

ESTUDIO DE DISPONIBILIDAD DE HUECOS ESPECTRALES EN TELEVISIÓN
EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS OFICIALES EN COLOMBIA FASE II.

SANTIAGO ANDRES MILLAN PARDO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
NOMBRE DEL DEPARTAMENTO PROGRAMA O CURSO
BOGOTÁ
2021

Estudio de Disponibilidad de Huecos Espectrales en Televisión en Las
Instituciones Educativas Oficiales En Colombia FASE II.

SANTIAGO ANDRES MILLAN PARDO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:
Ingeniero de Telecomunicaciones.

Directora:

Ing. MÓNICA ESPINOSA BUITRAGO M.SC.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
NOMBRE DEL DEPARTAMENTO PROGRAMA O CURSO
BOGOTÁ
2021

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C .15-6-2021.

Esta tesis está dedicada a mi familia, los cuales, con su amor, esfuerzo y ejemplo me han impulsado para cumplir con este sueño de ser profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este trabajo quiero utilizar este espacio para agradecer a mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez, a mis profesores que me han instruido y enseñado a usar herramientas para mi vida profesional, en especial a la Ingeniera Mónica Espinosa Buitrago, con la cual he tenido la oportunidad de trabajar por más de 3 años dentro del semillero TELESOFT

Así mismo a mis compañeros y amigos, a los cuales tuve la oportunidad de conocer durante esta etapa de mi vida, dejando experiencias llenas de alegrías y enseñanzas. Haciendo mucho mejor estos años de estudio, dónde todos buscábamos concluir con esta etapa.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	Pág	7
LISTA DE FIGURAS		10
GLOSARIO		15
RESUMEN		16
INTRODUCCIÓN		17
2. OBJETIVOS		18
2.1 OBJETIVO GENERAL		18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS		18
3. ALCANCE		19
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		20
4.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA		20
4.2 JUSTIFICACIÓN		21
5. MARCO TEÓRICO		23
5.1 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO		23
5.2 BANDAS DE FRECUENCIAS LICENCIADAS Y NO LICENCIADAS		25
5.3 ESPACIOS EN BLANCO EN TELEVISIÓN		26
6. REGULACIÓN COLOMBIANA PARA TVWS	¡Error! Marcador no definido.	
6.1 TV WHITE SPACES (TVWS)		27
6.2 REGULACIÓN EN COLOMBIA PARA LA TVWS		29
6.3 CONDICIONES TÉCNICAS Y OPERATIVAS PARA LA UTILIZACIÓN DE TVWS		30
6.3.1 DEFINICIONES		30
6.3.2 CONDICIONES GENERALES		32
6.3.3 CONDICIONES ESPECIALES		34
6.4 ACTUALIDAD DEL SECTOR EN COLOMBIA		36
6.5 PROYECTOS PARA CONECTIVIDAD RURAL		37
6.5.1 PROYECTO DE ACCESO UNIVERSAL SOSTENIBLE (AUS)		37
6.5.2 PROYECTO DE CONECTIVIDAD RURAL CENTROS DIGITALES		38
7. ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD TVWS		41
7.1 METODOLOGÍA		41
7.2 HERRAMIENTAS		42
7.2.1 RADIO MOBILE		43
7.2.1.1 INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN		43
7.2.2 QGIS 3.18		45
7.2.2.1 INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN		46
7.2.3 GOOGLE MAPS		48
7.2.4 ARCHIVOS .XLSX		48

7.3 CREACIÓN BASE DE DATOS	49
7.4 ELECCIÓN DE DEPARTAMENTOS PARA EL ESTUDIO	51
7.5 FILTRACIÓN DE ESCUELAS	53
7.5.1 LISTADO DE ESCUELAS SELECCIONADAS	59
8. ANÁLISIS DE COBERTURA RADIOELÉCTRICA	69
8.1 ESTUDIO DE LÍNEA DE VISTA	69
8.1.1 TABLAS DE VALIDACIÓN DE LÍNEA DE VISTA	76
8.1.2 CAPTURAS DE LÍNEA DE VISTA	90
8.1.2.3 CAPTUTAS CAQUETA MAPA 2	95
8.2 ESTUDIO MAPA DE COBERTURA RADIOELÉCTRICA	119
8.2.3 MAPA DE COBERTURA MAPA 2	121
8.2.4 MAPA DE COBERTURA MAPA 3	122
8.2.5 MAPA DE COBERTURA MAPA 4	122
8.3 REVISIÓN DE RESULTADOS	123
8.3.1 TABLA COBERTURA RADIOELÉCTRICA	123
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES	130
BIBLIOGRAFÍA	131

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Uso y propiedades de las bandas del espectro radioeléctrico	20
Tabla 2. Condiciones técnicas y operativas para la utilización de TVWS	25
Tabla 3. Definiciones para TVWS	28
Tabla 4. Condiciones generales para el uso de TVWS	30
Tabla 5. Condiciones especiales para TVWS	32
Tabla 6. Municipios cubiertos en el plan AUS	34
Tabla 7. Departamentos pertenecientes al operador Claro	36
Tabla 8. Departamentos pertenecientes al operador UT Centros Poblados	37
Tabla 9. Instituciones Educativas Rurales con disponibilidad para TVWS por departamento	47
Tabla 10. Disponibilidad canales para instituciones rurales por departamento	47
Tabla 11. Cantidades de escuelas por departamento	55
Tabla 12. Cantidad de escuelas por departamento después de filtrar	59
Tabla 13. Cantidad de escuelas para conectar por departamento	60
Tabla 14. Listado de instituciones para el estudio	69
Tabla 15. Tabla de conexión Guaviare	79
Tabla 16. Tabla de conexión Caquetá mapa 1	81
Tabla 17. Tabla de conexión Caquetá mapa 2	84
Tabla 18. Tabla de conexión Caquetá mapa 3	90

Tabla 19. Tabla de conexión Caquetá mapa 4
92

Tabla 20. Validación de cobertura a las IER con línea de vista 124

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. arquitectura de la TVWS	27
Figura 2. Mapa con las escuelas de Caquetá	41
Figura 3. Página oficial Radio Mobile	42
Figura 4. Inicio de instalación Radio Mobile	43
Figura 5. Proceso de instalación Radio Mobile	43
Figura 6. Fin de instalación Radio Mobile	44
Figura 7. Página oficial QGIS	45
Figura 8. Inicio de instalación QGIS	45
Figura 9. Mapa de Colombia en QGIS	46
Figura 10. Mapa de escuelas en Google Maps	47
Figura 11. Suma de canales disponibles	50
Figura 12. Suma de canales disponibles frente a departamento	51
Figura 13. Mapa completo de instituciones en Caquetá	53
Figura 14. Mapa completo de instituciones en Guaviare	53
Figura 15. Mapa primer filtro de instituciones en Caquetá	54
Figura 16. Ejemplo cuadrante delimitador	55

Figura 17. Mapa filtrado de Guaviare	56
Figura 18. Mapa filtrado de Guaviare con cobertura	57
Figura 19. Mapa general del Caquetá	58
Figura 20. Mapa 1 filtrado de Caquetá con cobertura	58
Figura 21. Mapa 2 filtrado de Caquetá con cobertura	59
Figura 22. Mapa 3 filtrado de Caquetá con cobertura	59
Figura 23. Mapa 4 filtrado de Caquetá con cobertura	60
Figura 24 Extracción del mapa en Radio Mobile	67
Figura 25. Mapa de elevación generado por Radio Mobile	68
Figura 26. Agregar Puntos en Radio Mobile	68
Figura 27. Mapa de Guaviare Radio Mobile	69
Figura 28. Mapa 1 de Caquetá Radio Mobile	70
Figura 29. Mapa 2 de Caquetá Radio Mobile	70
Figura 30. Mapa 3 de Caquetá Radio Mobile	71
Figura 31. Mapa 4 de Caquetá Radio Mobile	71
Figura 32. Gráfico de torta para escuelas en Guaviare	72
Figura 33. Gráfico de torta para escuelas en Caquetá mapa 1	72
Figura 34. Gráfico de torta para escuelas en Caquetá mapa 2	73
Figura 35. Gráfico de torta para escuelas en Caquetá mapa 3	73
Figura 36. Gráfico de torta para escuelas en Caquetá mapa 4	74

