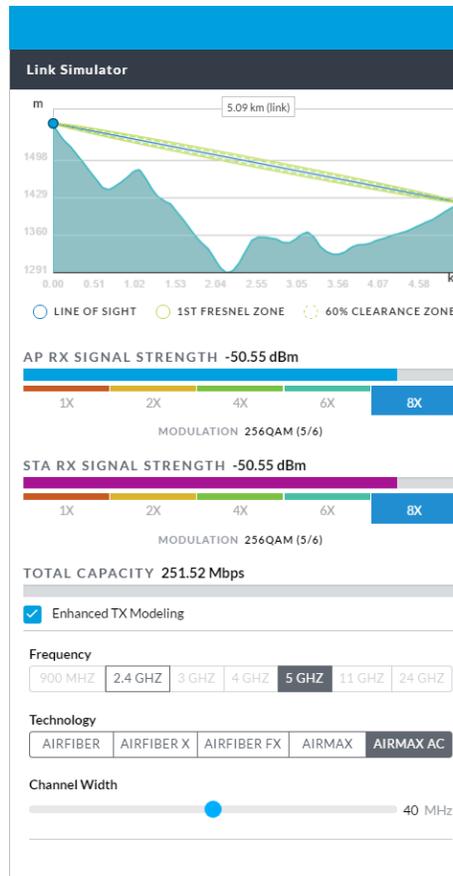


FIGURA 25 CALIDAD DEL ENLACE PUNTO A MULTIPUNTO CARTODROMO

Con una distancia de 5km el enlace simulado es aceptable, debido a la intensidad de señal estable tanto en la recepción de la estación como en el punto de acceso teniendo un nivel de -50.55 dBm, una modulación 256QAM y una capacidad de 251.52 Mbps, posiblemente en la parte real se vean algunas diferencias, debido a la variación del terreno, altura o posibles obstáculos.

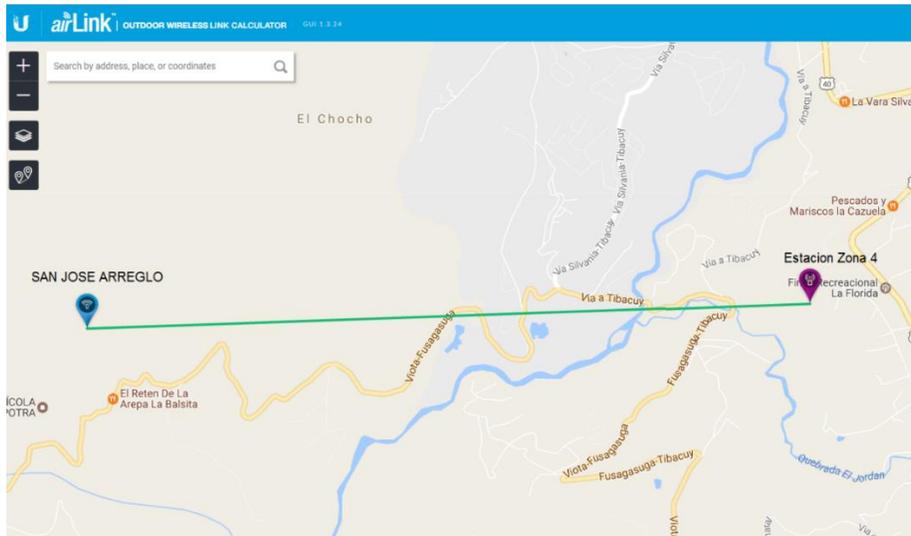


FIGURA 26 ENLACE SAN JOSÉ ARREGLO A ESTACIÓN ZONA 4

En la figura 26, se manejó la antena PowerBeam M5 para establecer su funcionamiento como estación, conectándose al arreglo sectorial en San José.

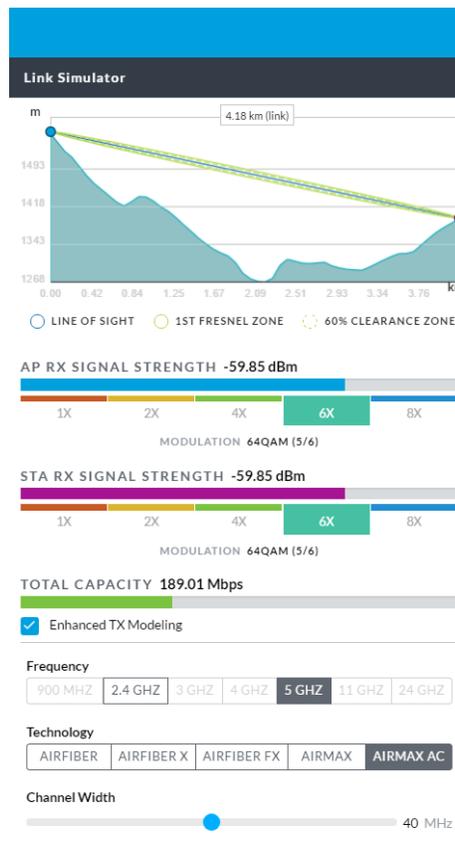


FIGURA 27 CALIDAD DE ENLACE PUNTO A MULTIPUNTO ZONA 4

La distancia de este radioenlace es un poco más corta, con 4.1km la intensidad de señal es un poco más alto que el anterior siendo de -59.85dBm posiblemente sea una cuestión de variación de ganancia en las antenas, el nivel de modulación fue de solo 64QAM y la capacidad 189Mbps. Normalmente estas variaciones se pueden mejorar variando la ganancia de la antena, ya que los distribuidores de los equipos Ubiquiti recomiendan no colocar la máxima ganancia en cada antena, para no generar una interferencia o pérdida de datos.

8.3. Radio Mobile

El software de simulación Radio Mobile porque es un excelente programa creado en 1998 y mantenido desde entonces por el ingeniero y radioaficionado canadiense **Roger Coudé (VE2DBE)**, que utiliza datos digitales de elevación del terreno para generar un perfil del trayecto entre un emisor y un receptor. Estos datos, junto a otros relativos al entorno y a las características técnicas de los transceptores, sirven para alimentar un modelo de propagación de las ondas de radio conocido como "*Irregular Terrain Model*", basado en el algoritmo de Longley-Rice e integrado en el propio programa, que permite determinar el área de cobertura de un sistema de radiocomunicaciones que trabaje en una frecuencia comprendida entre los 20 MHz y los 20 GHz [36]

Se escoge este software ya que tiene un entorno grafico amigable con el usuario, su fácil uso y aproximada fidelidad que presentan los resultados que arroja. Para realizar el radio enlace, se pueden ingresar las características y/o especificaciones técnicas principales de los equipos que se van a trabajar, como lo son: ganancia de las antenas, potencia, polarización, frecuencias mínima y máxima entre otros.

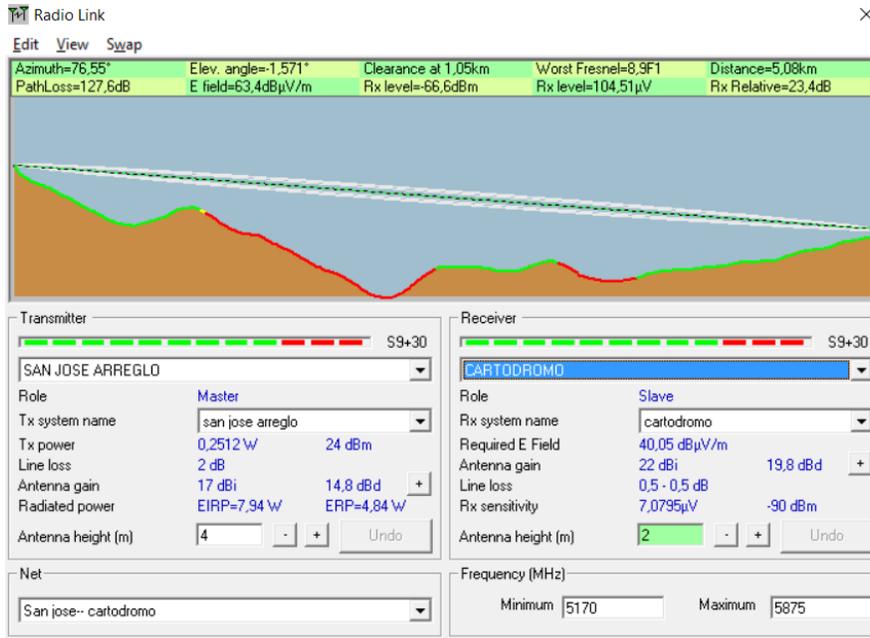


FIGURA 28 ENLACE SAN JOSÉ ARREGLO A ESTACIÓN CARTODROMO CON RADIO MOBILE

Los niveles de señal de recepción fueron de -66.6 dBm, potencia radiada 7.94W o 38.9dBm y ganancia de antena receptora 22dBi, mientras que la antena transmisora tuvo una ganancia de 17 dBi, teniendo en cuenta que la ganancia promedio del arreglo sectorial AirMAX es de 18.6 - 19.1 dBi.

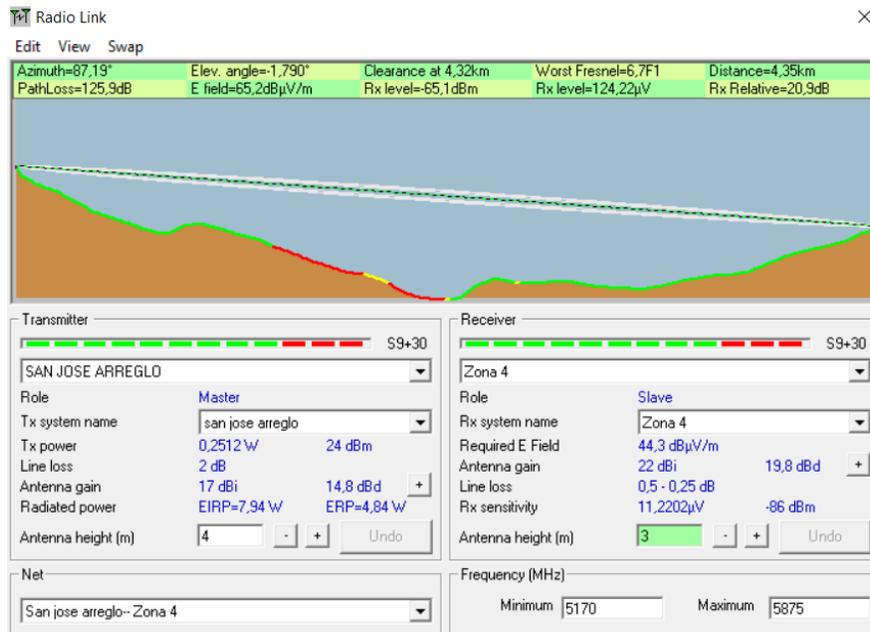


FIGURA 29 ENLACE SAN JOSÉ ARREGLO A ESTACIÓN ZONA 4 CON RADIO MOBILE

El nivel de señal de recepción es de -65.1dBm , potencia radiada 7.94W o 38.9dBm y ganancia de antena receptora 22dBi , esto teniendo en cuenta que en la zona 4 se está utilizando la misma antena PowerBeam M5 que se usó para el ejemplo de Cartodromo, lo único variable es la intensidad de la señal probablemente por la ubicación de la estación, ya que geográficamente este punto está mucho más abajo de la escuela la cual es nuestro punto central.

9. CHARLAS INFORMATIVAS HACIA LA COMUNIDAD

Uno de los puntos más importantes en este proyecto es poder dar a conocer a la comunidad la labor que se está desempeñando para poder mejorar su estilo de vida y generar nuevas oportunidades no solo para los adultos, sino también para los niños y jóvenes que viven en la zona.

Se han realizado charlas informativas dirigidas a la comunidad con el fin de que entiendan y se involucren en el proyecto, la comunidad se encuentra muy interesada en cada uno de los procesos que se llevan a cabo. Teniendo en cuenta que la vereda de Bosachoque es extensa, hay muchas familias ubicadas en diferentes sectores, lo que generaría un gran análisis para determinar la instalación de los radioenlaces principalmente la ubicación del nodo observando los puntos con mayor concentración de población.



FIGURA 30 REUNIONES INFORMATIVAS DIRIGIDAS A LA COMUNIDAD

10. PRUEBAS Y RESULTADOS

Una de las pruebas iniciales realizadas fue el enlace punto a punto entre el Bloque F y San José, esta prueba inicial se llevó a cabo sin tener acceso a internet solo con la finalidad de poder determinar si el punto a punto sería posible y analizar la viabilidad del mismo.

10.1. Enlace punto a punto sin internet del bloque f a san José

Usando dos ROCKETac de 5GHz enlazándose a una distancia de 7.7Km como se mencionó anteriormente, lo que se muestra a continuación es el ping realizado entre los dos puntos.

TABLA 5 ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP

Dirección IP	Lugar
192.168.0.20	Bloque F (Access Point)
192.168.0.3	Computador en Bloque F
192.168.0.21	San José (Estación)
192.168.0.100	Computador en San José

10.1.1. Pruebas desde el F

Principalmente se trabaja con equipos de Ubiquiti y dicha prueba se realiza con una frecuencia de 5765 (5735- 5815) MHz con un ancho de canal de 80MHz, esto es una prueba para analizar y garantizar el enlace entre ambos puntos.



FIGURA 31 NODO INSTALADO EN EL BLOQUE F

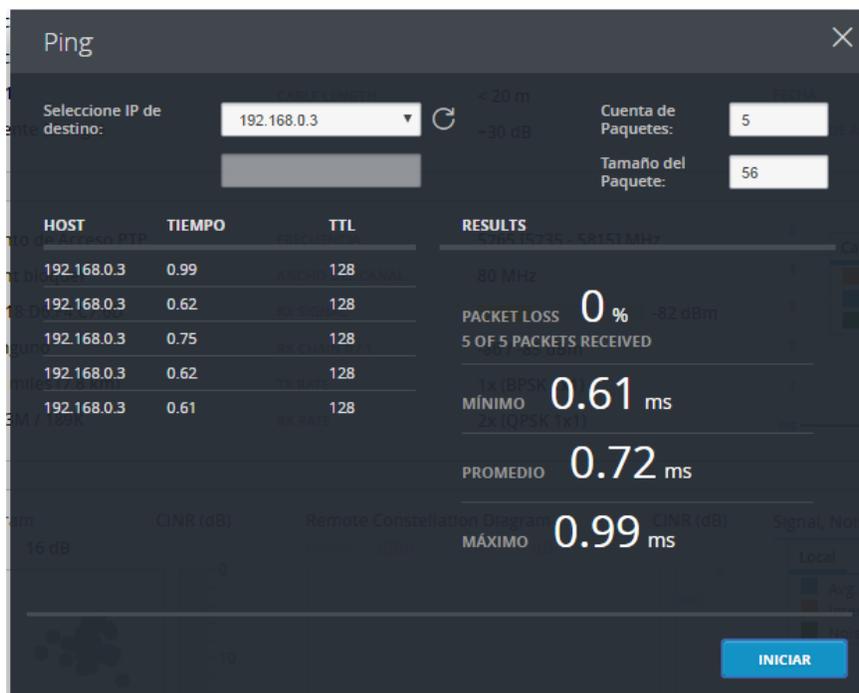


FIGURA 32 PING DESDE EL COMPUTADOR A LA ANTENA DEL F

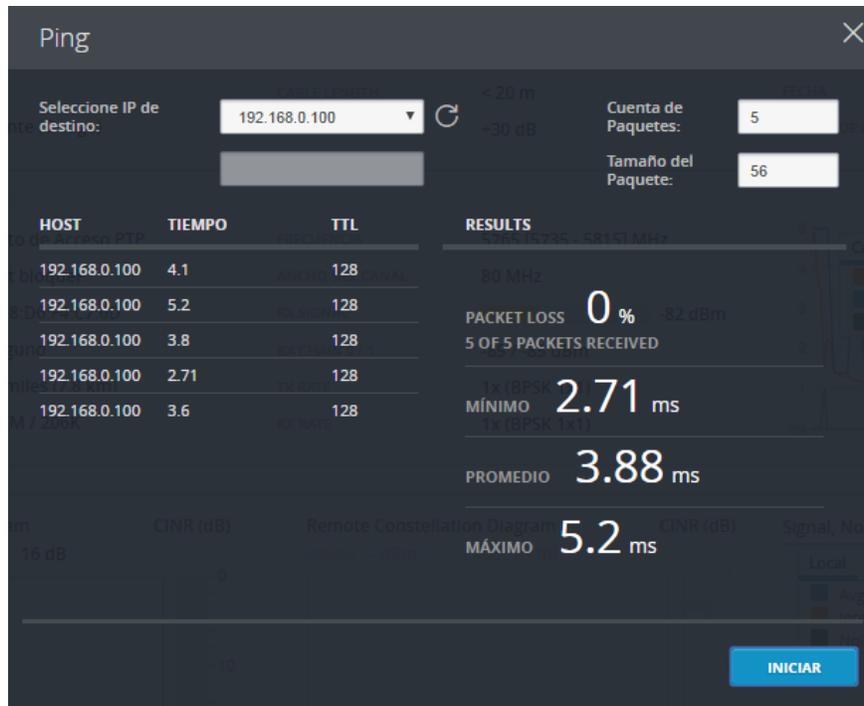


FIGURA 33 PING DEL BOQUE F AL COMPUTADOR DE SAN JOSÉ

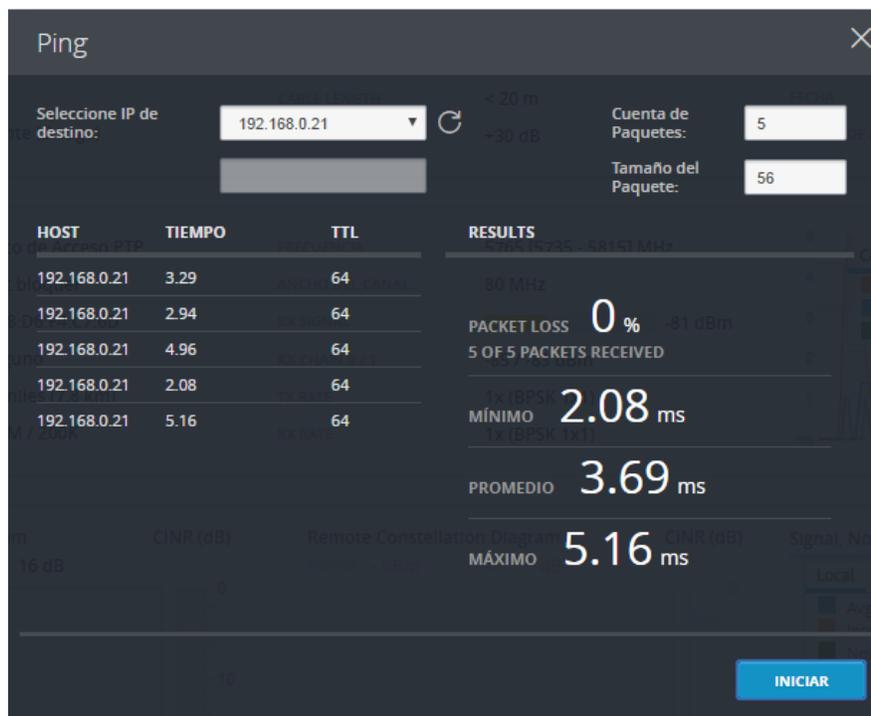


FIGURA 34 PING DEL BLOQUE F A SAN JOSÉ

```

C:\Users\Brian>ping 192.168.0.21

Haciendo ping a 192.168.0.21 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.21: bytes=32 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.21: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.21: bytes=32 tiempo=4ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.21: bytes=32 tiempo=6ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.21:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1ms, Máximo = 6ms, Media = 4ms
  
```

FIGURA 35 PING CMD DESDE EL BLOQUE F HASTA SAN JOSÉ

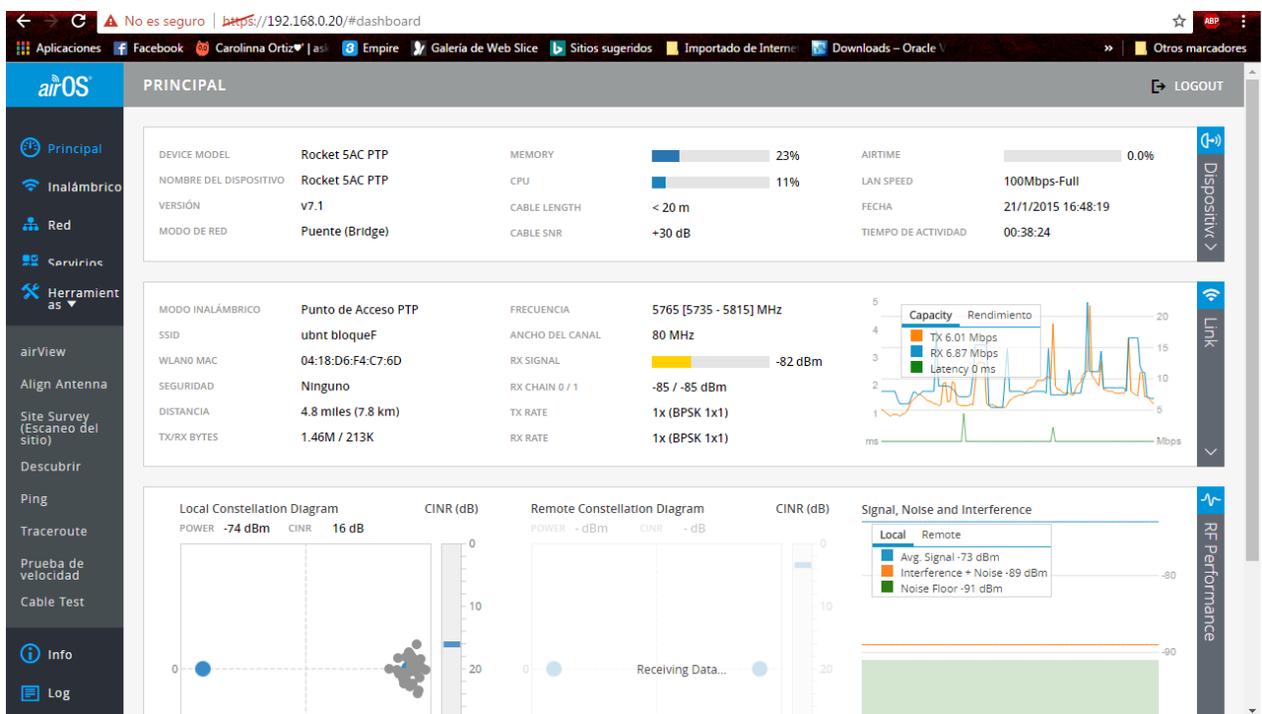


FIGURA 36 VENTANA PRINCIPAL DE CONFIGURACIÓN DE AIROS

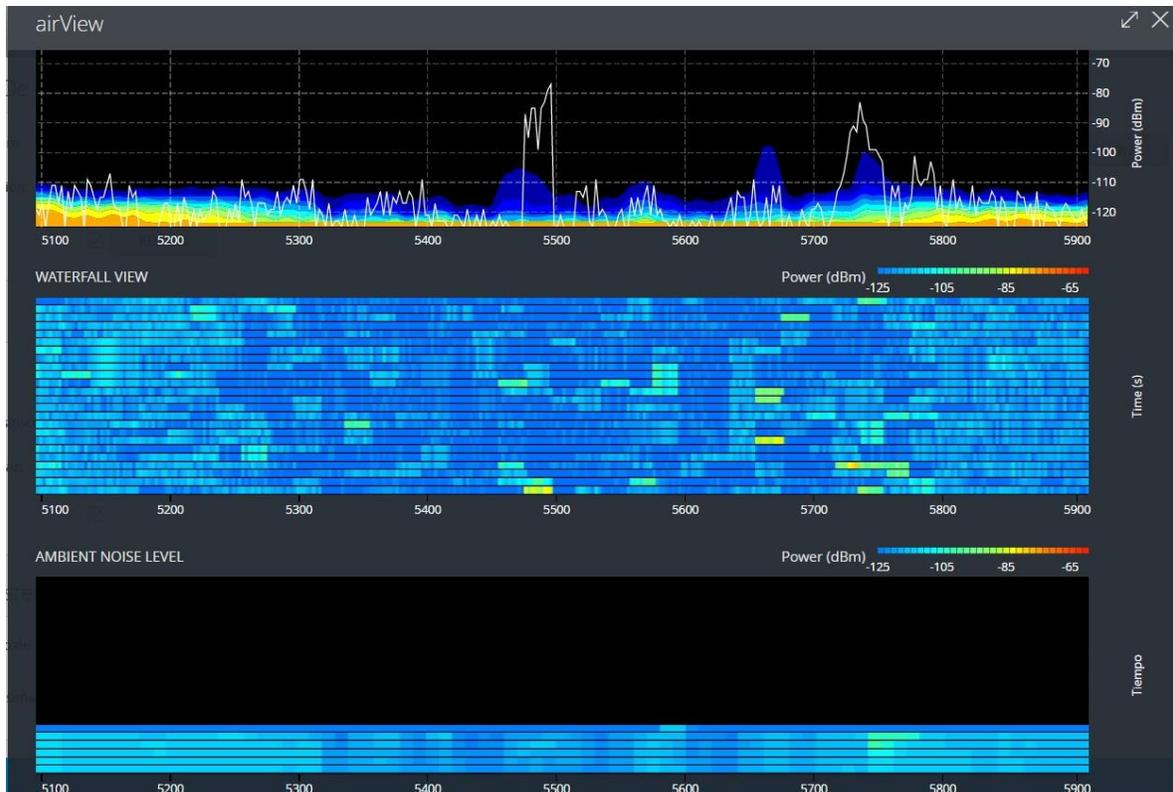


FIGURA 37 ANALIZADOR DE ESPECTRO UBICADO EN EL BLOQUE F

En este punto las antenas no se encontraban optimizadas, lo único que se pretendía hasta aquí era la posible conexión del enlace punto a punto, además la variación del ping por medio de ambas plataformas era menor o igual a un milisegundo, lo cual evidenciaba la conexión del punto a punto sin mayor problema.

Para usar Airview se debe cumplir un requisito previo el cual es tener instalado Java, dado que el aplicativo usa Java, esta herramienta permite conocer cuáles son las frecuencias más saturadas y menos saturadas. Y la forma de saber cuál está más o menos saturada es por el color, siendo el rojo el cual indica que esas frecuencias tienen mayor uso mientras que el color azul es la frecuencia con menos saturación.

10.1.2. Pruebas desde San José



FIGURA 38 SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO EN SAN JOSÉ

Para proteger los equipos del clima, se utilizó un plástico de invernadero además de cajas metálicas para cuidar el inversor y el regulador ya que son equipos que requieren de mucho cuidado y sobre todo no exponerlos a cambios de temperatura fuertes.

```
C:\Users\FUSA49815>PING 192.168.1.20

Haciendo ping a 192.168.1.20 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.20: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.20: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.20: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.20: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.20:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms
```

FIGURA 39 PING DESDE SAN JOSÉ AL BLOQUE F

El ping realizado desde San José hasta el bloque F era bastante bueno, a comparación del que se realizó desde el bloque F hacia la estación, debido que tuvo un máximo de 6ms, mínimo 1ms y media 4ms.



FIGURA 40 SITE SURVEY EVIDENCIANDO RECONOCIMIENTO DEL DISPOSITIVO

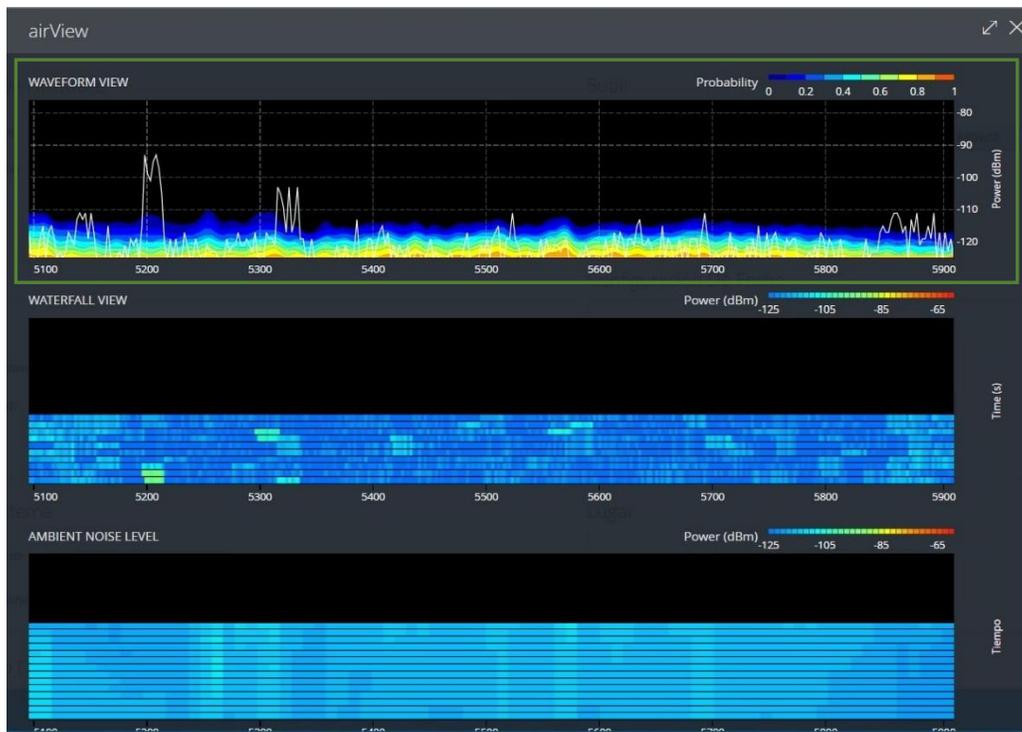


FIGURA 41 AIRVIEW ANALIZADOR DE ESPECTRO UBICADO EN SAN JOSÉ

De las pruebas anteriormente realizadas, se comprobó el correcto funcionamiento del enlace entre el Bloque F y San José adicional a eso se logró obtener el análisis del espectro en cada uno de los puntos proporcionando así información que determine el mejor canal para poder transmitir y así garantizar el trabajo adecuado

de cada antena, esto debido a que en ambos puntos se pudo observar que la banda de frecuencia 5.7Ghz se encuentra disponible esto se determina por el primer cuadro en donde se muestra la potencia en dBm, además de definirlo debido a la lista de frecuencias que muestra la antena Rocketac dando ciertas limitaciones para poder escoger bandas de frecuencias menores a 5.7GHz

10.2. Enlace punto a punto con internet desde el Bloque F hasta San José

Por medio de la Dirección de sistemas y tecnología de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá se habilitó un punto de internet provisional para realizar las pruebas necesarias para la ejecución de este proyecto, este punto se encuentra ubicado en la terraza del Bloque F con la dirección IP fija 172.17.0.19.