Figura 37. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con Barrancón Palmeras	90
Figura 38. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con Buena Vista II	91
Figura 39. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con San Francisco I	91
Figura 40. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con El Refugio	92
Figura 41. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con Guanapalo	92
Figura 42. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con Manantiales	93
Figura 43. Línea de vista entre la IE Diego Omar G con Los Picachos	94
Figura 44. Línea de vista entre la IE Diego Omar G con Los Alpes	94
Figura 45. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Niña Alta	95
Figura 46. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con La Esmeralda	95
Figura 47. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Las Malvinas	96
Figura 48. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Morabia	96
Figura 49. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Indígena San Francisco	97
Figura 50. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Indígena San Francisco	97
Figura 51. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Los Andes	98
Figura 52. Línea de vista entre la IE El Chaira con Aurora Del Guayas	99
Figura 53. Línea de vista entre la IE El Chaira con Los Pilonos	99
Figura 54. Línea de vista entre la IE El Chaira con El Triunfo	100
Figura 55. Línea de vista entre la IE El Chaira con Monterrey	100

Figura 56. Línea de vista entre la IE El Chaira con Jordan #1	101
Figura 57. Línea de vista entre la IE El Chaira con Juan Pablo II	101
Figura 58. Línea de vista entre la IE El Chaira con Jose Hilario Ortiz	102
Figura 59. Línea de vista entre la IE El Chaira con Nueva Zelandia	102
Figura 60. Línea de vista entre la IE El Chaira con El Castillo	103
Figura 61. Línea de vista entre la IE El Chaira con Aguas Claras	103
Figura 62. Línea de vista entre la IE El Chaira con Guadualosa	104
Figura 63. Línea de vista entre la IE El Chaira con Las Marimbas	104
Figura 64. Línea de vista entre la IE El Chaira con El Brillante	105
Figura 65. Línea de vista entre la IE El Chaira con Barcelona	105
Figura 66. Línea de vista entre la IE El Chaira con Barcelona	106
Figura 67. Línea de vista entre la IE El Chaira con Las Vasijas	106
Figura 68. Línea de vista entre la IE El Chaira con La Independencia	107
Figura 69. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Macarena	108
Figura 70. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Peñaranda	108
Figura 71. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Samaria	109
Figura 72. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Los Angeles	109
Figura 73. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con El Recreo	110
Figura 74. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Correntoso	110
Figura 75. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Bocana Chontillosa	

	111
Figura 76. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con El Amparo	111
Figura 77. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Cristalina	112
Figura 78. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Libertad	112
Figura 79. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Venado	113
Figura 80. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con El Retiro	113
Figura 81. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Paz	114
Figura 82. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Floresta	114
Figura 83. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Española	115
Figura 84. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Las Palmeras	115
Figura 85. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Marsella	116
Figura 86. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Amistad	116
Figura 87. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con El Castillo	117
Figura 88. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Betania	117
Figura 89. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Buenos Aires	118
Figura 90. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Miranda 118	
Figura 91. Mapa de cobertura Guaviare	120
Figura 92. Mapa cobertura mapa 1	121
Figura 93. Mapa cobertura mapa 2	121

Figura 94. Mapa cobertura mapa 3	122
Figura 95. Mapa cobertura mapa 4	123

GLOSARIO

IEO: Instituciones Educativas Oficiales.

IER: Instituciones Educativas Rurales

IE: Instituciones Educativas

ANE: Agencia Nacional del Espectro.

CNAF: Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

ER: Espectro radioeléctrico.

TVWS: TV White Space

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

RESUMEN

La opción de llegar y brindar servicio de conexión de internet en zonas rurales las cuales presentan dificultad para hacer uso de medios físicos es algo no sólo real, sino también posible y viable en el territorio colombiano.

Buscando la forma de reducir la brecha digital en Colombia el desarrollo de varios proyectos gubernamentales se ha encargado de brindar conexión a escuelas las cuales no cuentan con dicho servicio, dejando a muchas escuelas las cuales tienen dificultades para poder hacerse con este servicio tan necesario en nuestra sociedad.

Este estudio busca realizar el estudio de disponibilidad de Huecos Espectrales en Televisión a las escuelas que no se encuentren conectadas, brindando nuevas opciones tecnológicas para llegar a más lugares del país. Aprovechando de una forma óptima el espectro radioeléctrico al usar los canales que se encuentran libres.

PALABRAS CLAVE: TVWS, Espectro Radioeléctrico, Cobertura Radioeléctrica.

1. INTRODUCCIÓN

Considerando la educación como un derecho fundamental para todos los niños niñas y jóvenes en el territorio colombiano hay que considerar la situación de pandemia por COVID 19 actual, donde la educación está sufriendo una de las más grandes crisis en los últimos años. Esta situación se da a causa del cierre de las instituciones educativas, reduciendo su funcionamiento únicamente a forma virtual.

Teniendo en cuenta que en Colombia la brecha digital existente es mayor al 70% en las zonas rurales según las estadísticas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), siendo una gran limitante para el desarrollo de futuras generaciones y el desarrollo social del país. Siendo más que necesario el poder brindar conexión a las escuelas rurales las cuales no cuentan con este servicio.

Es en este punto donde aprovechar del espectro radioeléctrico puede ser favorable para llevar a buen término diferentes proyectos para la conexión de escuelas en estado de desconexión. Como posible solución existen los espacios en blanco en televisión, permitiendo hacer uso de frecuencias que se encuentren libres para brindar una conexión a internet.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio de conectividad por medio de huecos espectrales en televisión para las instituciones educativas oficiales colombianas rurales que no tengan planes de conectividad del gobierno nacional colombiano de acuerdo con la regulación vigente colombiana y la disponibilidad de canales en la banda de 470 MHz a 698 MHz.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar la regulación colombiana existente referente al espectro radioeléctrico a nivel de Huecos Espectrales en Televisión y los planes de conectividad de instituciones educativas oficiales.

Establecer la disponibilidad de huecos espectrales en televisión para las instituciones oficiales rurales colombianas que no tienen plan de conectividad por medio de consultas a la base de datos desarrollada por el grupo de investigación INVTEL.

Realizar un estudio de conectividad para 100 instituciones educativas oficiales colombianas con instituciones educativas que tengan conexión a internet de acuerdo con un análisis de cobertura radioeléctrica.

3. ALCANCE

Este proyecto tiene como meta el plantear una propuesta de conexión para instituciones educativas en áreas rurales mediante el uso de TVWS. Para esto es necesario identificar las características técnicas y regulatorias presentes en TVWS.

Adicionalmente, se tiene que hacer una validación de las sedes educativas oficiales rurales las cuales se encuentren dentro del radio de cobertura que genere el dispositivo ubicado en el centro poblado.

1. Identificar y documentar los requerimientos técnicos y regulatorios para la TVWS
2. Definir la muestra de las 100 instituciones educativas que serán objeto de estudio de acuerdo con datos del DANE y de disponibilidad de TVWS
3. Generar mapa de cobertura radioeléctrica para la conexión de instituciones educativas
4. Analizar mapa de cobertura radioeléctrica para validar la conexión entre instituciones educativas

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia, uno de los retos más importantes se encuentra en el sector de la educación, el cual en muchos casos no cuenta con las herramientas necesarias para brindar educación de calidad para los jóvenes, Esto se ve de forma más clara a nivel rural donde la falta de herramientas tecnológicas se ve de forma mucho más clara al no tener un servicio de conectividad a internet. En el año 2019 se iniciaron proyectos para cerrar la brecha digital, la ampliación de cobertura de los servicios de conexión está considerada dentro de la Ley de modernización del sector TIC [1].

Actualmente las zonas rurales son aquellas que presentan la llamada brecha digital, referenciando la desigualdad existente para el acceso a las nuevas tecnologías y a la información. El brindar conectividad a zonas rurales e instituciones educativas es parte del Plan “Ejecutando y Conectando” del ministerio TIC [2]. Siendo parte del Plan TIC 2018-2022[3]el cual tiene como objetivo la inclusión social digital, brindando acceso a sus herramientas digitales.

Los Huecos Espectrales en Televisión (TVWS, por sus siglas en inglés), son frecuencias que se encuentran libres dentro del espectro de frecuencias asignadas para los prestadores de servicios de televisión, siendo ésta una solución viable para prestar servicios de conexión en zonas rurales. Siendo la Agencia Nacional de Espectro (ANE) en el caso de Colombia la encargada de la regulación del espectro radioeléctrico y los servicios que se presten por medio del mismo.

Con el fin de brindar conectividad instituciones educativas que se encuentren alejadas del casco urbano es necesario el estudio de la normativa acerca del uso de los TVWS, al igual que tener presente las Instituciones Educativas Oficiales (IEO) las cuales van a ser las primeras beneficiadas con este estudio.

Ya en Colombia se llevaron a cabo pruebas piloto para 3 instituciones educativas donde se utilizó TVWS para brindar servicio de internet [4]. Esto presenta la oportunidad de brindar conexión a muchas más instituciones las cuales no tienen conexión. Siendo viable el uso de TVWS, presentando opciones para cerrar la brecha digital existente al igual que mejorar el aprovechamiento del espectro radioeléctrico dentro del territorio nacional.

Teniendo en cuenta todo lo anterior mencionado surge la pregunta: ¿Cómo se puede brindar conectividad a las instituciones educativas en zonas rurales por medio de la TWVS?

4.2 JUSTIFICACIÓN

En el Plan TIC 2018-2022 [3] se declara a las TIC como un potenciador del desarrollo económico y social, mejorando la calidad de vida de los colombianos. Durante el desarrollo de este documento se toca el tema de la brecha digital la cual se ve de forma más notoria en las zonas rurales. Por esto la política TIC 2018-2022 “El Futuro Digital es de Todos” está enfocada en cerrar la brecha digital, mejorando la calidad de vida y el desarrollo socioeconómico del sector.

Uno de los más grandes retos que se tienen es el poder brindar conectividad en áreas rurales y con dificultades para el acceso a las mismas. Para estos casos se hace uso del programa para masificar el acceso universal, este programa busca brindar conectividad en zonas rurales donde ningún mecanismo, público ni privado está brindando este servicio. Dicho programa cuenta con cuatro iniciativas:

- Zonas digitales rurales, que beneficiará a 1.000 centros poblados mediante modelos de cooperación público-privada.
- Centros digitales rurales, que beneficiará a 10.000 centros poblados mediante modelos de acceso gratuito a Internet garantizado por 10 años.
- Acuerdo marco de conectividad, que beneficiará a las entidades públicas y les permitirá disponer de espacios abiertos de acceso gratuito a Internet.
- El plan de obligaciones de hacer, priorizará centros poblados que no hayan sido beneficiados con ningún otro programa.

Para poder llegar a la mayor cantidad de centros rurales es necesario hacer uso de nuevas formas de brindar el servicio ya que los medios clásicos en muchas ocasiones presentan problemas para prestar el servicio en algunos centros rurales. Esto permite que operadores de TVWS sean vistos como una solución viable, siendo parte de las alternativas tenidas en cuenta por parte del gobierno, encontrándose en fase de pruebas, dado territorio colombiano y la disponibilidad de canales en cada área.

El brindar conectividad en estas zonas rurales con difícil acceso es un paso más para una sociedad más equitativa y con mayores oportunidades, esto ya que fortalece los sectores de la educación, laboral, salud y económico. Siendo uno de los beneficios que trae consigo el uso de las herramientas tecnológicas y el acceso a información.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro radioeléctrico es un recurso natural público inajenable e imprescriptible administrado por el gobierno de cada país. En el espectro se transmiten señales de radio, en donde pueden canalizarse diferentes tipos de servicios de telecomunicaciones tales como la radiodifusión sonora, radiodifusión de televisión, servicios telecomunicaciones móviles, entre otros.

En la constitución política de Colombia se aclara en el artículo 75 que se tiene que garantizar igualdad en las oportunidades para el acceso al espectro radioeléctrico, estando sujeto a los términos legales para su uso [4].

Adicionalmente, el espectro radioeléctrico forma parte del espectro electromagnético, este ocupa las bandas correspondientes a la asignación de frecuencias, de acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) estas están comprendidas de 3 KHz hasta 3.000 GHz. Está a su vez dividida en bandas de acuerdo con el tipo de servicio que se presente en estas. Cómo se observa en la Tabla 1.

Banda	Rango de Frecuencias	Alcance	Utilización Común	Ancho de Banda	Interferencia
VLF (ondas milimétrica)	3-30 kHz	1000 km	Radionave gación de largo	Muy estrecha	De amplia distribución

s)			alcance		
LF (ondas kilométricas)	30-300 kHz	1000 km	Radionavegación de largo alcance	Muy estrecha	De amplia distribución
MF (ondas hectométricas)	300-3 000 kHz	2-3000 km	Radionavegación de largo alcance	Moderada	De amplia distribución
HF (ondas decamétricas)	3-30 MHz	Hasta 1000 km	Fijos punto a punto y Radiodifusión a nivel mundial	Amplia	De amplia distribución
VHF (ondas métricas)	30-300 MHz	2-300 km	Radiodifusión, Móviles, WAN	Muy amplia	Confinada
UHF (ondas decimétricas)	300- 3000 MHz	<100 km	Radiodifusión, Móviles, satelital	Muy amplia	Confinada
SHF (ondas centimétricas)	3-30 GHz	30-2000 km	Fijos, Radiodifusión, móviles, WAN, comunicaciones por satélite	Muy amplia hasta 1 GHz	Confinada
EHF (ondas milimétricas)	30-300 GHz	20-2000 km	Radiodifusión, fijos punto a punto, móviles,	Muy amplia hasta 10 GHz	Confinada

			comunicaciones por satélite		
--	--	--	-----------------------------	--	--

Tabla 1. Uso y propiedades de las bandas del espectro radioeléctrico [5]

Como se comentó anteriormente cada gobierno se encarga de la correcta administración de este bien público y limitado. En el caso de Colombia este ente rector es la Agencia Nacional del Espectro (ANE), esta se encarga de la planeación, asignación, control y vigilancia del espectro radioeléctrico en Colombia, simultáneamente brinda asesoría técnica para hacer un uso eficiente del espectro, educando al pueblo colombiano en competencias básicas para el uso y aplicación del mismo.

Entre las competencias de la ANE se encuentra la elaboración del cuadro de atribución de frecuencias, donde este define los servicios y las frecuencias asegurando la calidad y disponibilidad. Esto permite la coexistencia de servicios en bandas de frecuencias determinadas. Esta distribución se encuentra en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF).

5.2 BANDAS DE FRECUENCIAS LICENCIADAS Y NO LICENCIADAS

Aparte de la división por la gama de frecuencias que se manejan para la administración también se tiene la separación de los usuarios que pagan por hacer uso exclusivo de una fracción de estas bandas de frecuencia, esto con el fin de asegurar que no tendrá interferencias y mantener la disponibilidad para su servicio.

Las bandas licenciadas son aquellas las cuales son alquiladas para asegurarse del uso exclusivo de dichas bandas, estas bandas tienen mejor calidad de servicios por razones anteriormente expuestas.

Al ser canales destinados a un único servicio se deduce que no en todos los casos se ocupa la totalidad del canal, también en casos específicos se tienen bandas de seguridad entre estos servicios. Estas son frecuencias las cuales se encuentran libres para evitar interferencias.

Por otro lado, las bandas no licenciadas son las bandas que son de acceso libre, esto implica que todos los usuarios pueden hacer uso de estas sin la necesidad de tener que pagar, por esta razón no se asegura la calidad de servicio o la disponibilidad para un servicio en particular.

En la resolución 711 del 2016[8]se esclarece el uso libre de estas frecuencias dentro del territorio nacional, por medio de sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha y baja potencia. Teniendo en cuenta las restricciones que se tienen dado a un uso gratuito del espectro.

5.3 ESPACIOS EN BLANCO EN TELEVISIÓN

Los espacios en blanco en televisión son canales que se encuentran libres o no están siendo usados por los canales de televisión abierta, en algunas zonas geográficas que tienen cobertura del canal. Estas pueden ser usadas para la transmisión de información por medio de estas frecuencias, con la condición de asegurar el no interferir con los canales licenciados. [9]

Los espacios en blanco en televisión se encuentran en las frecuencias comprendidas entre 470 MHz y 698 MHz [181 de 2019], las cuales pueden ser usadas por servicios de radiocomunicaciones, evitando interferir a estaciones de servicios primarios o secundarios las cuales tengan banda licenciada.

La regulación referente al uso de estos espacios tiene como parámetros las frecuencias de trabajo, de esta forma asegurar que no se interfiere con un canal licenciado [10], también los dispositivos tienen que estar en constante interacción con la Base de Datos de Espacios en Blanco (BDEB), se tiene que hacer una petición para tener la lista de canales disponibles, potencias máximas para transmisión, altura máxima de antenas, canales prohibidos, uso de múltiples canales, entre otras.

6. REGULACIÓN COLOMBIANA PARA TVWS

6.1 TV WHITE SPACES (TVWS)

Los TVWS (TV White Spaces, por sus siglas en inglés) son una alternativa tecnológica la cual permite brindar conectividad en zonas rurales [11], esta es una solución planteada de forma internacional dado su potencial. Dichos dispositivos [12] son radios los cuales hacen uso de frecuencias que se encuentran disponibles en la banda de televisión.

Estas bandas disponibles se encuentran en lugares determinados y para hacer uso de estos hay que asegurar que los equipos no generen interferencia con los usuarios primarios, prestadores de servicio que se encuentren en funcionamiento, uno de estos servicios con los que se comparte frecuencia es la TDT (Televisión Digital Terrestre), televisión abierta analógica.