Primero se realizó la asignación de las direcciones IP a cada nodo junto con su máscara de red y DNS.

TABLA 6 ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP PRUEBA CON INTERNET

Punto	Dirección IP	Mascara de subred	Dirección DNS	Puerta de enlace
Bloque F AP	172.17.0.20	255.255.254.0	172.16.20.216	172.17.0.1
Computador F	172.17.0.100	255.255.254.0	172.16.20.216	172.17.0.1
San José Estación	172.17.0.21	255.255.254.0	172.16.20.216	172.17.0.1
Computador San José	172.17.0.87	255.255.254.0	172.16.20.216	172.17.0.1

A continuación, se muestran las pruebas realizadas entre estos dos nodos:

10.2.1. Pruebas desde el bloque F

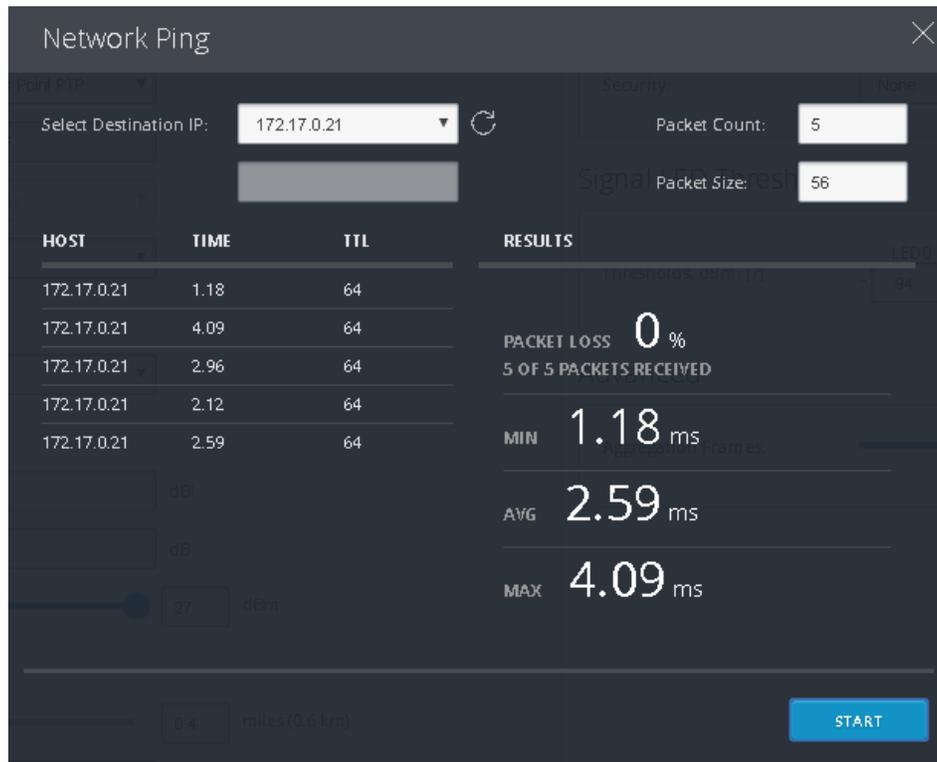


FIGURA 42 PING DESDE EL BLOQUE F HASTA SAN JOSÉ CON AIROS

```
C:\Users\Oscar-Andres>ping 172.17.0.21

Haciendo ping a 172.17.0.21 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 172.17.0.21: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.21: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.21: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.21: bytes=32 tiempo=4ms TTL=64

Estadísticas de ping para 172.17.0.21:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 4ms, Media = 2ms

C:\Users\Oscar-Andres>
```

FIGURA 43 PING CMD ENTRE EL BLOQUE F Y SAN JOSÉ

La velocidad de los paquetes en ambas plataformas fue menor a un milisegundo, observando buena recepción y respuesta aceptable a cada conexión.

```

C:\Users\Oscar-Andres>ping 172.17.0.87

Haciendo ping a 172.17.0.87 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 172.17.0.87: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 172.17.0.87: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 172.17.0.87: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 172.17.0.87: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128

Estadísticas de ping para 172.17.0.87:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 4ms, Máximo = 5ms, Media = 4ms

```

FIGURA 44 PING CMD DESDE EL BLOQUE F HASTA COMPUTADOR SAN JOSÉ

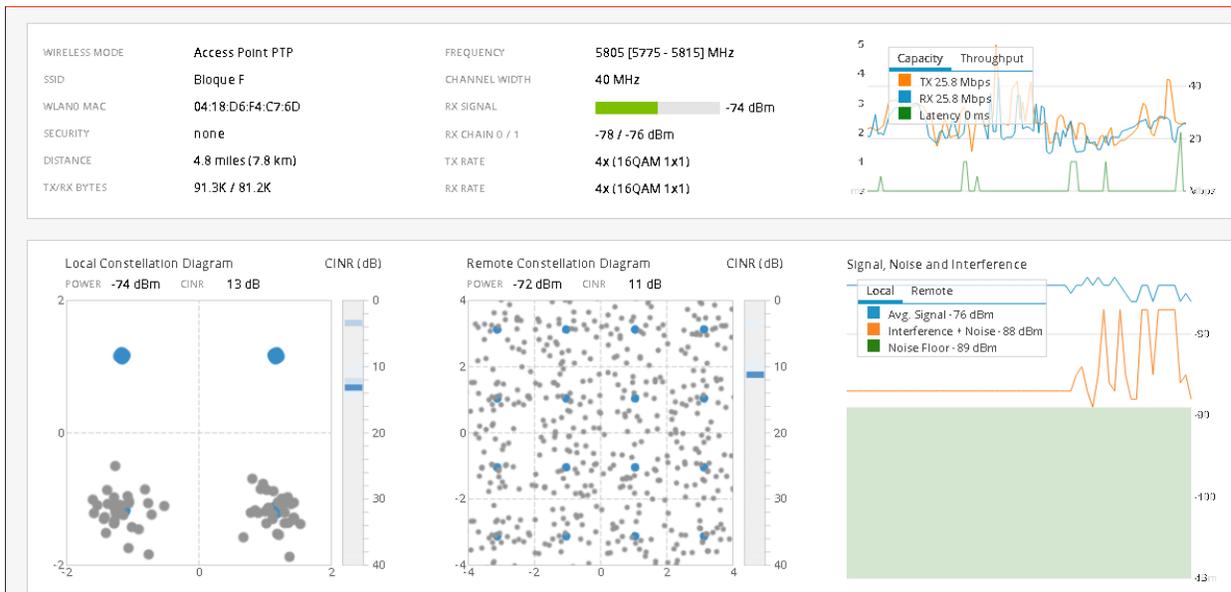


FIGURA 45 VENTANA PRINCIPAL DE CONFIGURACIÓN DE AIOSS

Se puede observar en la ilustración anterior una mejora en cuanto a la intensidad de la señal, teniendo un ancho de canal permitido de 40MHz, con una frecuencia principal de 5.7GHz, esto con respecto a la ventana principal de la figura 36 el cual se usó un ancho de canal de 80MHz y una frecuencia de 5765 MHz.



FIGURA 46 TEST DE VELOCIDAD DESDE EL BLOQUE F

Este test de velocidad se tomó directamente del punto de red suministrado por la Dirección de sistemas y tecnología, obteniendo una velocidad de descarga de 76.91 Mbps y velocidad de subida de 58.92Mbps. [37]

10.2.2. Pruebas desde San José

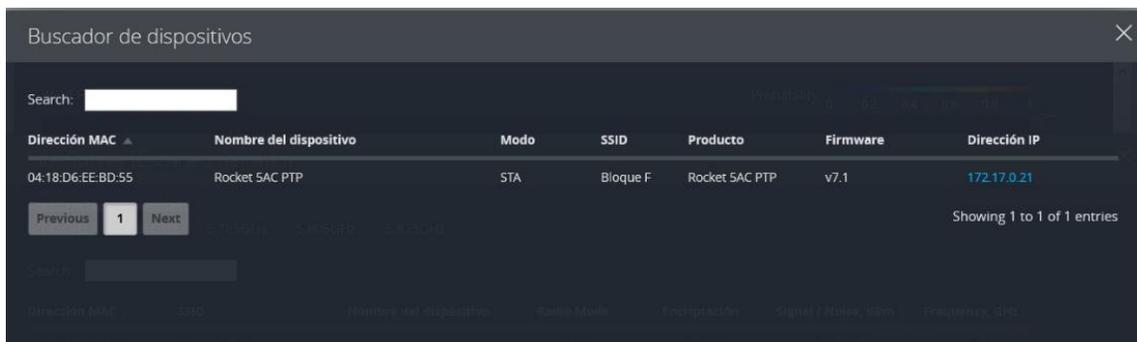


FIGURA 47 RECONOCIMIENTO DEL DISPOSITIVO DESDE SAN JOSÉ HASTA EL BLOQUE F

La red denominada Bloque F, es la red definida para el enlace punto a punto principal, como se observa en la figura 47 a través de la herramienta escaneo del sitio se logra reconocer la red, tipo de radio y la frecuencia en la que está trabajando.

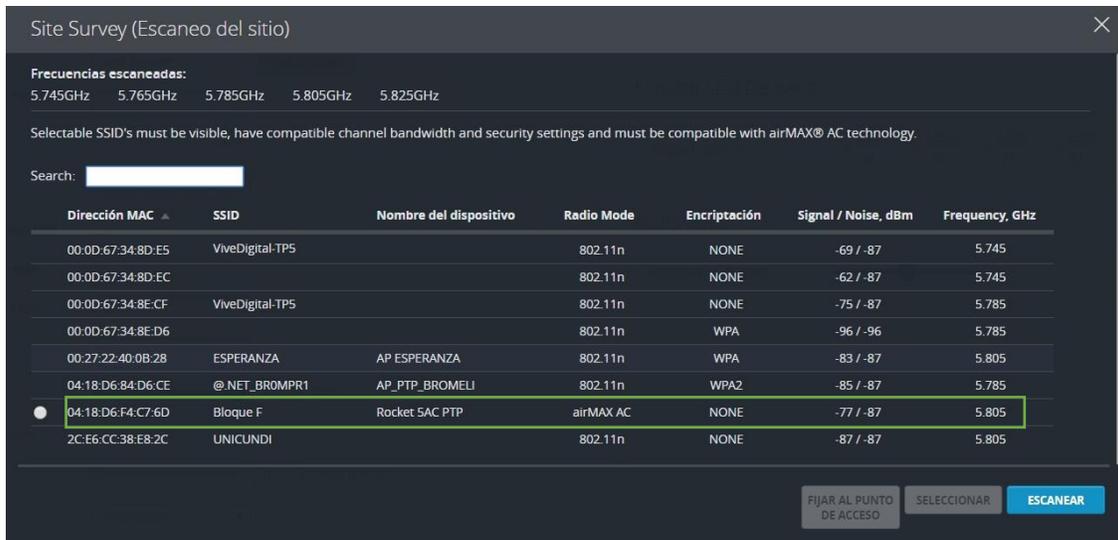


FIGURA 48 IDENTIFICACIÓN DE LA RED BLOQUE F

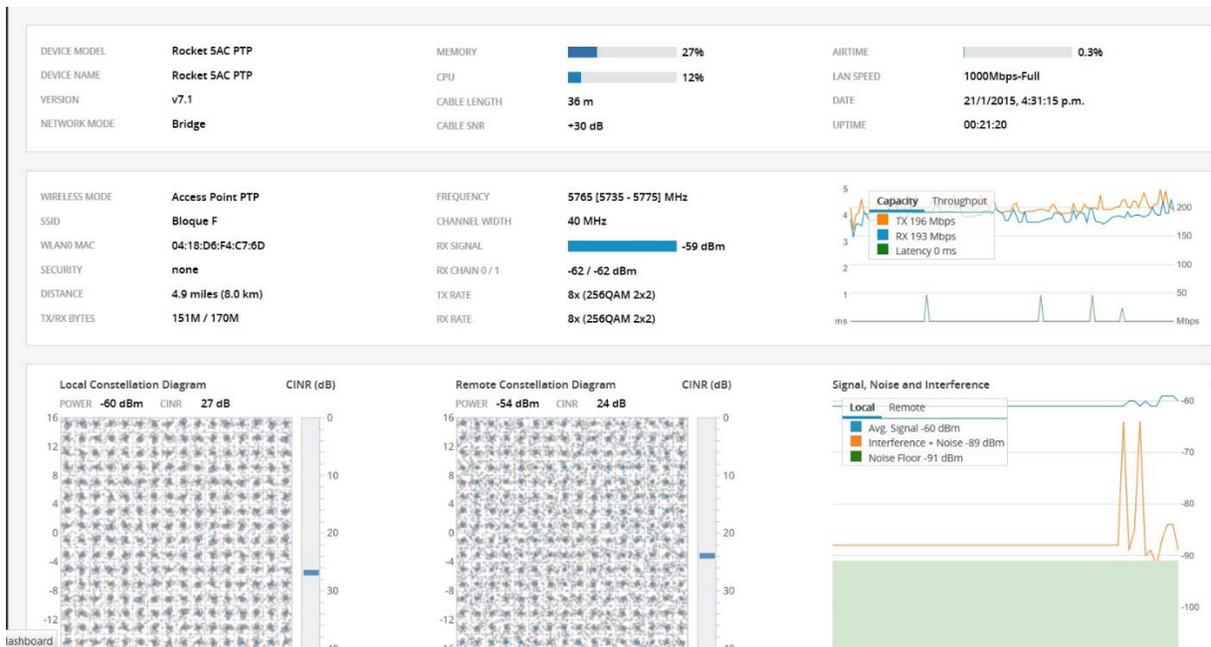


FIGURA 49 VENTANA PRINCIPAL DE CONFIGURACIÓN DE AIROS EN SAN JOSÉ

Habiendo establecido conexión a internet, como se ve en la figura 49 se inició un test de velocidad para verificar la carga y descarga del mismo, luego en la figura 50 se observó que al cargar un video de la página YouTube la velocidad baja de forma drástica, no hay una explicación específica del porque sucedió esto, quizás el alineamiento no es del todo adecuado o puede ser la variación de la ganancia.

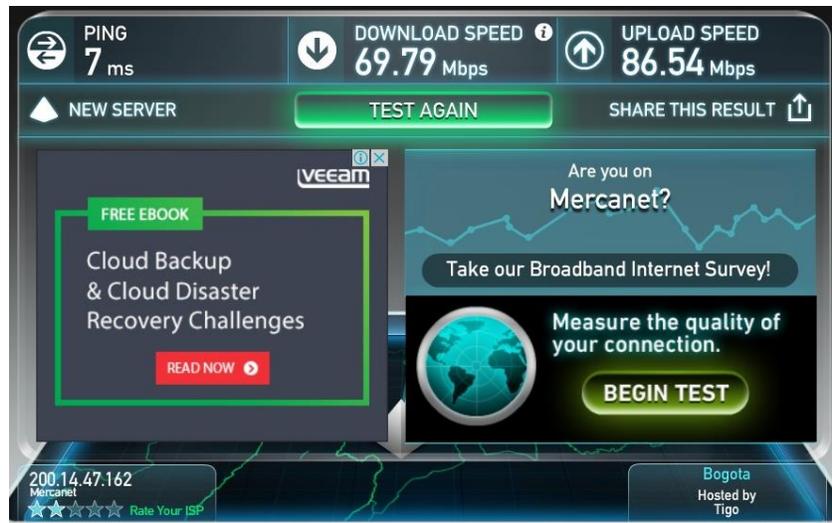


FIGURA 50 TEST DE VELOCIDAD DESDE SAN JOSÉ



FIGURA 51 TEST DE VELOCIDAD USANDO YOUTUBE

10.3. Enlace punto a multipunto

10.3.1. Enlace desde Escuela Bosachoque - San José

Para realizar este enlace punto a multipunto se utilizó antena sectorial Ref: AM-5G19-120, configurada como punto de acceso. Este arreglo se ubicó junto con el

PtP en San José el cual recibe la señal proveniente del Bloque F, desde ahí se obtiene la señal y desde el POE de la Rocketac se envía a un switch donde también se conecta el POE del arreglo sectorial para que pueda recibir internet.