En Colombia el uso de TVWS se encuentra regulado por la ANE, la cual estipula las características técnicas, plataformas de consulta y reglamentación para hacer un uso correcto del espectro, asegurar la protección a bandas licenciadas y condiciones de uso. De esta forma será posible la reducción en la brecha digital [12].

Colombia es el primer país en elaborar un marco normativo para el uso de los espacios en blanco en televisión, esto le permitió ganar el reconocimiento en: “Innovación en Políticas de Acceso Dinámico al Espectro”, este reconocimiento siendo entregado a la ANE en la cumbre mundial anual realizada en Ciudad del Cabo, en Sudáfrica.

Actualmente Colombia maneja dos resoluciones, estas son: Resolución 461 de 2017 y la Resolución 181 de 2019. Esta primera recomendación fue derogada en su totalidad por su sucesora, donde se especifican las condiciones y los requerimientos para hacer uso de los espacios en blanco en el territorio colombiano.

La Resolución 181 de 2019 se encarga de definir los espacios en blanco para Colombia como: la banda de frecuencia UHF la cual comprende la banda de los 470 MHz a los 698 MHz, las cuales no se encuentran asignadas en un área específica y pueden usarse para diversas aplicaciones de radiocomunicaciones en estas áreas libres. Estas aplicaciones no causan interferencias a las estaciones prestadoras de un servicio en banda licenciada.

Los huecos en televisión se encuentran en el 99% de los municipios, en promedio se usa solo el 20% lo cual significa que sólo 10 canales de 39 disponibles en cada municipio están siendo usados. Abriendo las puertas a la conectividad en instituciones educativas alejadas de los cascos urbanos [5][12] por medio de TVWS.

Dichos canales disponibles se encuentran en la UHF siendo más específicos en las frecuencias comprendidas entre 470 a 790 MHz. Siendo frecuencias empleadas para la televisión analógica. Esto nos permite llevar a cabo la conexión en zonas rurales.

El emplear TVWS tiene como beneficios: sus bajos costos para la implementación, su calidad en transmisión, la distancia de cobertura que oscila entre 10 y 20 km (sin línea de vista), con una velocidad de transmisión de entre 8 a 10 Mbps. [5][12][19]

La TVWS hace uso de 3 elementos fundamentales para su funcionamiento: la base de datos de espacios en blanco, dispositivo maestro y dispositivos esclavos. Su arquitectura básica se muestra en la Figura 1.

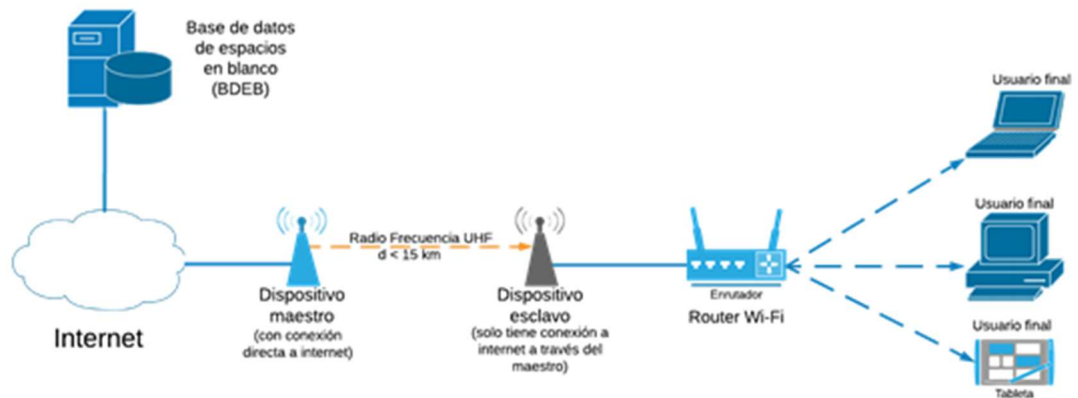


Figura 1. arquitectura de la TVWS [Creación Propia]

En esta arquitectura la Base de Datos de Espacios en Blanco (BDEB) es el eje fundamental para una correcta implementación asegurando la no interferencia con canales de televisión. La BDEB brinda la información de los canales disponibles, recomendaciones técnicas entre otras especificaciones. Esto para validar no causar interferencias entre los equipos y los canales de televisión.

6.2 REGULACIÓN EN COLOMBIA PARA LA TVWS

La regulación describe las características que debe tener cada uno de los dispositivos que hagan uso de los espacios en blanco, estas son: la capacidad integrada de geolocalización, la integración de la base de datos para acceder a los espacios en blanco disponibles. Estos dispositivos se clasifican por dispositivos maestros y dispositivos esclavos siendo los maestros los que tienen conexión a Internet para poder hacer consultas en la base de datos de canales disponibles.

Los dispositivos esclavos se encuentran asociados a los dispositivos maestros, este dispositivo hace la petición de canales base de datos de espacios en blanco a través de su dispositivo maestro asociado.

La base de datos de espacios en blanco es la parte más importante, es una herramienta que tiene el listado de canales disponibles y responde a los dispositivos maestros todas sus peticiones. Para que la BDEB entregue el listado de canales es necesario conocer la posición geográfica del dispositivo

esclavo, garantizando las condiciones de coexistencia, protección de los servicios primarios y secundarios contra interferencias.

El listado de canales disponibles es calculado por la BDEB y se le envía al equipo maestro que hizo la petición, esta lista contiene la ubicación geográfica de los equipos, las condiciones de coexistencia.

Las condiciones de coexistencia son parámetros técnicos los cuales garantizan la protección a las interferencias a los servicios primarios. Estos parámetros están a disposición de la ANE sin previo aviso.

6.3 CONDICIONES TÉCNICAS Y OPERATIVAS PARA LA UTILIZACIÓN DE TVWS

Banda (MHz)	Aplicación	Límite de potencia o intensidad de campo
470 – 698	Espacios en blanco	12.6 dBm / 100 kHz (Potencia entregada a la antena)

Tabla 2. Condiciones técnicas y operativas para la utilización de TVWS [8][9]

6.3.1 DEFINICIONES

SERVICIO PRIMARIO	Servicio de radiocomunicaciones registrado y atribuido a un servicio primario, esto acorde al Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (CNABF).
SERVICIO SECUNDARIO	Servicio de radiocomunicaciones atribuido a servicios secundarios (No pagan licencia)
ESPACIOS EN BLANCO	Banda de frecuencias entre los 470 y 698 MHz las cuales no se encuentran asignadas en áreas específicas, donde se pueden desplegar aplicaciones de

	radiocomunicaciones en dicha área sin generar interferencias con los servicios primarios que tienen asignadas estas bandas de frecuencias.
DISPOSITIVO DE ESPACIOS EN BLANCO	Dispositivos con geolocalización el cual pueda hacer uso de la base de datos para interactuar con los espacios en blanco. Existen dispositivos maestros y dispositivos esclavos.
DISPOSITIVO MAESTRO	Dispositivo de espacios en blanco con conexión a Internet, este se encarga de hacer las diferentes peticiones a la base de datos de canales disponibles para todos los dispositivos esclavos que tenga asociados.
DISPOSITIVO ESCLAVO	Dispositivo de espacios en blanco asociado a un dispositivo maestro, éste realiza las diferentes peticiones de canales para evitar interferencias, las consultas se realizan a través del dispositivo maestro asociado.
BASE DE DATOS DE ESPACIOS EN BLANCO (BDEB)	Esta herramienta tiene el listado de canales disponibles y responde a los dispositivos maestros todas sus peticiones. Para que la BDEB entregue el listado de canales es necesario conocer la posición geográfica del dispositivo esclavo, esto para garantizar las condiciones de coexistencia, protección de los servicios primarios y secundarios contra interferencias.
PETICIÓN DE CANALES DISPONIBLES	Petición que es ejecutada por el dispositivo maestro hacia la BDEB, esta regresa la lista de canales disponibles la cual es calculada por la ubicación geográfica acorde a las condiciones de coexistencia.

LISTA DE CANALES DISPONIBLES	Lista de canales la cual es calculada por la BDEB y se envía al maestro como respuesta a la petición del dispositivo esclavo. Para calcular estos canales se tienen en cuenta la ubicación geográfica, la asignación de la banda de frecuencias y las condiciones para la coexistencia.
CONDICIONES DE COEXISTENCIA	Son aquellas condiciones técnicas las cuales garantizan proteger los servicios primarios asignados a las frecuencias comprendidas entre 470 MHz a 698 MHz. las condiciones como son: márgenes de protección, potencias, alturas, canales prohibidos entre otras. Estas se encuentran ingresadas en la BDEB y son tenidas en cuenta para los cálculos de canales disponibles. Todo esto para asegurar que no existe interferencia, condiciones sujetas a cambios por parte de la ANE sin previo aviso.
EMISIONES NO DESEADAS	Acorde con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, estas emisiones no deseadas son el grupo de emisiones las cuales se encuentran fuera de la banda de frecuencia, siendo resultado de los procesos de modulación.
ALTURA PROMEDIO DEL TERRENO	Se describe que la altura promedio de un punto se calcula como el promedio de todas las alturas que se encuentren entre 1.5 km y 16 km alrededor de este punto.

Tabla 3. Definiciones para TVWS [8][9]

6.3.2 CONDICIONES GENERALES

FRECUENCIA DE OPERACIÓN	Los dispositivos que operan en los
--------------------------------	------------------------------------

	espacios en blanco solo pueden hacer uso de las frecuencias comprendidas entre 470 MHz a 698 MHz siempre y cuando se encuentren disponibles acordes a lo establecido por la ANE.
MODO DE OPERACIÓN	Estos dispositivos operan únicamente en puntos geográficos específicos para las modalidades s punto a punto o punto a multipunto. Se encuentran prohibidos los dispositivos portátiles o móviles.
DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA MÁXIMA	La potencia entregada por la antena no puede ser superior a 12.6 dBm medidos en cualquier segmento de 100 kHz.
GANANCIA DE ANTENA MÁXIMA	La antena conectada a un dispositivo de espacios en blanco tiene como máximo de ganancia 14 dB referidos a un dipolo de media onda (dBd).
LÍMITE DE EMISIONES NO DESEADAS	Estas emisiones están limitadas a un máximo de potencia de -42.8 dBm medidos en cualquier segmento de 100 kHz.
CONTROL AUTOMÁTICO DE POTENCIA	Cada dispositivo debe emplear el cambio de potencia para transmitir su señal con la potencia mínima para establecer conexión de forma automática.
ALTURA MÁXIMA DE ANTENA	Las antenas no pueden superar la altura del nivel del terreno por 50 metros.
ALTURA MÁXIMA POR ENCIMA DEL PROMEDIO DEL TERRENO	Los dispositivos únicamente podrán funcionar si la altura por encima del promedio del terreno sea menor a 800 metros.
PETICIÓN PERIÓDICA DE LA LISTA DE CANALES DISPONIBLES	Los dispositivos maestros deben consultar a la BDEB de forma periódica

	la disponibilidad de los canales.
RESTRICCIONES DE OPERACIÓN	No se permite el uso de dispositivos de espacios en blanco en áreas específicas del país las cuales son definidas por la ANE. Esto evita interferencias.
	No se puede usar canales específicos para evitar interferencias con servicios de telecomunicaciones que operen en bandas adyacentes.
DISPONIBILIDAD DE ESPECTRO	No se asegura que la instalación de equipos siempre tenga un canal disponible.
SOLUCIÓN DE INTERFERENCIAS	Si se sospecha de la existencia de interferencia en canales primarios o secundarios la ANE proseguirá a hacer una validación y en caso de ser la causa deberá suspender la transmisión y cumplir con un proceso de mitigación de interferencias o será sancionado.

Tabla 4. Condiciones generales para el uso de TVWS [8][9]

6.3.3 CONDICIONES ESPECIALES

CONFIGURACIÓN MANUAL DE LOS DISPOSITIVOS	Antes del despliegue de la BDEB los dispositivos se tienen que configurar de forma manual y solo podrá hacer uso de las frecuencias asignadas por la ANE.
CONFIGURACIÓN AUTOMÁTICA DE LOS DISPOSITIVOS	Con la BDEB ya implementada las frecuencias no pueden ser configuradas de forma manual ya que esta información es proveniente de los cálculos de la BDEB.
USO DEL ESPECTRO	Los dispositivos que quieran conectarse tendrán que tener conexión con la BDEB para poder hacer uso del

		mismo.
CAPACIDAD GEOLOCALIZACIÓN	DE	Únicamente los dispositivos que tengan la capacidad de geolocalización automática con un margen inferior a ± 50 metros.
USO DE MÚLTIPLES CANALES		Los dispositivos podrán hacer uso de varios canales mientras se encuentran disponibles y la BDEB autorice.
INICIO DE LA COMUNICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS ESCLAVOS		Los dispositivos maestro y esclavo deben hacer uso de un mismo canal para realizar las peticiones de canales disponibles. Luego el dispositivo esclavo deberá emplear inmediatamente un canal que pertenezca a dicha lista para continuar su operación.
INICIO Y CONTINUACIÓN DE OPERACIÓN	DE	<p>Un Maestro no podrá iniciar y/o continuar con la transmisión de información en el caso de:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lista entregada por la BDEB se encuentre vacía 2. BDEB marque un error 3. BDEB muestre señal de cese de operación 4. BDEB no responda una petición <p>Un esclavo no iniciará o continuará una operación en los siguientes casos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No esté conectado con el maestro 2. Las listas de canales del maestro y esclavo no compartan canales disponibles
PETICIONES PERIÓDICAS DE CANALES DISPONIBLES	DE	Se tiene que realizar por lo menos una petición cada 24 horas. solo se pueden usar los canales los cuales están presente en la última consulta.
SEGURIDAD DE LA COMUNICACIÓN CON LA BDEB		La comunicación entre los dispositivos y la BDEB debe tener protección para

	que terceros no puedan modificar esta comunicación.
DATOS DE CONTACTO DEL RESPONSABLE DE UN DISPOSITIVO	Para poder solucionar las interferencias las peticiones que se realicen deben tener añadida la siguiente información: <ol style="list-style-type: none"> 1. Serial del dispositivo 2. Ubicación 3. Nombre del responsable (persona/entidad) 4. Cedula o NIT correspondiente 5. Dirección física (persona/entidad) 6. Correo electrónico (persona/entidad) 7. Teléfono (persona/entidad)
CONFIRMACIÓN DE USO DE CANALES	Los maestros informan a la BDEB cuál es su canal donde va a operar, también informará que canales van a usar los esclavos
PROCEDIMIENTO PARA OBTENER UNA LISTA DE CANALES DISPONIBLES PARA LA OPERACIÓN ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA DE LA BDEB	El procedimiento para consultar a la BDEB es: <ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitud de disponibilidad de canales 2. Requerimiento de aclaración de la solicitud 3. Disponibilidad de canales 4. Validez de la disponibilidad de canales 5. Uso de canales con disponibilidad no válida

Tabla 5. Condiciones especiales para TVWS [8][9]

6.4 ACTUALIDAD DEL SECTOR EN COLOMBIA

A principios del mes de abril el senado aprobó la “Ley de internet como servicio público esencial y universal”, siendo uno de los pasos más grandes dados por el gobierno para la reducción de la brecha digital en todo el país de forma

equitativa, garantizando el derecho efectivo a tener una conexión a internet [33][34].

Esta ley en resumen consiste en: garantizar el acceso a internet, reducción de costos para que las tarifas sean accesibles al público, conectar nuevas ubicaciones geográficas, así mismo se prohíbe que se interrumpa el servicio para asegurar un servicio permanente y continuo [35].

Como punto crucial se tiene presente el sector de la educación, el cual es uno de los más afectados por las crisis actuales. Por esta razón el objetivo es fortalecer las conexiones y la navegación sin costo en portales educativos los cuales son escogidos por el MINTIC. De esta forma se reduce la brecha digital, se apoyan proyectos de conexión con la finalidad de generar conexión a las escuelas rurales las cuales presentan dificultad para tener el servicio por medios físicos tradicionales.

6.5 PROYECTOS PARA CONECTIVIDAD RURAL

En la actualidad el gobierno colombiano se encuentra trabajando en múltiples proyectos para la reducción de la brecha digital, permitiendo el acceso a internet a las nuevas tecnologías y favorecer el sector de la educación en el país.

Para conseguir esta reducción de la brecha digital se hace necesario el generar proyectos los cuales se enfoquen únicamente en las zonas las cuales tienen difícil acceso y con población vulnerable.

Para llevar el internet a las zonas rurales se lleva a cabo dos grandes proyectos los cuales son: proyecto de Acceso Universal Sostenible (AUS) y proyecto de conectividad rural Centros Digitales.

6.5.1 PROYECTO DE ACCESO UNIVERSAL SOSTENIBLE (AUS)

El 6 de marzo del 2019 el gobierno por medio del Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) publicó el borrador del proyecto, el cual busca conectar un total de 1000 poblaciones [36] las cuales no cuentan con acceso a internet [37].