FIGURA 52 PUNTO ESTACIÓN CON ARREGLO SECTORIAL SAN JOSÉ

Ya dejando instalado el equipo en San José, se realizó la prueba desde la Escuela de Bosachoque ubicando allí, una antena PowerBeam de 5GHz la cual está configurada como estación. A continuación, se muestra de forma más detallada el radioenlace:



FIGURA 53 PRUEBA DE ENLACE DE ESCUELA BOSACHOQUE A SAN JOSÉ

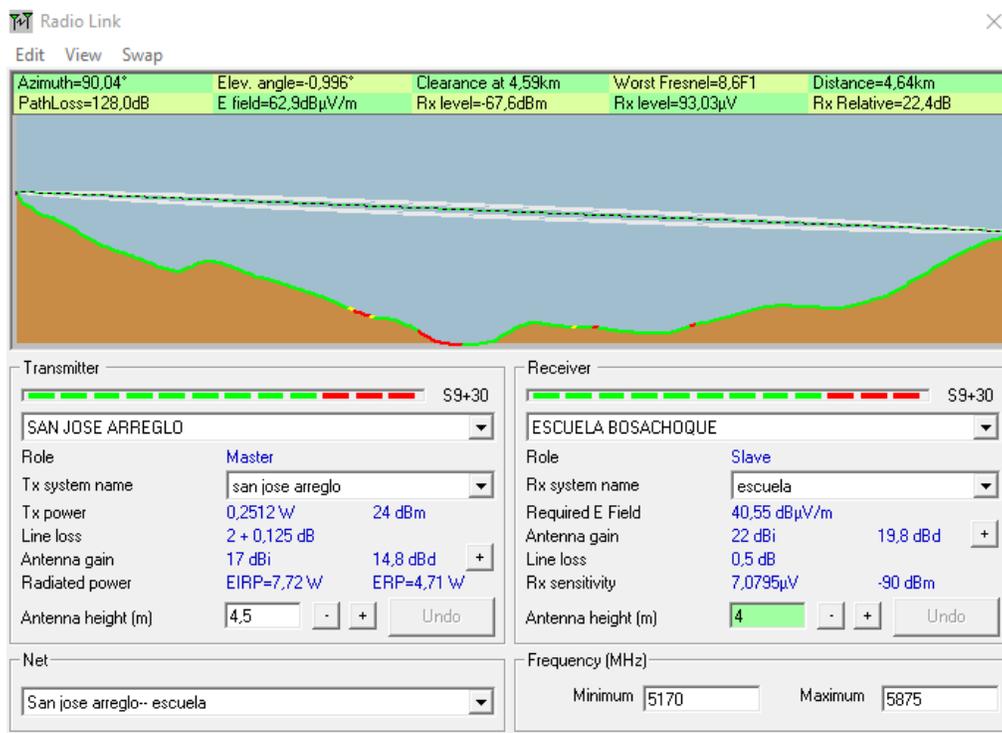


FIGURA 54 ENLACE DESDE SAN JOSÉ A ESCUELA BOSACHOQUE

TABLA 7 DATOS DE RADIOENLACE

Angulo de Azimuth	90.04°
Angulo de Elevación	0.99°
Zona de Fresnel	8.6F1
Distancia	4.64Km
Potencia de Transmisión	0.25W
Perdida de línea	0.5dB
Potencia radiada	7.72W o 38.87dBm
Ganancia de la antena	17dBi

Como se puede observar en la figura 54 no existe obstáculos que interfieran en el enlace desde San José hasta la Escuela, dando una idea más clara a cerca del comportamiento del radioenlace y el buen funcionamiento del mismo. El ping que se observa en la figura 55, se realizó desde la PowerBeam configurada como estación y conectada al arreglo sectorial configurado como Access Point.

```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 10.0.14393]
(c) 2016 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\FUSA49815>ping 172.17.0.21

Haciendo ping a 172.17.0.21 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 172.17.0.21: bytes=32 tiempo=18ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.21: bytes=32 tiempo=112ms TTL=64
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Respuesta desde 172.17.0.21: bytes=32 tiempo=104ms TTL=64

Estadísticas de ping para 172.17.0.21:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 3, perdidos = 1
    (25% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 18ms, Máximo = 112ms, Media = 78ms

C:\Users\FUSA49815>ping 172.17.0.20

Haciendo ping a 172.17.0.20 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 172.17.0.20: bytes=32 tiempo=125ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.20: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.20: bytes=32 tiempo=22ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.20: bytes=32 tiempo=249ms TTL=64

Estadísticas de ping para 172.17.0.20:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 249ms, Media = 99ms

C:\Users\FUSA49815>ping 172.17.0.25

Haciendo ping a 172.17.0.25 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 172.17.0.25: bytes=32 tiempo=8ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.25: bytes=32 tiempo=11ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.25: bytes=32 tiempo=275ms TTL=64
Respuesta desde 172.17.0.25: bytes=32 tiempo=283ms TTL=64

Estadísticas de ping para 172.17.0.25:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 8ms, Máximo = 283ms, Media = 144ms

C:\Users\FUSA49815>
```

FIGURA 55 PING CMD DESDE POWERBEAM ESTACIÓN HACIA LOS OTROS PUNTOS

Como se puede observar en la figura 55 se realizó un ping para confirmar la conexión con dichos puntos, el primero 172.17.0.21 es el nodo que se encuentra en San José como Estación, la segunda 172.17.0.20 denominado Access Point

Ubicado en el Bloque F como punto principal y por último, la dirección IP 172.17.0.25 es el arreglo sectorial configurado como Access Point y es quien va dirigido para la vereda como punto final, el ping fue realizado desde la PowerBeam (estación) la cual es una de las antenas ubicadas en Bosachoque para distribuir la señal.

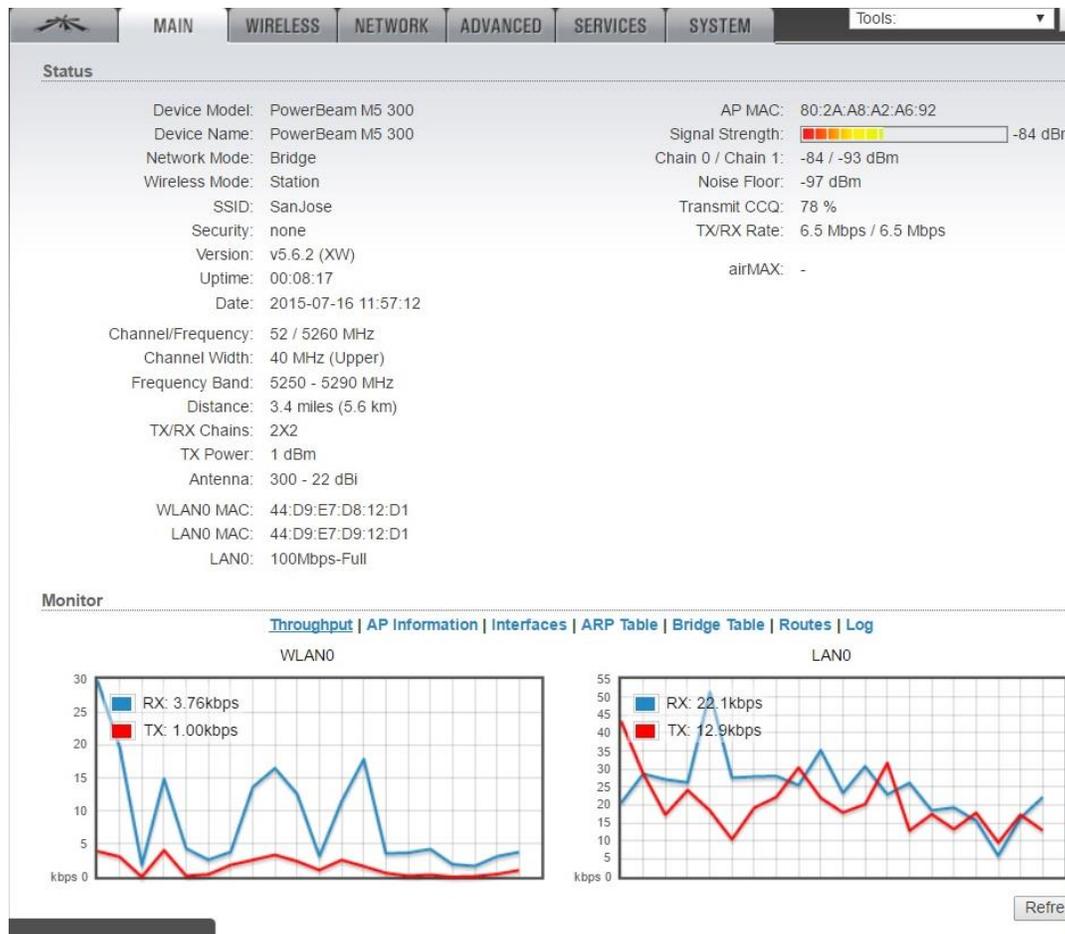


FIGURA 56 VENTANA PRINCIPAL CONFIGURACIÓN DE ANTENA POWERBEAM

La intensidad de la señal varía un poco debido a la ubicación de la antena, ya que en ese momento no había una base estable para poder ubicarla y enlazarla con el arreglo sectorial de San José se dificultaba, pero después de varios intentos se logró el reconocimiento y conexión con el nodo San José.



FIGURA 57 TEST DE VELOCIDAD DESDE LA ESCUELA BOSACHOQUE

Después de realizado el enlace, se efectuó la prueba de velocidad obteniendo 3.24Mbps de bajada y 1.86Mbps en subida como se ve en la figura 57. A pesar de la baja velocidad obtenida se decidió realizar un segundo test, pero esta vez abriendo la página YouTube y reproduciendo un video musical y así observar el comportamiento de la red. Como se puede observar en la figura 58 la velocidad disminuyo aproximadamente a la mitad, aunque aún falta mejorar ciertos detalles como la ubicación, altura apropiada para la antena y optimizar cada uno de los nodos involucrados, es posible mejorar la calidad del radioenlace.



FIGURA 58 TEST DE VELOCIDAD USANDO YOUTUBE

10.3.2. Enlace desde Cartodromo - San José



FIGURA 59 UBICACIÓN ANTENA POWERBEAM EN CARTODROMO

Para la ubicación de la antena en Cartodromo fue necesario usar un mástil cuya altura puede alcanzar los 4 metros, pero solo se utilizó aproximadamente 2 metros, obteniendo una intensidad de señal considerable.

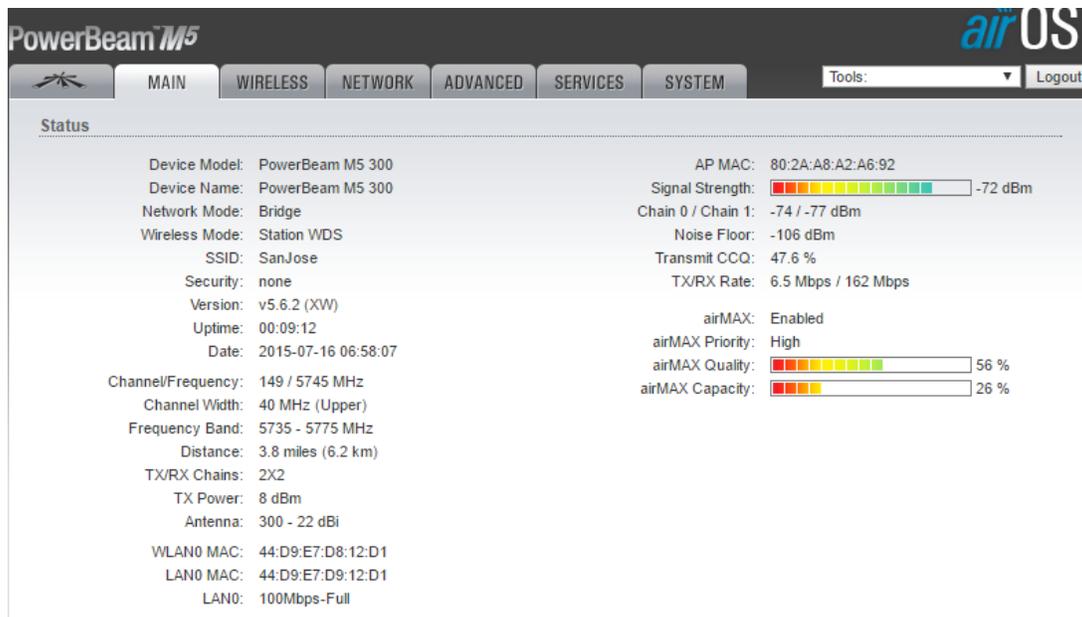


FIGURA 60 ENLACE DESDE CARTODROMO A SAN JOSÉ

En la figura 60 se puede observar la intensidad de señal está en -72 dBm, el canal de recepción está en -74/-77dBm, tasa de transmisión y recepción es baja 6.5Mbps/162Mbps, esto puede mejorar ubicando mejor la antena, es decir, instalándola en un lugar más estable y donde pueda obtener una mayor altura para lograr un buen alineamiento. Lo anterior mencionado se puede ver reflejado en la figura 61 ya que la velocidad de descarga fue de solo 3.25Mbps y carga 1.14Mbps.



FIGURA 61 TEST DE VELOCIDAD EN CARTODROMO

Para lograr obtener conexión a internet fue necesario seguir las políticas de seguridad que maneja la oficina de dirección de sistemas, la cual recomendaba colocar una IP privada 192.168.2. xx para cada una de las antenas, pero teniendo conexión a internet desde la nube con una IP 172.17.1.xx, esto para proteger la red académica de la Universidad, la seguridad y eficiencia de los equipos.

10.3.3. Enlace desde Zona 4 – San José



FIGURA 62 UBICACIÓN ANTENA POWERBEAM EN ZONA 4 VÍA SILVANIA

Para lograr el enlace entre el punto zona 4 y el arreglo sectorial de San José fue necesario colocar la antena a una altura aproximada de 3 metros, el enlace se logró, obteniendo una conexión a internet.

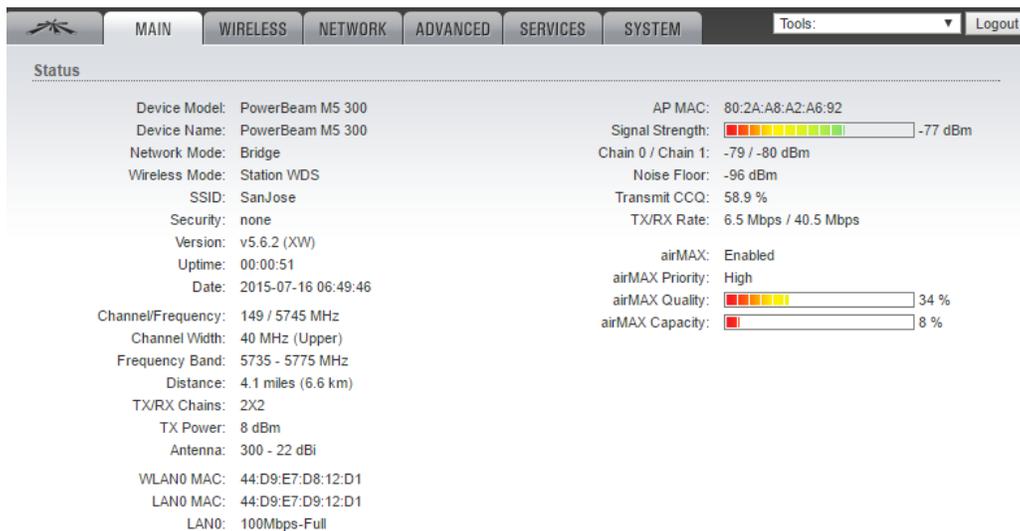


FIGURA 63 ENLACE DESDE ZONA 4 A SAN JOSÉ

En la figura 63 se establece el enlace desde la Zona 4 Vía Fusagasugá hasta el arreglo sectorial de San José, teniendo una intensidad de señal de -77dBm, ruido de piso -96 dBm lo cual es bastante alto, la capacidad de la tecnología airMAX fue de tan solo 8%. Esto quiere decir que al enlace le falta una mejor ubicación y alineamiento, además de analizar la ganancia para que el nivel de ruido mejore y posibles interferencias puedan disminuir. En la figura 64 se puede observar el test

de velocidad realizado en el punto Zona 4, lo cual se ve reflejado en la baja intensidad de señal obtenida en ese momento, pero aun así se consigue conexión a internet.



FIGURA 64 TEST DE VELOCIDAD ZONA 4

10.3.4. Enlace desde Zona 9 – San José



FIGURA 65 UBICACIÓN ANTENA POWERBEAM EN ZONA 9 VÍA FUSAGASUGÁ

Al igual que en la zona 4, en este lado fue necesario colocar la antena a una altura de 3 metros, cabe aclarar que inicialmente se había planeado colocar la antena

fuera de la propiedad, pero este punto estaba mucho más abajo y con la cantidad de vegetación era muy difícil lograr un buen enlace, por eso, con el permiso de los dueños del lugar, ubicamos la antena en este punto logrando enlazar con el arreglo sectorial ubicado en San José.

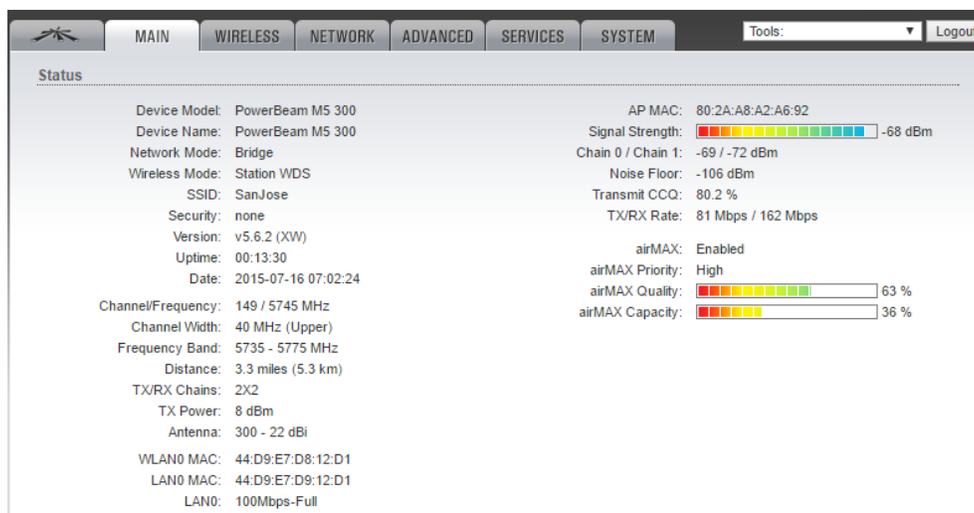


FIGURA 66 ENLACE DESDE ZONA 9 A SAN JOSÉ

En la figura 66 se observó una buena intensidad de señal de -68dBm , a pesar de que el nivel de ruido es de -106dBm se mostró una tasa de transmisión de 81Mbps y una tasa de recepción de 162Mbps , pero hay algo que se debe analizar más adelante es el cambio que se tiene cuando ya hay una conexión a internet, como se ve en la figura 67 cuyo test mostro que en descarga solo hay 5.82Mbps y de carga 995.3Kbps , esto puede ser probablemente porque en estos momentos el punto que suministra internet tiene su canal compartido con la parte académica de la Universidad lo cual disminuye el ancho de canal, posiblemente sea esta la razón por la cual se vea afectado la conexión optima a internet.



FIGURA 67 TEST DE VELOCIDAD EN ZONA 9

11. ANALISIS DE RESULTADOS

11.1. Viabilidad de Radioenlaces

Teniendo en cuenta la información obtenida para lograr la conexión, se inició la validación de los radioenlaces para esto se trabaja con la herramienta Radio Link  y así obtener resultados aproximados a los que se esperan en tiempo real, ingresando los datos de las antenas utilizadas (Rocket M5, AirMAX arreglo sectorial, Rocketac y Rocket Dish), en las propiedades de red dentro del simulador, presentado en la siguiente figura:

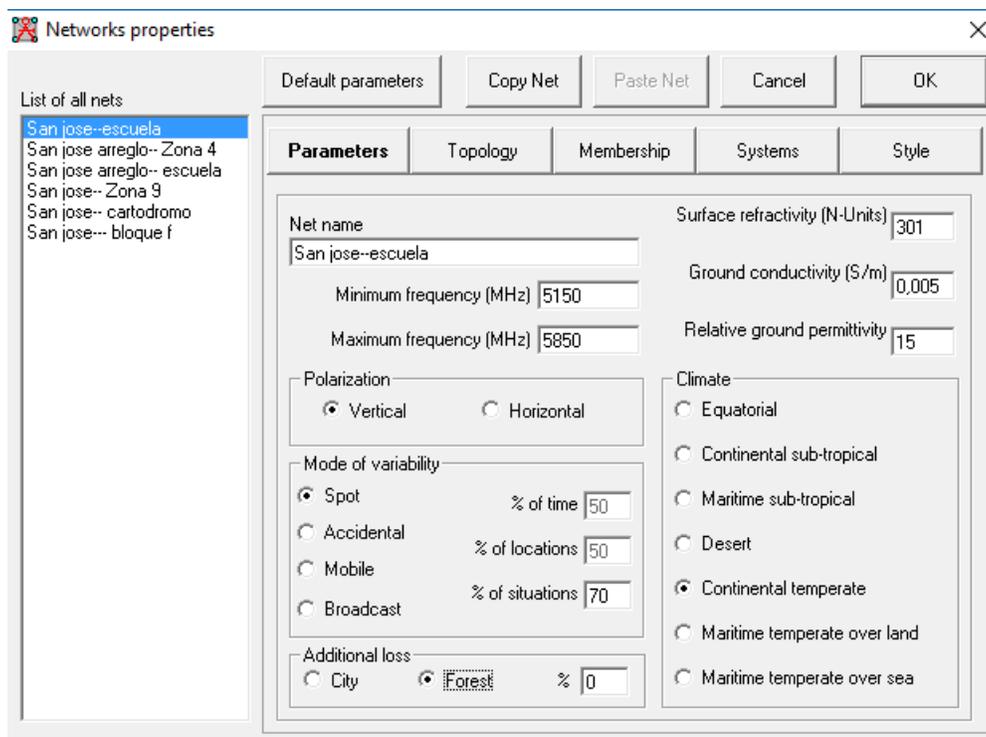


FIGURA 68 CONFIGURACIÓN PROPIEDADES DE LA RED

Teniendo esto en cuenta se realiza la simulación de cada enlace establecido previamente.

11.1.1. Enlace San José Arreglo – Zona 4 Vía Sylvania

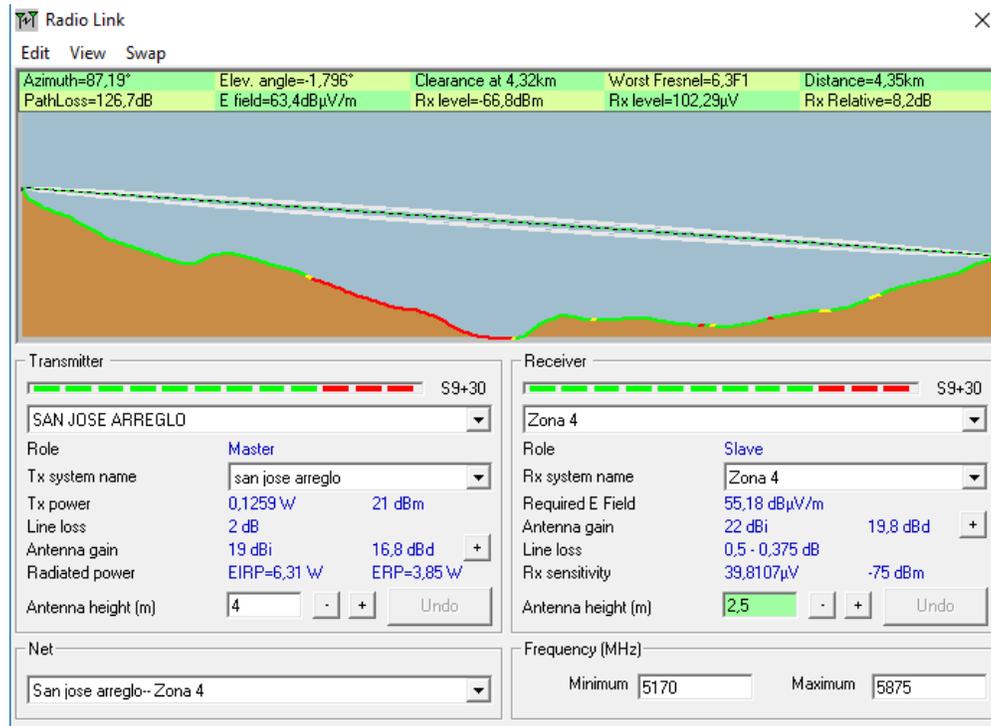


FIGURA 69 ENLACE DESDE SAN JOSÉ ARREGLO HASTA ZONA 4

En la figura anterior se puede observar el comportamiento del enlace, existiendo la posibilidad de conexión.

Parámetros Arrojados:

- Angulo de Azimut: 87.19°
- Angulo de elevación: 1.79°
- Zona de fresnel: 6.3F1
- Distancia : 4, 35Km
- Potencia de Transmisión: 0,12W
- Perdida de línea: 2 dB
- Ganancia de la antena : 22 dBi
- Potencia radiada: 6.31 W

Mostrando un perfil apropiado del terreno entre los dos puntos, cuenta además con una buena línea de vista y son obstáculos aparentes.

11.1.2. Enlace San José Arreglo – Zona 9

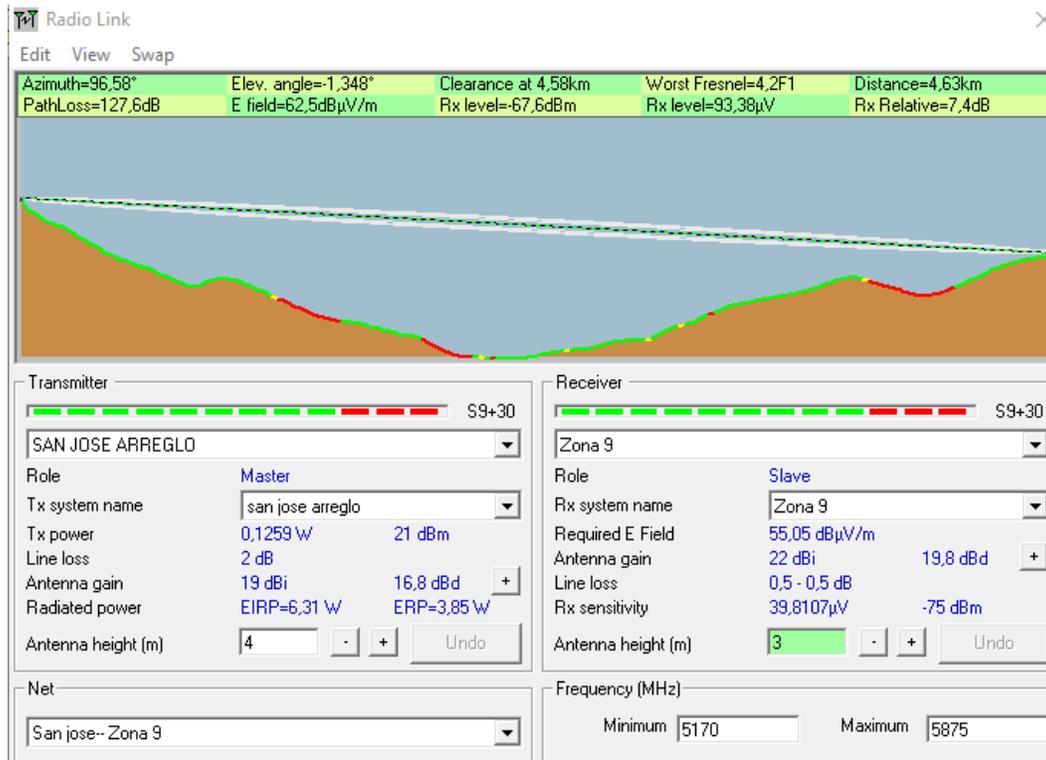


FIGURA 70 ENLACE DESDE SAN JOSÉ ARREGLO A ZONA 9

En la figura anterior se puede observar el enlace establecido, existiendo la posibilidad de conexión.

Parámetros Arrojados:

- Angulo de Azimut: 96.58°
- Angulo de elevación: 1.3°
- Zona de fresnel: 4.2F1
- Distancia : 4, 63Km
- Potencia de Transmisión: 0,12W
- Perdida de línea: 2 dB
- Ganancia de la antena : 22 dBi
- Potencia radiada: 6.31 W

Cuenta al igual con una buena ubicación, ofreciendo también una buena línea de vista y son obstáculos.

11.1.3. Enlace desde San José Arreglo – Cartodromo

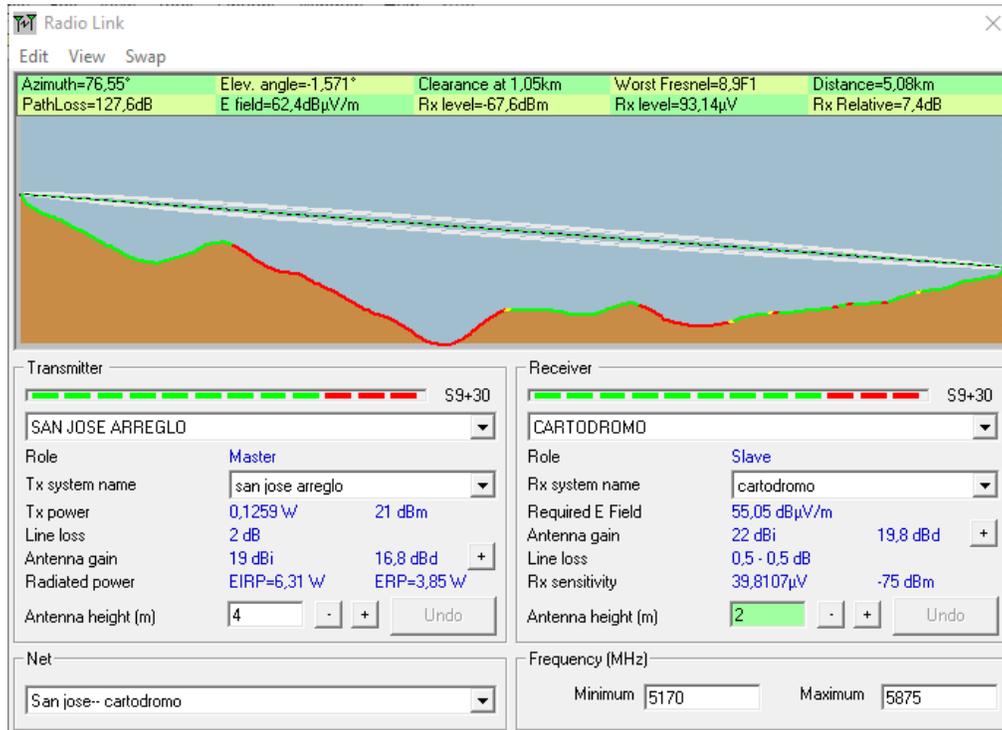


FIGURA 71 ENLACE DESDE SAN JOSÉ ARREGLO A CARTODROMO

En la figura anterior se puede observar el enlace establecido, existiendo la posibilidad de conexión.