El foco principal para las poblaciones beneficiarias son zonas rurales las donde se busca promover la apropiación de las TIC, en el proyecto se especifica la búsqueda de conexión de más de 370 municipios de Colombia, estos se distribuirán en 20 departamentos los cuales son enumerados en la Tabla 6. La

Conexión es por medio de los centros comunitarios de internet, esto va a permitir la conexión por un tiempo limitado.

El objetivo final de dicho proyecto es la mejora de la educación en estos departamentos, también busca que esta solución sea sostenible en el tiempo. Para esto se busca que su ejecución, planeación y mantenimiento tenga costos mínimos, de esta forma ampliar las posibilidades de educación, mejorar las oportunidades para los habitantes y mejorar la calidad de vida por medio de la tecnología y la educación.

#	DEPARTAMENTO
1	Antioquia
2	Caldas
3	Quindío
4	Risaralda
5	Tolima
6	Huila
7	Bolívar
8	Cesar
9	Córdoba
10	Magdalena
11	Sucre
12	Cauca
13	Nariño
14	Valle del Cauca
15	Cundinamarca
16	Boyacá

17	Meta
18	Norte de Santander
19	Santander
20	Casanare

Tabla 6. Municipios cubiertos en el plan AUS [40][41]

6.5.2 PROYECTO DE CONECTIVIDAD RURAL CENTROS DIGITALES

El 9 de diciembre del 2020 se confirma la adjudicación de este proyecto, siendo uno de los más grandes para temas de conectividad rural en el país. Este consiste en la instalación de 14.745 conexiones a escuelas oficiales, esto es correspondiente a un aumento al 56.6% de escuelas conectadas, también aumenta el tiempo de funcionamiento del proyecto por 18 meses en los 32 departamentos seleccionados [38].

Este proyecto va a ser realizado por dos operadores los cuales se encargarán de desarrollar la instalación de los centros digitales de forma escalonada para evitar interferir el uno con el otro. Entre los puntos importantes los cuales tienen que cumplir son asegurar una velocidad de navegación mínima entre 12 Mbps y 21 Mbps, esta velocidad va a depender del número de estudiantes conectados a la red.

Para la adjudicación se hicieron varios ajustes para la hora de la implementación entre los puntos a tratar fueron el número de escuelas las cuales pasaron de 10.000 a 14.745, teniendo cobertura hasta el 2031.

Este proyecto busca tomar los departamentos los cuales no entraron en el plan anterior, siendo de cierta forma complementario al AUS. Esté al contar con dos operadores pueden cubrir mayor número de centros digitales. Los dos operadores dentro de este proyecto son: Comcel S.A. y UT Centros Poblados [36].

El operador Comcel S.A. (Claro Colombia) contempla un total de 7.468 centros digitales repartidos en los departamentos que se enumeran en la Tabla 7[39]. Estas instalaciones inician en el año 2021 para buscar su finalización en el año 2022. Con una inversión de \$1,06 billones.

#	DEPARTAMENTO
---	--------------

1	Antioquia
2	San Andrés
3	Atlántico
4	Caldas
5	Caquetá
6	Cesar
7	Córdoba
8	Guainía
9	Guaviare
10	Huila
11	La Guajira
12	Meta
13	Norte de Santander
14	Santander
15	Sucre
16	Tolima
17	Vaupés

Tabla 7. Departamentos pertenecientes al operador Claro [39][40]

El operador UT Centros Poblados se encargará de conectar a 7.277 Centros Digitales en los departamentos descritos en la Tabla 8. Este operador tiene una inversión de \$1,07 billones. Los tiempos tienen que ser iguales entre los operadores para poder escalar los procesos de instalación.

#	DEPARTAMENTO
1	Amazonas

2	Arauca
3	Bolívar
4	Boyacá
5	Bogotá, D.C.
6	Casanare
7	Cauca
8	Chocó
9	Cundinamarca
10	Magdalena
11	Nariño
12	Putumayo
13	Quindío
14	Risaralda
15	Valle del Cauca
16	Vichada

Tabla 8. Departamentos pertenecientes al operador UT Centros Poblados [39][40]

7. ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD TVWS

7.1 METODOLOGÍA

Para el estudio de las instituciones educativas se llevaron a cabo varios procesos de filtración de las instituciones, entre los cuales se encuentran la creación de la base de datos la cual contiene todas las escuelas las cuales están fuera del plan AUS, luego se revisó que las escuelas escogidas no fueran parte del plan de conectividad rural.

Esta base de datos fue creada gracias al modelo creado por la Universidad Santo Tomas, más específico por el grupo de investigación INVTEL. Gracias a esta base de datos se puede realizar la visualización de las escuelas dentro de un mapa para proseguir con el estudio.

Una vez se tengan cargados los datos de las escuelas en los mapas se inicia un proceso para escoger las escuelas a las cuales se les puede realizar el proceso de estudio. En la Figura 2 se ve el mapa con todas las escuelas en el departamento de Caquetá.

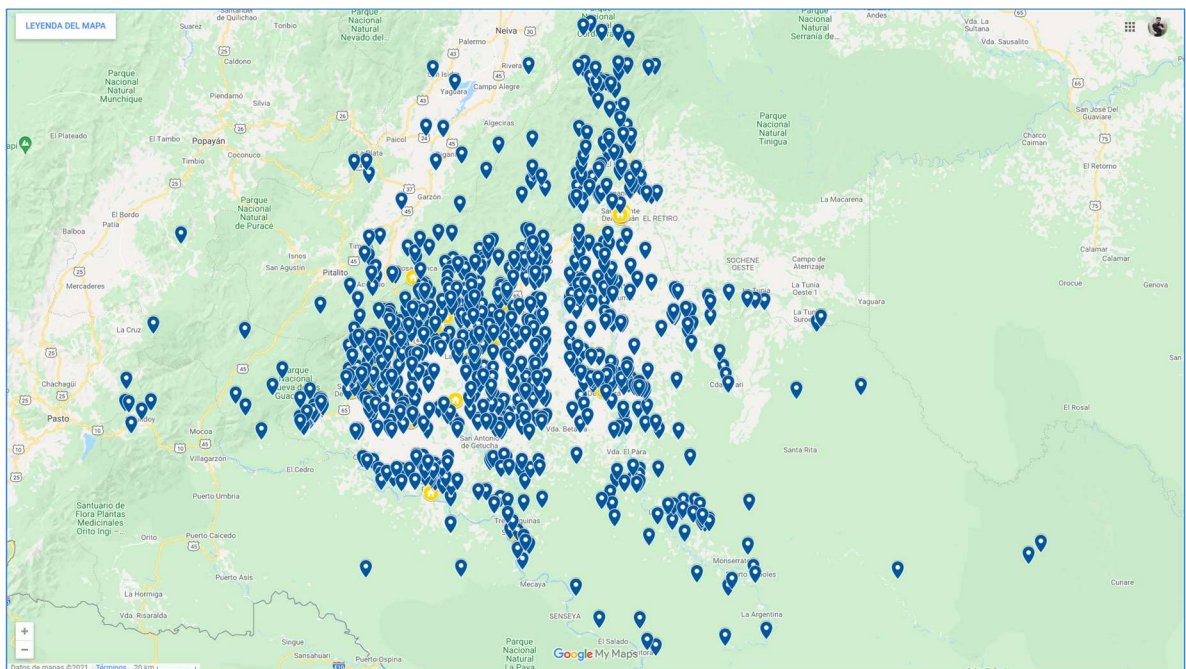


Figura 2. Mapa con las escuelas de Caquetá [49]

Ya con las escuelas seleccionadas se hace una revisión de las escuelas para corroborar que no se encuentren en el nuevo plan del gobierno para la creación de centros digitales.

Luego de tener escuelas limitadas por parámetros establecidos para el estudio se prosigue a la primera etapa de creación de un mapa en Radio Mobile donde se realiza el estudio de línea de vista y luego un análisis de conectividad entre las instituciones educativas.

7.2 HERRAMIENTAS

Para poder llevar a cabo el desarrollo del estudio de conectividad es necesario tener herramientas especializadas que permitan la visualización, análisis y creación de mapas con características específicas del terreno y de los dispositivos para espacios en blanco.

Para escoger estas herramientas se tiene en cuenta que la herramienta sea de uso libre para evitar el pago de licencias, un alto número de consultas, esto permite llevar a cabo la consulta de múltiples puntos para el desarrollo.

7.2.1 RADIO MOBILE

Es un software de libre distribución el cual permite el cálculo de radioenlaces en terreno irregular, para la simulación se utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos los cuales están dentro del radio enlace a simular [42]. Para este proyecto se utilizó la versión 11.4.

Esta herramienta se usó para la verificación de línea de vista entre las diferentes instituciones oficiales las cuales entraron dentro del estudio, en un primer momento se hizo el estudio de líneas de vista entre las instituciones oficiales con conexión a internet y las escuelas que no cuentan con dicho servicio.

Para proseguir con el estudio se usan las escuelas las cuales tienen línea de vista entre las instituciones conectadas con las que no, ya con esta información se usa la herramienta para el análisis de cobertura radioeléctrica entre las instituciones.

7.2.1.1 INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

Como primera medida se ingresa al link de la página oficial para realizar la descarga siguiendo las indicaciones del desarrollador [43]: <https://www.ve2dbe.com/>.

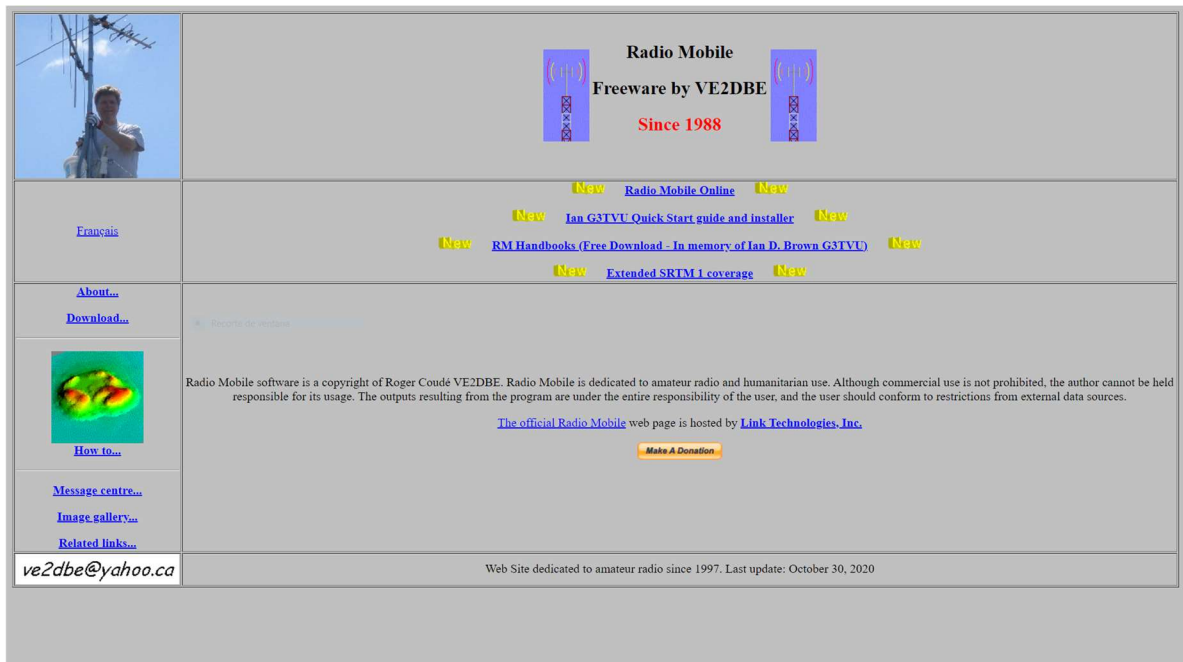


Figura 3. Página oficial Radio Mobile

En el caso de presentar problemas con la versión 11.6.6 la cual es la que se encuentra en la página oficial le puede realizar la descarga por medio de <https://dmtronix.wixsite.com/dmtronix/instaladores>[44], en esta página se encuentra la versión 11.4 la cual es la usada para las simulaciones.

Si se usa esta segunda opción el proceso de instalación es mucho más sencillo ya que tiene un asistente de instalación.

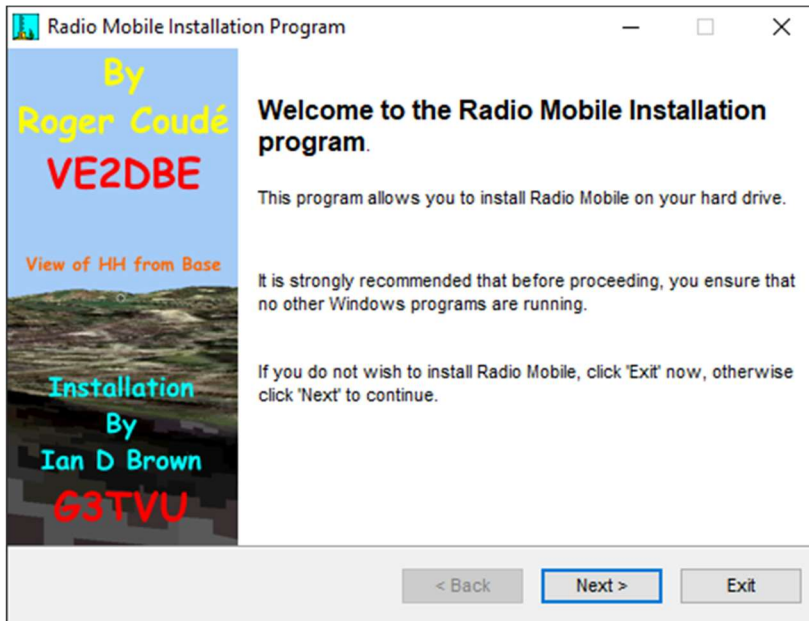


Figura 4. Inicio de instalación Radio Mobile

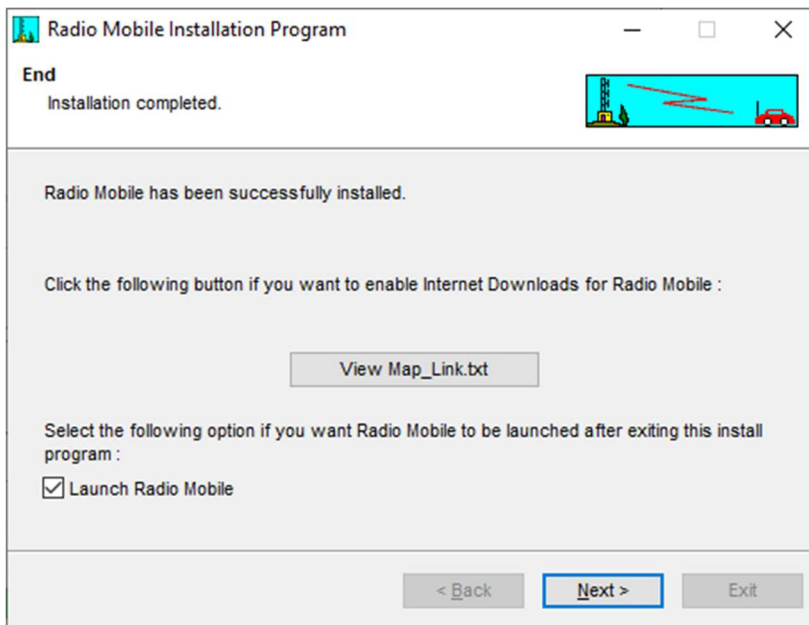


Figura 5. Proceso de instalación Radio Mobile

Luego de la instalación se prosigue a ejecutar el programa por primera vez, En la primera opción no se va a tener ningún ejemplo mientras en este segundo se tiene unos mapas de ejemplo.

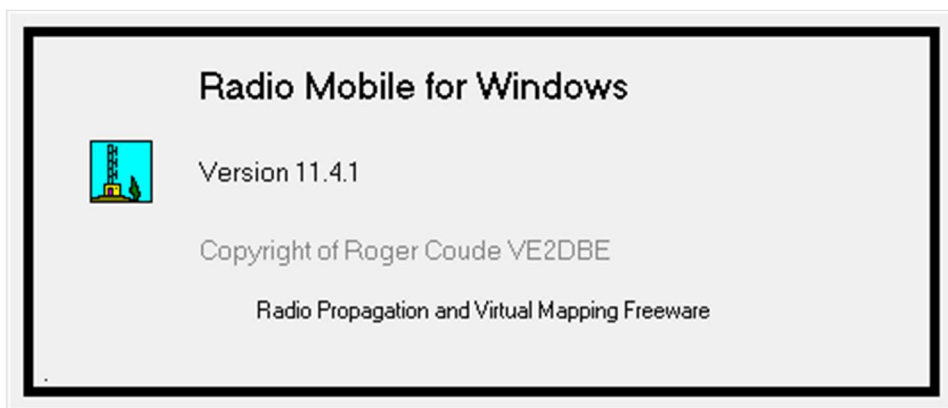


Figura 6. Fin de instalación Radio Mobile

Ya después de tener la instalación y un mapa nuevo se puede iniciar con los procesos de simulación dentro de la herramienta.