Parámetros Arrojados:

- Angulo de Azimut: 76.55°
- Angulo de elevación: 1.5°
- Zona de fresnel: 8.9F1
- Distancia : 5.08Km
- Potencia de Transmisión: 0,12W
- Perdida de línea: 2 dB
- Ganancia de la antena : 22 dBi
- Potencia radiada: 6.31 W

Cuenta al igual con una buena ubicación, ofreciendo también una buena línea de vista y sin obstáculos.

11.2. Resultado Viabilidad Radioenlace

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se puede decir que los enlaces de análisis son satisfactorios teniendo la ventaja de poder contar con una buena línea de vista con todos los nodos.

Además, cabe mencionar que para poder mejorar el enlace es necesario establecer una frecuencia fija, teniendo en cuenta la herramienta de airOS el analizador de espectro el cual permite escanear las frecuencias de 5.7GHz y se puede observar cuál de estas frecuencias esta menos saturada y así trabajar con ella para garantizar que no se genere interferencia o ruido, en este caso, a modo de sugerencia se podría trabajar para el enlace punto a punto una frecuencia de 5.7GHz aproximadamente, resaltando las bandas de frecuencia libres en Colombia, en este caso la banda de 5725 a 5850 MHz.

Es necesario obtener un buen alineamiento para obtener buenos resultados, inicialmente se había planeado dejar el punto de San José en otro extremo del predio, se había observado que la conexión era bastante optima y que la alineación era la correcta, pero debido a que el predio es un lugar abierto, fue necesario ocultar de cierta forma la ubicación del mástil y sus equipos lo cual genero ciertos cambios a nivel de alineamiento, ya que el punto donde se encuentra este nodo está un poco oculto en medio de los arboles pero estos no interfieren, solo que el terreno no es muy uniforme y esto hace que el mástil no esté posicionado correctamente del todo, pero aun así el enlace se generó correctamente. Otro factor importante, es la altura ya que sin ella el enlace no funcionaría de forma apropiada, debido a la inconsistencia el terreno es necesario tratar de ubicar los puntos en viviendas que se encuentren muy cerca de las coordenadas analizadas para así instalar los nodos en puntos que sean estables y que además de esto puedan recibir energía eléctrica sin retrasos, ya mencionando la energía eléctrica, en el punto de San José fue necesario instalar un sistema fotovoltaico que pudiera alimentar los equipos sin ningún inconveniente, como se había mencionado en capítulos anteriores, este sector es una zona rural por lo tanto no garantiza energía eléctrica estable, y analizando que este punto es un nodo principal es necesario garantizar su funcionamiento sin retrasos.

Según el señor Ing. Luis Ortega Channel Manager de UBIQUITI Networks para Latino América, define que en las buenas prácticas para lograr un enlace inalámbrico es necesario tener en cuenta una frecuencia ideal, analizar la línea de vista en este caso se realizó con airLink y Radio Mobile, observar la potencia y modulación como se observa en la siguiente figura:

Capacidad	Modulación	airMAX M	airMAX AC	airFiber
La más Alta	1024QAM	-	-	16dBm
.	256QAM	-	19dBm	19dBm
.	64QAM	21dBm	21dBm	21dBm
.	16QAM	22dBm	22dBm	23dBm
.	QPSK	24dBm	24dBm	25dBm
La más Baja	BPSK	27dBm	27dBm	26dBm

FIGURA 72 POTENCIA Y MODULACIÓN

En el video titulado “Webinar "Mejores Prácticas para hacer un Enlace Inalámbrico" con UBIQUITI Networks”, recomienda también utilizar AirLink para el caso en el que se utilice equipos de la marca Ubiquiti, ya que esta herramienta es especial de la marca. Recordar que AirLink es un simulador que ayuda a diseñar un enlace y permite definir el tipo de antena y la ganancia que se desea, teniendo en cuenta la ubicación de los nodos y el alineamiento. [38]

Por otro lado, aceptando las políticas de seguridad de la Universidad de Cundinamarca fue necesario cambiar al final el direccionamiento que se tenía para las antenas conectadas, ya que se estaba utilizando el mismo segmento de la IP del punto de red en IP's fijas para cada nodo y esto podía llegar a generar conflicto o interferencias, al final se declaró que para cada conectar las antenas entre si se utilizaría la 192.168.2.XX mientras que la red principal tiene la IP académica 172.17.1. XX/23

TABLA 8 DIRECCIONAMIENTO DENTRO DE LAS ANTENAS

Ubicación	Dirección IP
Bloque F (Punto de Acceso)	192.168.2.22/24
San José (Estación)	192.168.2.21/24
San José arreglo (Punto de acceso)	192.168.2.20/24
Bosachoque	192.168.2.24/24

12. CONCLUSIONES

A partir del objetivo planteado se puede analizar que el desarrollo de los radioenlaces fue posible, se analizaron los puntos de conexión y se obtuvo conexión a internet, el enlace punto a punto está funcionando, pero aún falta definir en qué viviendas de la vereda quedaran ubicadas las estaciones para prestar el servicio. La velocidad varió en gran parte debido a que este canal proporcionado por la Universidad no es únicamente para el proyecto, en estos momentos este canal está compartido con la parte académica. A partir del marco legal, se determina que es posible realizar este tipo de proyecto siempre y cuando se respete las políticas establecidas por el MinTIC, sobre todo en el caso de las bandas libres.

La altura es un factor muy importante, ya que sin ella el enlace no funcionaría de forma apropiada, debido a la inconsistencia del terreno es necesario tratar de ubicar los puntos en viviendas que se encuentren muy cerca de las coordenadas analizadas para así instalar los nodos en puntos que sean estables y que además de esto puedan recibir energía eléctrica sin retrasos.

La integración de dos softwares como AirLink y Radio Mobile permitió validar la simulación y validación de los radioenlaces propuestos, obteniendo resultados satisfactorios validándolos con los enlaces realizados durante la práctica, obviamente los resultados de la simulación en comparación con los reales varían un poco debido a la distancia, el ambiente y estado del terreno. Por otro lado, al obtener el análisis del espectro con AirView herramienta de la interfaz airOS de las antenas, se puede observar una frecuencia aceptable para el manejo de los radioenlaces siendo esta de 5.7Ghz respetando la banda de frecuencias libres en Colombia y manteniendo la potencia de transmisión menor a 1 vatio, esta última parte obteniéndola de la simulación en Radio Mobile.

13. ANEXOS

El propósito de este trabajo es la de determinar la viabilidad técnica y legal de la red, a partir del análisis de cobertura radioeléctrica para cubrir la vereda Bosachoque y brindar servicios de comunicaciones convergentes.

El site survey nos ayudara a tener en cuenta ciertas características para analizar la red:

- Factibilidad de la cobertura deseada
- Interferencias presentadas
- Limitaciones de conectividad y transporte

Antes de hacer un estudio de site survey el encargado de proyecto deberá conocer las herramientas y la forma de trabajo tanto del cableado y la conexión inalámbrica. Este estudio nos ayudara a tomar en cuenta la cantidad de equipos (Access point, modem, radios, antenas, cableado, etc.) que requerimos para tener la cobertura deseada y la ubicación de los mismos.

Destinatarios

- Servicios profesionales
- Capacitación

Documentos relacionados

- Site Survey Network
- Hoja de datos Información de la red
- Procedimiento de cableado

13.1. Site Survey San José

A continuación, se da a conocer un poco la información acerca del sitio en el cual se encuentra instalado cada uno de los equipos mencionados anteriormente.

Nombre del sitio:	
Dirección del sitio:	San José del Chocho
Coordenadas del sitio:	4.372452, -74.429544
Contacto del propietario del sitio:	Nombre: Teléfono: Móvil: Fax: Correo electrónico:
¿Este sitio es propio y mantenido por el cliente?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Si no es propiedad del cliente, quien es el propietario y encargado de este sitio?	
¿Es un sitio privado?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Especifique las horas de funcionamiento del sitio.	24 horas
Especificar la ubicación en donde se va a instalar los equipos	En el patio trasero de la casa
Especificar los procedimientos de acceso al sitio	Si cuenta con carretera

Especifique la seguridad del sitio, como la necesidad de tener gafas, calzado, casco, etc.	Condiciones Rurales, calzado.
Especifique el nombre del coordinador responsable y el sitio en donde se va a garantizar la adecuada instalación de los equipos.	El Ing. Cesar Casas junto con la tesista Paola Micán
Detalle de los elementos en donde se van a ir a ubicar en el sitio.	Antenas, radios, cables de la alimentación, equipo portátil.

- Notas sobre detalles de gestión del sitio

Nota: Introduzca aquí el plan acordado para rectificar los puntos pendientes de la gestión relacionada con el sitio y las notas o comentarios especiales para el instalador.

- Las consideraciones ambientales

{En qué lugar se encuentran los equipos a instalar?	Zona rural
¿Es suficiente el espacio disponible para la instalación?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Es el peso adecuado de los equipos para poder estar en el espacio del gabinete?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Existe algún transporte para mover los equipos al sitio de instalación?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Cuáles son las dimensiones del equipo a instalar dentro del gabinete? IMPORTANTE: Consulte las notas anteriores para el tamaño, peso y la carga.	_____ alto _____ ancho _____ profundidad _____ peso maximo
¿El sitio es una zona disponible para el acceso a los equipos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

<p>El sitio tiene problemas que obstaculizan el movimiento de los equipos a instalar.</p>	<p>No</p>
<p>¿Se requiere de algo para poder superar los obstáculos?</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No ¿cuales?</p>
<p>¿Se requiere el uso de cualquier equipo de elevación (Por ejemplo, escalera, grúa, etc.) para poder instalar los equipos?</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p>
<p>¿Qué tipo de sistema de refrigeración necesita los equipos de instalación?</p>	<p><input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Ventilacion <input checked="" type="checkbox"/> Medio ambiente</p>
<p>¿Es suficiente el sistema de refrigeración disponible?</p> <p>Notas sobre la instalación de las antenas con sus respectivos radios.</p> <p>Las Antenas y los radios necesitan de los siguientes rangos de temperatura:</p> <p><input type="checkbox"/> Rango de temperatura de -30 a 75°C). <input type="checkbox"/> Humedad de funcionamiento de 5 a 95% de condensación</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
<p>¿El suelo es Húmedo?</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
<p>¿Qué tipo de suelo es?</p>	<p>Tierra negra</p>
<p>¿El revestimiento de suelo es antiestático?</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p>
<p>¿Será necesario sistema de protección de los equipos con polo a tierra?</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p>
<p>¿Si se requieren protección los equipos, el proveedor es el responsable de los mismos?</p>	<p>Nombre: Empresa: Teléfono de contacto:</p>

¿Qué servicios de telecomunicaciones existen en la zona?	
¿Qué tipo de transporte se encuentra en la zona?	Automóvil
¿se encuentran instituciones educativas en la zona de intervención?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Hay actividad económica relevante en la zona?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No

- Notas sobre las consideraciones ambientales

Por favor introduzca el Plan Concertado para rectificar los problemas pendientes en relación con los aspectos ambientales y de las notas o comentarios especiales para la instalación.

- Las consideraciones eléctricas

<p>¿La fuente de alimentación de CC es adecuada?</p> <p>Notas sobre la instalación de las antenas con sus respectivos radios.</p> <p>Nota: Si está utilizando una configuración no estándar para sus equipos tenga en cuenta los requisitos eléctricos. 12V a 5A</p> <p>Es lo que se necesita para poder alimentar los radios en cada estructura donde van a ir ubicados en los sitios.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
<p>¿Existe alguna pérdida de corriente de alimentación para los equipos dependiendo de los metros de alcance?</p> <p>Longitud del cable: _____</p> <p>Grosor del cable: _____</p> <p>_____</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p>

¿Existe un sistema de tamaño adecuado DC del interruptor en su lugar para cada uno de los equipos?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿De qué manera los equipos van a obtener energía, de una UPS (AC) o de una batería de respaldo (DC)?	De un Sistema Fotovoltaico
¿La fuente de energía de respaldo tiene la capacidad de alimentar los equipos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Este sitio cuenta con alguna fuente de energía?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

- Para sistemas AC

<p>¿La fuente de alimentación de AC para los equipos a instalar?</p> <p>Si la alimentación de los equipos va ser por corriente alterna necesitara de un transformador el cual convierta la corriente a directa ya que ellos funcionan solo de esa manera, y así no causar daños en los equipos.</p> <p>NOTA: Alimentación en corriente alterna 110V @ 60 Hz</p>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Se puede alimentar los equipos instalados en el gabinete o Rack con corriente alterna?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Existe un sistema adecuadamente dimensionado AC Interruptor automático para la protección de los equipos?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No

¿Los equipos van a obtener energía de una UPS (AC) o de una batería de respaldo (DC)?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Banco de baterías
¿La fuente de energía de respaldo tiene la capacidad de alimentar los equipos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Este sitio cuenta con alguna fuente de energía?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Pero inestable

- Para todos los sistemas (DC y AC)

¿Las conexiones eléctricas instaladas en los sitios van acorde a las normatividades existentes?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Si se utiliza una UPS, la UPS es un dispositivo electrónico de bajo tipo de impedancia de salida con la capacidad de proporcionar a la corriente disparar los dispositivos de protección contra fallos necesario. ¿Con la anterior información, es responsable utilizar una UPS para la protección de corto circuito a los equipos?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A
¿Hay puntos aislados de polo a tierra disponibles cerca de la posición de los equipos?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A

¿Es necesario conectar los equipos a polo a tierra?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Están correctamente conectados el polo a tierra a la alimentación de los equipos?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A
¿Hay varios estándares 120V AC enchufes disponibles de 6 puestos (2 metros) para conectar varios equipos como, por ejemplo, ¿Pc, equipos de prueba y herramientas?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Existe alguna restricción de cuantos equipos puedo conectar en un enchufe de toma corriente?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

- **Notas sobre las consideraciones eléctricas**

Por favor introduzca el Plan Concertado para rectificar los problemas pendientes en relación con las consideraciones eléctricas y de las notas o comentarios especiales para la instalación.

- **Cableado**

¿Existe alguna normatividad para cableado de redes eléctricas?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A
Especifique las normatividades de cableado en las redes eléctricas.	
¿Existen restricciones de uso de cableados para los diferentes tipos de uso?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Existe alguna normatividad para el cableado estructurado?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A
¿Especificar el tipo de cableado y de cables que se va a utilizar en los equipos de instalación?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿La instalación del cableado va ir internamente en el suelo?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A La profundidad del suelo hueco en _____mm

- **Notas sobre el cableado**

Por favor introduzca el Plan Concertado para rectificar los problemas pendientes en relación con el cableado y las notas especiales o comentarios para la instalación.

- Gestión Acceso/ red remota

¿Se proporcionará un Router para tener acceso a internet?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Indique la referencia y la marca del router que va a utilizar?	TP-LINK
Especifique la fecha de la instalación de los equipos en el sitio.	Mes de Marzo
¿Habrá Internet con acceso remoto a los radios de comunicación? Si es así, especifique la dirección(es) IP o la secuencia de pasos para obtener acceso.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A Si "sí" Especifique la dirección(es) IP o secuencia de pasos:
¿Habrá un sistema de gestión de red en este sitio?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A Aun no se ha definido

- **Notas sobre el acceso remoto / Gestión de Red**

Por favor introduzca el Plan Concertado para rectificar los problemas pendientes en relación con el acceso remoto / gestión de la red y los comentarios especiales o habilitación para la instalación.

13.2. Site Survey Bloque F

A continuación, se da a conocer un poco la información acerca del sitio en el cual se encuentra instalado cada uno de los equipos mencionados anteriormente.

Nombre del sitio:	
Dirección del sitio:	Universidad de Cundinamarca, Terraza Bloque F
Coordenadas del sitio:	4.335211,-74.37109
Contacto del propietario del sitio:	Nombre: Teléfono: Móvil: Fax: Correo electrónico:
¿Este sitio es propio y mantenido por el cliente?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Si no es propiedad del cliente, quien es el propietario y encargado de este sitio?	
¿Es un sitio privado?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Especifique las horas de funcionamiento del sitio.	24 horas
Especificar la ubicación en donde se va a instalar los equipos	Terraza del bloque F

Especificar los procedimientos de acceso al sitio	Escalera
Especifique la seguridad del sitio, como la necesidad de tener gafas, calzado, casco, etc.	Condiciones ideales
Especifique el nombre del coordinador responsable y el sitio en donde se va a garantizar la adecuada instalación de los equipos.	El Ing. Cesar Casas junto con la tesista Paola Micán
Detalle de los elementos en donde se van a ir a ubicar en el sitio.	Antenas, radios, cables de la alimentación, equipo portátil.

- Notas sobre detalles de gestión del sitio

Nota: Introduzca aquí el plan acordado para rectificar los puntos pendientes de la gestión relacionada con el sitio y las notas o comentarios especiales para el instalador.

- Las consideraciones ambientales

{En qué lugar se encuentran los equipos a instalar?	Zona urbana
¿Es suficiente el espacio disponible para la instalación?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Es el peso adecuado de los equipos para poder estar en el espacio del gabinete?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Existe algún transporte para mover los equipos al sitio de instalación?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Cuáles son las dimensiones del equipo a instalar dentro del gabinete? IMPORTANTE: Consulte las notas anteriores para el tamaño, peso y la carga.	_____ alto _____ ancho _____ profundidad _____ peso maximo

¿El sitio es una zona disponible para el acceso a los equipos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
El sitio tiene problemas que obstaculizan el movimiento de los equipos a instalar.	No
¿Se requiere de algo para poder superar los obstáculos?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No ¿cuales? Escalera
¿Se requiere el uso de cualquier equipo de elevación (Por ejemplo, escalera, grúa, etc.) para poder instalar los equipos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Qué tipo de sistema de refrigeración necesita los equipos de instalación?	<input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Ventilacion <input checked="" type="checkbox"/> Medio ambiente
¿Es suficiente el sistema de refrigeración disponible? Notas sobre la instalación de las antenas con sus respectivos radios. Las Antenas y los radios necesitan de los siguientes rangos de temperatura: <input type="checkbox"/> Rango de temperatura de -30 a 75°C). <input type="checkbox"/> Humedad de funcionamiento de 5 a 95% de condensación	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿El suelo es Húmedo?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Qué tipo de suelo es?	Cemento
¿El revestimiento de suelo es antiestático?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Será necesario sistema de protección de los equipos con polo a tierra?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No

¿Si se requieren protección los equipos, el proveedor es el responsable de los mismos?	Nombre: Empresa: Teléfono de contacto:
¿Qué servicios de telecomunicaciones existen en la zona?	Telefonía, internet
¿Qué tipo de transporte se encuentra en la zona?	Automóvil
¿se encuentras instituciones educativas en la zona de intervención	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Hay actividad económica relevante en la zona?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

- Notas sobre las consideraciones ambientales

Por favor introduzca el Plan Concertado para rectificar los problemas pendientes en relación con los aspectos ambientales y de las notas o comentarios especiales para la instalación.

- Las consideraciones eléctricas

<p>¿La fuente de alimentación de CC es adecuada?</p> <p>Notas sobre la instalación de las antenas con sus respectivos radios.</p> <p>Nota: Si está utilizando una configuración no estándar para sus equipos tenga en cuenta los requisitos eléctricos. 12V a 5A</p> <p>Es los que se necesita para poder alimentar los radios en cada estructura donde van a ir ubicados en los sitios.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>
<p>¿Existe alguna perdida de corriente de alimentación para los equipos dependiendo de los metros de alcance?</p> <p>Longitud del cable: _____</p> <p>Grosor del cable: _____</p> <p>_____</p>	<p><input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No</p>

¿Existe un sistema de tamaño adecuado DC del interruptor en su lugar para cada uno de los equipos?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿De qué manera los equipos van a obtener energía, de una UPS (AC) o de una batería de respaldo (DC)?	De un Sistema Fotovoltaico
¿La fuente de energía de respaldo tiene la capacidad de alimentar los equipos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Este sitio cuenta con alguna fuente de energía?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

- Para sistemas AC

<p>¿La fuente de alimentación de AC para los equipos a instalar?</p> <p>Si la alimentación de los equipos va ser por corriente alterna necesitara de un transformador el cual convierta la corriente a directa ya que ellos funcionan solo de esa manera, y así no causar daños en los equipos.</p> <p>NOTA: Alimentación en corriente alterna 110V @ 60 Hz</p>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Se puede alimentar los equipos instalados en el gabinete o Rack con corriente alterna?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Existe un sistema adecuadamente dimensionado AC Interruptor automático para la protección de los equipos?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No

¿Los equipos van a obtener energía de una UPS (AC) o de una batería de respaldo (DC)?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Banco de baterías
¿La fuente de energía de respaldo tiene la capacidad de alimentar los equipos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Este sitio cuenta con alguna fuente de energía?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

- Para todos los sistemas (DC y AC)

¿Las conexiones eléctricas instaladas en los sitios van acorde a las normatividades existentes?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Si se utiliza una UPS, la UPS es un dispositivo electrónico de bajo tipo de impedancia de salida con la capacidad de proporcionar a la corriente disparar los dispositivos de protección contra fallos necesario. ¿Con la anterior información, es responsable utilizar una UPS para la protección de corto circuito a los equipos?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Hay puntos aislados de polo a tierra disponibles cerca de la posición de los equipos?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A

¿Es necesario conectar los equipos a polo a tierra?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Están correctamente conectados el polo a tierra a la alimentación de los equipos?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A
¿Hay varios estándares 120V AC enchufes disponibles de 6 puestos (2 metros) para conectar varios equipos como, por ejemplo, ¿Pc, equipos de prueba y herramientas?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Existe alguna restricción de cuantos equipos puedo conectar en un enchufe de toma corriente?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

- **Notas sobre las consideraciones eléctricas**

Por favor introduzca el Plan Concertado para rectificar los problemas pendientes en relación con las consideraciones eléctricas y de las notas o comentarios especiales para la instalación.

- **Cableado**

¿Existe alguna normatividad para cableado de redes eléctricas?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A
Especifique las normatividades de cableado en las redes eléctricas.	
¿Existen restricciones de uso de cableados para los diferentes tipos de uso?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Existe alguna normatividad para el cableado estructurado?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A
¿Especificar el tipo de cableado y de cables que se va a utilizar en los equipos de instalación?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿La instalación del cableado va ir internamente en el suelo?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A La profundidad del suelo hueco en _____mm

- **Notas sobre el cableado**

Por favor introduzca el Plan Concertado para rectificar los problemas pendientes en relación con el cableado y las notas especiales o comentarios para la instalación.

- **Gestión Acceso/ red remota**

¿Se proporcionará un Router para tener acceso a internet?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
¿Indique la referencia y la marca del router que va a utilizar?	
Especifique la fecha de la instalación de los equipos en el sitio.	Mes de Marzo
¿Habrá Internet con acceso remoto a los radios de comunicación? Si es así, especifique la dirección(es) IP o la secuencia de pasos para obtener acceso.	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A Si "sí" Especifique la dirección(es) IP o secuencia de pasos:
¿Habrá un sistema de gestión de red en este sitio?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A Aun no se ha definido

- **Notas sobre el acceso remoto / Gestión de Red**

Por favor introduzca el Plan Concertado para rectificar los problemas pendientes en relación con el acceso remoto / gestión de la red y los comentarios especiales o habilitación para la instalación.

14. ANÁLISIS DE PARTICIPACIÓN

El análisis de participación trata de determinar quiénes son los beneficiarios de la acción, quienes pueden ser beneficiarios indirectos y quiénes pueden verse perjudicados por la intervención. Esto quiere decir, a que se evalúan las necesidades, involucrando un análisis a nivel de la comunidad y permite anticipar algunos resultados no deseados durante la intervención.

TABLA 9 ANÁLISIS DE PARTICIPACIÓN DEL PROYECTO

AGENTES	Papel en el proyecto	Impacto del proyecto en sus intereses	Capacidad de influencia en el proyecto
Primarios			
	Directamente afectados		
Líderes de la comunidad	Aquellas comunidades aledañas, que no se encuentran dentro de la cobertura, ya que no tendrán la posibilidad de recibir la señal del radioenlace.	Fortalecer la unión y progreso de la comunidad, promover el uso de nuevas tecnologías por medio de capacitaciones.	Alta
Hogares	Orientar a cerca de la situación que se presenta en su comunidad.	Mejorar la economía, salud y la educación en el hogar.	Alta
Escuela de Bosachoque	Ayudar en la distribución de información en la comunidad para que entiendan la importancia del proyecto.	Mejorar los métodos de aprendizaje e incentivando el conocimiento.	Alta
Negocios de Bosachoque	Colaborar con información que ayude a fortalecer el comercio y el turismo.	Mejorar la economía y bienestar de los comerciantes y la comunidad en general.	Alta
Secundarios			
Alcaldía Municipal de Fusagasugá	Posible co financiador, en cuanto la ampliación	Alto impacto en las Instituciones Educativas en las	Media

	de la cobertura de la red hacia las Instituciones educativas.	cuales pudiera brindarse la prestación de servicios digitales proporcionados por la red	
--	---	---	--

En la anterior tabla se da a conocer que los agentes primarios cumplen un factor importante para el desarrollo del proyecto, mientras que el agente secundario no es del todo necesario ya que aun sin él el proyecto se puede llevar a cabo sin ningún inconveniente.

TABLA 10 IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIARIOS

beneficiarios directos	beneficiarios indirectos	neutrales/excluidos	perjudicados/oponentes
Comunidad de Bosachoque	Instituciones Educativas Municipales circundantes (Esc. Casa de Lata, Esc. Cucharal Alto, Esc. La Cascada, Esc. Viena)	Veredas aledañas fuera de la cobertura de Bosachoque	Usuarios que no estén dentro de la cobertura, bien sea fuera de la vereda Bosachoque o alguno que por situación geográficamente no tenga posibilidad de recibir el radioenlace.
Hogares	Alcaldía Municipal – Secretaría de Educación Municipal (Posible Aliado)		
Escuela Bosachoque			
Negocios Bosachoque			

La idea es beneficiar a la comunidad de la zona rural de Bosachoque, los negocios y escuelas, además se podrían beneficiar las instituciones educativas y comunidades que se encuentren cercanas a los posibles puntos de conexión.

15. DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE ENERGÍA

Instalaciones aisladas de la red eléctrica

Son utilizadas en sectores alejados, que no tienen acceso a la red eléctrica, generalmente sectores rurales, iluminación de áreas aisladas, antenas de comunicaciones, bombeo de agua, etc. Estos sistemas van acompañados de inversores de corriente, para pasar de corriente continua a corriente alterna, reguladores de voltaje y bancos de baterías que permiten almacenar la energía que no se está utilizando.

15.1. Análisis de cargas para sistema fotovoltaico

Es importante observar la radiación solar que se presenta en la zona, en el cual se selecciona el peor mes con radiación y 2 días de autonomía para poder garantizar el funcionamiento continuo del sistema.

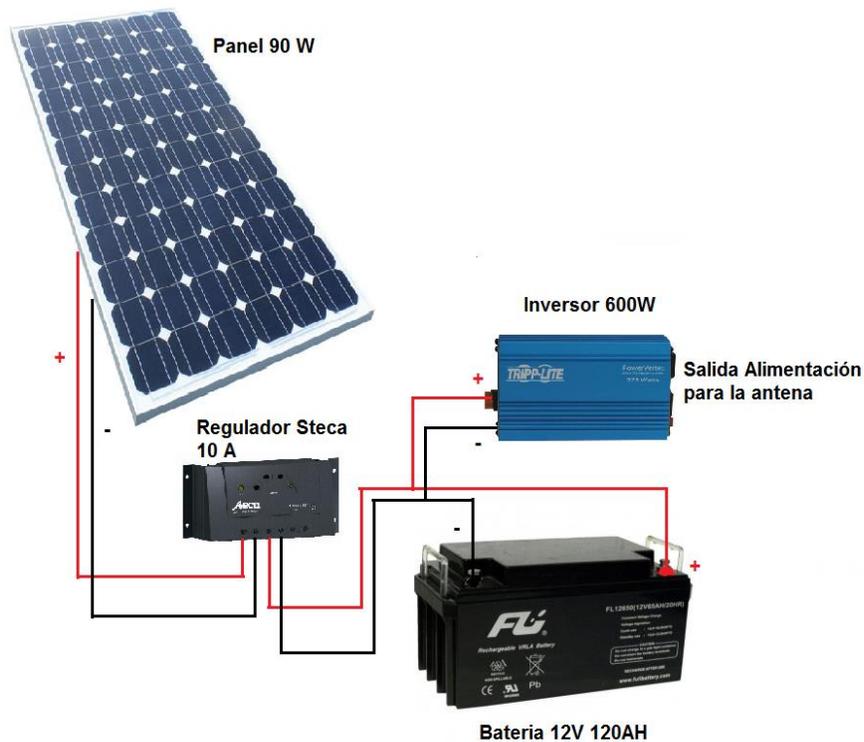


FIGURA 73 SISTEMA FOTOVOLTAICO

15.2. Índice de radiación solar en Bloque F de la Universidad de Cundinamarca y San José

TABLA 11 NIVELES DE RADIACIÓN EN EL BLOQUE F [39]

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Radiación	4.86	4.83	4.91	4.65	4.72	4.83	5.00	5.07	5.03	4.70	4.60	4.60
KWh/m²/d												

TABLA 12 NIVELES DE RADIACIÓN EN SAN JOSÉ DEL CHOCHO [39]

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Radiación	4.86	4.83	4.91	4.65	4.72	4.83	5.00	5.07	5.03	4.70	4.60	4.60
KWh/m²/d												

La información de las tablas 4y 5 muestran los niveles de radiación de las zonas pertenecientes a bloque F y San José, esto es durante todo el año y para realizar el análisis de cargas se toma el peor mes con radiación solar para poder garantizar el funcionamiento del sistema, en este caso noviembre el cual muestra un bajo nivel de radiación. Para obtener los niveles de radiación es necesario ingresar la coordenada del lugar a observar.

15.2.1. Bloque F AP

TABLA 13 CUADRO DE CARGAS PARA EL BLOQUE F

Estación	Potencia consumida por hora(W/h)	Número de horas en funcionamiento	Potencia consumida por día (W)
ROCKETac	8.5	24	204
Computador	48	4	192
Total			396

Potencia

$$P = 1.25 * \frac{Ed}{R} = 1.25 * \frac{396W}{4.60} = 107.6W$$

Donde:

P= potencia requerida

Ed=potencia consumida en un día (Kw/d)

R=radiación solar en la zona (Kw/d/m2)

Calculo de las baterías

$$CB = \frac{E * N}{V * Pd} = \frac{396W * 2}{12V * 0.7} = 94.2A/h$$

Donde:

E= Potencia de consumo

V= Voltaje requerido

Pd= profundidad de descarga de la batería

N= días de autonomía

Calculo del regulador

$$I_{max} = I_{sc} * NP$$

$$I_{max} = 5.87A * 1 = 5.87A$$

Donde:

I_{sc}= corriente de cortocircuito

NP= número de paneles

Calculo del inversor

Para el seleccionar el inversor, se debe estimar la potencia máxima instantánea demandada, para lo cual es conveniente observar la descripción de los distintos consumos. La máxima potencia que maneja un equipo en cada hora. Para el caso de la Rocketac el consumo requerido es de 396W. [40]

15.2.2. San José PtP

TABLA 14 CUADRO DE CARGAS EN SAN JOSÉ

Estación	Potencia consumida por hora(W/h)	Número de horas en funcionamiento	Potencia consumida por día (W)
ROCKETac	8.5	24	204
ROCKETM5	8	24	192
Computador	48	2	96
total			492

Potencia

$$P = 1.25 * \frac{Ed}{R} = 1.25 * \frac{492W}{4.60} = 106.95W$$

P= potencia requerida

Ed=potencia consumida en un día (Kw/d)

R=radiación solar en la zona (Kw/d/m2)

Calculo de las baterías

$$CB = \frac{E * N}{V * Pd} = \frac{492W * 1}{12V * 0.7} = 58.5A/h$$

Donde:

$E =$ Potencia de consumo

$V =$ Voltaje requerido

$Pd =$ profundidad de descarga de la batería

$N =$ días de autonomía

Calculo del regulador

$$I_{max} = I_{sc} * NP$$

$$I_{max} = 5.87A * 1 = 5.87A$$

Donde:

$I_{sc} =$ corriente de cortocircuito

$NP =$ número de paneles

Calculo del inversor

Para el seleccionar el inversor, se debe estimar la potencia máxima instantánea demandada, para lo cual es conveniente observar la descripción de los distintos consumos. La máxima potencia que manejara un equipo en cada hora. Para el caso de la Rocketac, ROCKETM5 adicional a esto, se menciona el uso de un computador para el mantenimiento entre otros, el consumo requerido es de 492W. [40]

16. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

16.1. Resumen por rubros

TABLA 15 RESUMEN COSTOS DE INVERSIÓN

Materiales		Descripción	Cantidad	Costos
Software	Radio	Software para simulación y diseño de	1	\$0

Mobile	radioenlaces, cartografía libre (Nasa, OpenStreet Maps)		
Antenas	Repetición de señales radioeléctricas para mayor cobertura de radiodifusión.	5	\$6'000.000
Mástiles para antenas	Superar obstáculos presentado por dificultad en líneas de vista	2	\$3'000.000
Acceso a Internet	El punto de internet brindado por la Universidad de Cundinamarca, permite poder llevar una conexión de red hacia los equipos equipados para las pruebas de este proyecto.		\$0
Switch	El switch puede agregar mayor ancho de banda, acelerar la salida de paquetes, reducir tiempo de espera y bajar el costo por puerto. Opera en la capa 2 del modelo OSI y reenvía los paquetes en base a la dirección MAC	1	\$150.000
Servicios tecnológicos	Análisis de cobertura radioeléctrica y pruebas de validación.		
Sistema Fotovoltaico	Sistema para garantizar el funcionamiento de		

	energía en los puntos de red.	2	\$5'000.000
Transporte			\$200.000
Total			14'350.000

16.2. Equipos

A continuación, se muestran los equipos utilizados durante el proyecto:

Equipo	Descripción
 <p>Rocketac PtP</p>	Ubiquiti airMAX® ac Estación Base Modelo R5AC-PTP de 5 GHz
	Memoria: 128 MB DDR2 SDRAM, 16 MB NOR FLASH
	Procesador: Atheros MIPS 74Kc, 720 MHz
	Interfaz de red: (1) 10/100/1000 Mbps
	Certificaciones inalámbricas: FCC, IC, CE
	Frecuencia de Funcionamiento: 5470 - 5875 MHz.

 <p>Rocket M5</p>	<p>Ubiquiti 2x2 MIMO airMAX® Estación Base Modelo M5 de 5 GHz</p> <p>Memoria: 128 MB SDRAM, 8 MB Flash</p> <p>Procesador: MIPS 74Kc</p> <p>Interfaz de red: (1) 10/100 Mbps</p> <p>Certificaciones inalámbricas: FCC, IC, CE</p> <p>Frecuencia de Funcionamiento: 5170 - 5875 MHz</p>
 <p>PowerBeam M5</p>	<p>Ubiquiti High-Performance airMAX® Bridge Modelo PBE-M5-300 de 5 GHz</p> <p>Memoria: 64 MB DDR2, 8 MB Flash</p> <p>Procesador: Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz</p> <p>Interfaz de red: (1) 10/100 Ethernet Port</p> <p>Certificaciones inalámbricas: FCC, IC, CE</p> <p>Frecuencia de Funcionamiento: 5170 - 5875 MHz</p>
 <p>Antena Sectorial</p>	<p>Ubiquiti 2x2 MIMO airMAX® Estación Base Antena Sectorial Modelo AM-5G19-120 de 5 GHz</p> <p>Ganancia: 18.6 - 19.1 dBi</p> <p>Dimensiones (mm): 700 x 135 x 73</p> <p>Frecuencia de Funcionamiento: 5.15 - 5.85 GHz</p>

 <p>RocketDish</p>	<p>Ubiquiti 2x2 PtP airMAX® Bridge Dish Antena Modelo RD-5G30-LW de 5 GHz</p> <hr/> <p>Ganancia: 30 dBi</p> <hr/> <p>Dimensiones (mm): 650 x 650 x 386</p> <hr/> <p>Frecuencia de Funcionamiento: 5.1 - 5.9 GHz</p>
 <p>Router Inalámbrico Alta Potencia</p>	<p>Interfaz: 4 Puertos LAN 10/100Mbps 1 Puerto WAN 10/100Mbps</p> <p>Estándares Inalámbricos: IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b</p> <p>Frecuencia de Funcionamiento: 2.4-2.4835GHz</p>
 <p>RouterBoard Mikrotik</p>	<p>Frecuencia Nominal CPU: 600MHz</p> <hr/> <p>RAM: 128MB</p> <hr/> <p>Estándar Inalámbrico: 802.11b/g/n</p> <hr/> <p>Sistema Operativo: RouterOS</p> <hr/> <p>Ganancia antena: 2.5 dBi</p> <hr/> <p>Frecuencia: 2.4GHz</p>



Panel solar de 90W – 12V

Corriente de cortocircuito 5.82A

Temperatura de funcionamiento: -40 +85
grados centígrados.



Batería 12V 120 AH AGM Fulibattery



Regulador Steca 10A



Inversor 12v 600w Onda Modificada

17. REFERENCIAS

- [1 A. G. Rendon, p. J. Ludeña y A. M. Fernandez, Tecnologías de la información y] las comunicaciones para zonas rurales, España, 2011.
- [2 P. J. L. A. M. F. Alvaro Rendón Gallón, Tecnologías de la Información y de las] Comunicaciones para zonas rurales, España: CYTED, 2011.
- [3 «Radio enlaces terrestres,» [En línea]. Available:
] http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas_.pdf.
- [4 MINTIC, «Red Jurista,» 28 Abril 2004. [En línea]. Available:
] https://www.redjurista.com/documents/r_mcom_0689_2004.aspx.
- [5 G. d. Chile, SIMEC CHILE SRL.
]
- [6 P. e. obstaculos, «Radioenlaces,» [En línea]. Available:
] <http://www.radioenlaces.es/articulos/perdidas-en-obstaculos/>.
- [7 MINTIC, «El Plan Vive Digital,» [En línea]. Available:
] <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-propertyvalue-6106.html>.
- [8 MINTIC, «Kioscos Vive Digital,» [En línea]. Available:
] <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-propertyvalue-7059.html>.
- [9 MINTIC, «Ubicación de Kioscos en el país,» [En línea]. Available:
] http://micrositios.mintic.gov.co/vivedigital/mapas/mapa_3_kioscos_vive_digital.php.
- [1 E. H. V. Sofía Medellín Urquiaga, «The Journal of Community Informatics,»
0] 2007. [En línea]. Available: <http://ci-journal.net/index.php/ciej/article/view/399/337>.
- [1 GTR, «PUCP,» [En línea]. Available:
1] <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe/investigacion/>.
- [1 I. L. R. M. Estudiantes de Ing. Electrónica de la UDEC, «Estudio, diseño y
2] pruebas para una red de acceso a internet en la Vereda de Bosachoque,»
2015.

[1 «Conexión inalámbrica libre a través de Colombia-Mesh,» Colombia Digital, [En
3] línea]. Available: [http://colombiadigital.net/actualidad/experiencias/item/1997-
conexi%C3%B3n-inal%C3%A1mbrica-libre-a-trav%C3%A9s-de-colombia-
mesh.html](http://colombiadigital.net/actualidad/experiencias/item/1997-conexi%C3%B3n-inal%C3%A1mbrica-libre-a-trav%C3%A9s-de-colombia-mesh.html).

[1 J. Maria del Rosario Guerra de la Espriella, De las telecomunicaciones a las tic:
4] Ley de tic de colombia (L1341/2009)., bogotá: Congreso de la republica de
colombia, 2009.

[1 a. virtual, «Actores importantes en la gestión y asignación del espectro en
5] Colombia,» [En línea]. Available:
<http://autoformacion.colnodo.apc.org/mod/page/view.php?id=1004>.

[1 M. Comunicaciones, "Plan Vive Digital Colombia", bogotá: Congreso de la
6] Republica de Colombia, 2010.

[1 E. A.N, Documento de consulta publica para definir la politica del espectro,
7] Bogotá, 2011.

[1 A. virtual, «academia virtual para gestores de TIC,» [En línea]. Available:
8] <http://autoformacion.colnodo.apc.org/course/view.php?id=15§ion=3>.

[1 MinTIC, «Resolución 2544 de 2009,» [En línea]. Available:
9] <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-3770.html>.

[2 M. d. T. d. I. I. y. I. Comunicaciones, *Resolución 2544* , 2009.
0]

[2 MinTIC, «Resolución 290 de 2010,» 2010.
1]

[2 J. Maria del Rosario Guerra de la Espriella, De las telecomunicaciones a las tic:
2] Ley de tic de colombia (L1341/2009)., Bogotá: Congreso de la republica de
colombia, 2009.

[2 «Resolución 2544,» 2009. [En línea]. Available:
3] [www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2009/47514/r_mtic_25
44_2009.html](http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2009/47514/r_mtic_2544_2009.html) .

[2 L. C. Barbosa, «Espectro abierto para el desarrollo, estudio de caso:
4] Colombia.,» COLNODO, Bogotá, 2011.

[2 H. M. “. radioeléctrico, «MINTIC,» [En línea]. Available:
5] www.mintic.gov.co/index.php/espectro.

[2 D. 2870, 2007. [En línea]. Available:
6] www.redipd.org/documentacion/legislacion/common/legislacion/Colombia/dec_2870_310707.pdf .

[2 D. 4392, 2010. [En línea]. Available:
7] www.cntv.org.co/cntv_bop/basedoc/decreto/2010/decreto_4392_2010.html.

[2 Ibid, «Art. 1-6 y Art. 12 y 13».
8]

[2 C. d. Frecuencias, «MinTIC,» [En línea]. Available:
9] <http://archivo.mintic.gov.co/mincom/faces/?id=1054>.

[3 C. N. Frecuencias, «Ministerio de Tecnologías de la información y las
0] Comunicaciones.,» Congreso de la Republica de Colombia, Bogotá, 2009.

[3 L. 1341, 2009.
1]

[3 ANE, «Documento de consulta pública».
2]

[3 L. C. Cabello, «"Evaluación de impacto de politicas publicas",» Presentacion en
3] la conferencia de ACORN-REDECOM, Brasilia, 2010.

[3 Redes Inalámbricas en los Paises en Desarrollo, Friendly LLC, Septiembre
4] 2008.

[3 businesswire, «Ubiquiti Networks presenta la revolucionaria tecnología
5] inalámbrica de banda ancha AirMax,» [En línea]. Available:
<http://www.businesswire.com/news/home/20090820006099/es/>.

[3 I. Pellejero, *Manual de Cálculo de Coberturas con Radio Mobile*, 2008.
6]

[3 SpeedTest. [En línea]. Available: <http://www.speedtest.net/es/>.
7]

[3 «Webinar "Mejores Prácticas para hacer un Enlace Inalámbrico" con UBIQUITI
8] Networks,» INTTELEC NETWORKS y a la colaboración de Luis Ortega
Channel Manager de UBIQUITI Networks para Latino América, 12 Septiembre
2016. [En línea]. Available:
<https://www.youtube.com/watch?v=1BdsW3RyKbE&t=4119s>.

[3 NASA, «Surface meteorology and Solar Energy,» [En línea]. Available:
9] <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>.

[4 I. Y. E. G. V. I. O. D. D. C. I. A. E. R. A. Ing. Cesar Augusto Casas Díaz,
0] «Prototipo de un Sistema de telemetría, como alternativa de solución basada
en TIC para el monitoreo a distancia de variables relacionadas con el proceso
de producción de panela.,» *VALORACIÓN Y APROPIACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES COMO ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN A
CAMBIO CLIMÁTICO – CUNDINAMARCA*, 2015.

[4 P. d. d. Departamental, «Plan de desarrollo Departamental,» [En línea].
1] Available: http://www.cundinamarca.gov.co/wps/wcm/connect/730b8137-9236-495e-80fd-36b4500d21ff/plan_departamental_de_desarrollo_2012-2016-aprobado.pdf?MOD=AJPERES.

[4 MinTIC, Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias., Bogotá,
2] 2010.

[4 E. A.N, Principales avances del Gobierno 2006 - 2010., Bogotá, 2011.
3]

[4 S. d. i. d. e. e. y. e. alternativas, «Energía Fotovoltaica,» 2017. [En línea].
4] Available:
http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/docs/sOLARfOTOVOLTAICA.pdf.

[4 *Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias.*
5]

[4 C. N. Frecuencias, «Ministerio de Tecnologías de la información y las
6] Comunicaciones.,» Congreso de la Republica de Colombia, Bogotá, 2009.

[4 D. Panigrahi, P. Duttat, S. Jaiswal, K. Naidu y R. Rastogi, «Minimum cost
7] topology construction for rural wireless mesh networks,» de *INFOCOM 2008. The 27th Conference on Computer Communications. IEEE*, 2008.

[4 M. Rios, *Solución al Problema de la Topología en Redes Rurales Inalámbricas*, 8] 2014.

[4 O. A. F. Nieto, «Estudio de factibilidad, socialización y capacitación para
9] implementación de infraestructuras de VOZIP y comunicaciones convergentes
en la región del Sumapaz,» Fusagasuga, 2014.

[5 C. d. I. República, « Ley 1341 Artículo 10.,» 2009.
0]