7.2.2 QGIS 3.18

QGIS es un sistema de información geográfica (SIG)[45] el cual es software libre, el cual soporta la extensión espacial de PostgreSQL, aprovechando el manejo de archivos vectoriales y archivos ráster[46].

En el proyecto se usa para la visualización de los archivos ráster, donde podremos visualizar el número de canales disponibles en el territorio colombiano. Esto nos permite tener una representación gráfica del número de canales en los diferentes municipios de Colombia.

7.2.2.1 INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

Para poder instalar esta herramienta se tienen dos opciones las cuales están especificadas en la página oficial de la herramienta. la dirección para la descarga es el siguiente. <https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>[47].

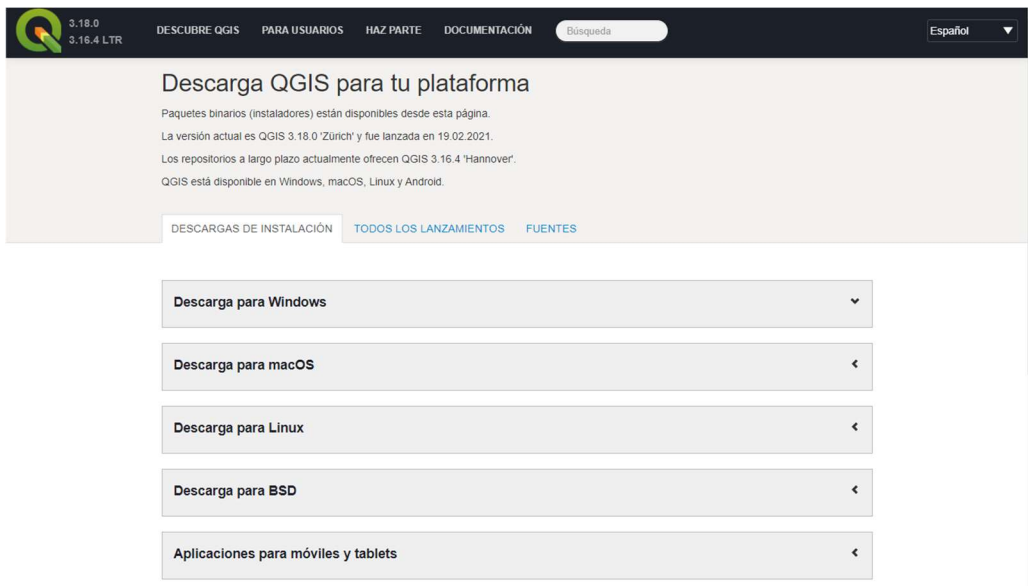


Figura 7. Página oficial QGIS

Proseguimos a la descarga del instalador para el sistema operativo que usemos, autorizamos instalación y se prosigue a la instalación de la última versión disponible para uso libre.

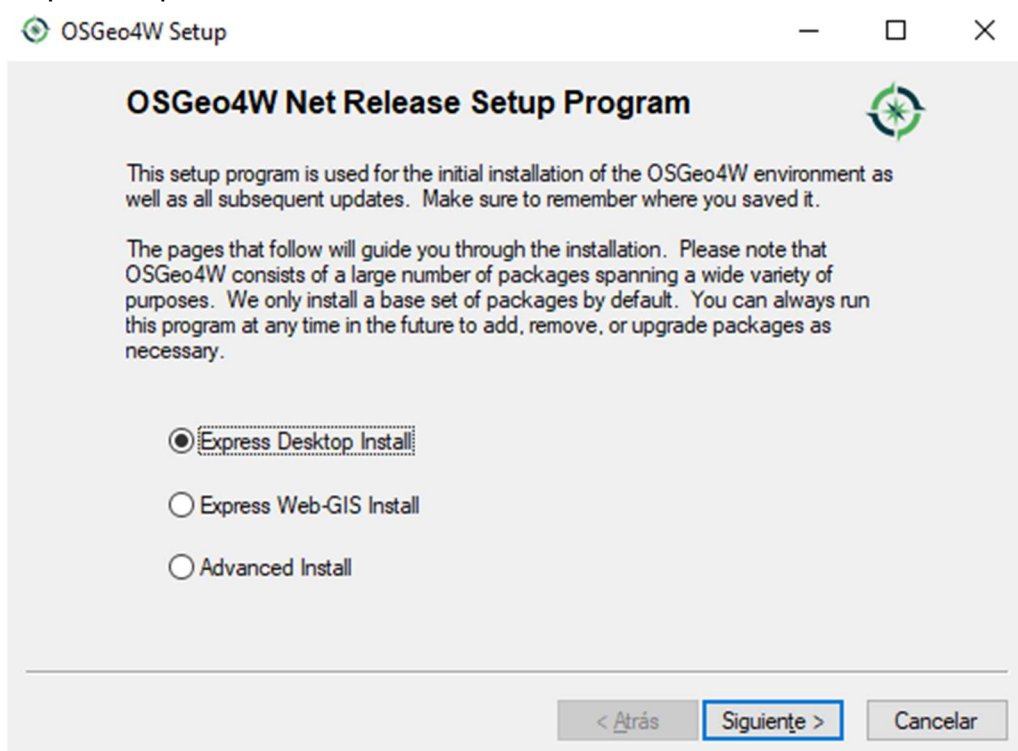


Figura 8. Inicio de instalación QGIS

Luego de la instalación no es necesario ninguna acción complementaria, ya se puede empezar a usar para la visualización de nuestros mapas.

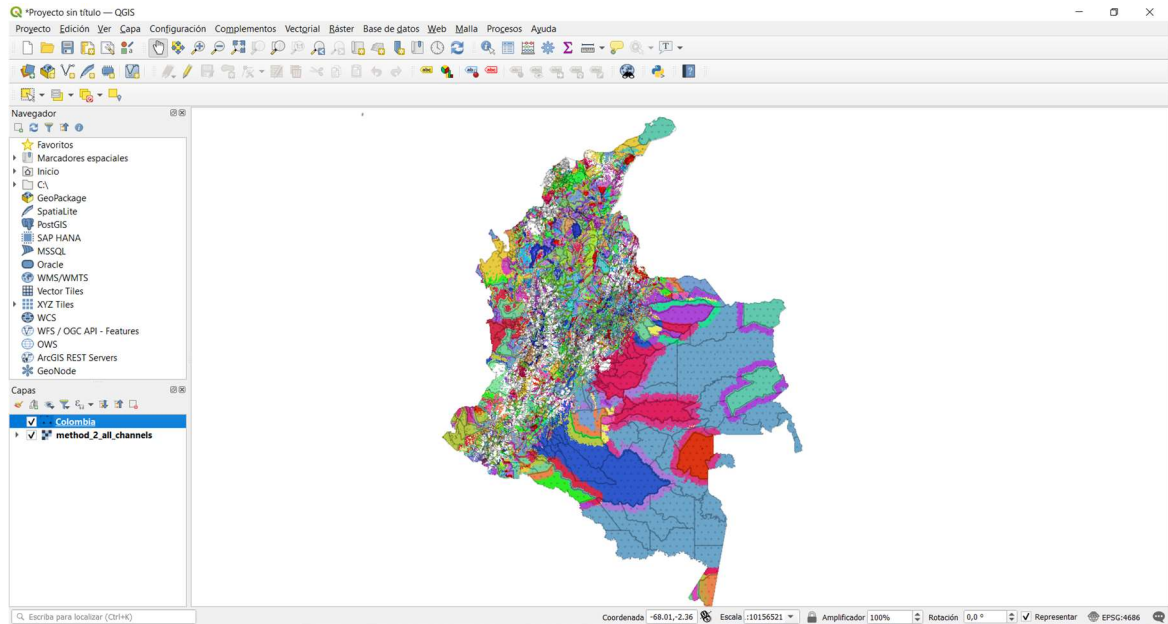


Figura 9. Mapa de Colombia en QGIS [47]

7.2.3 GOOGLE MAPS

Google Maps es una aplicación web la cual presta servicios de mapas, ubicación, fotografías satelitales, cálculo de rutas entre otras. En el caso de realizar múltiples consultas existe la posibilidad de hacer uso de la versión gratuita teniendo en cuenta que tiene limitaciones para el manejo de gran cantidad de variables [48][49].

Para el proyecto se utilizó para visualizar las instituciones educativas y poder hacer filtros de forma manual donde se segmentan las escuelas para cumplir con la normativa y la información recolectada por otros proyectos.

Para la visualización se usó un archivo .csv o .xlsx con la información de las instituciones y longitudes y latitudes correspondientes.

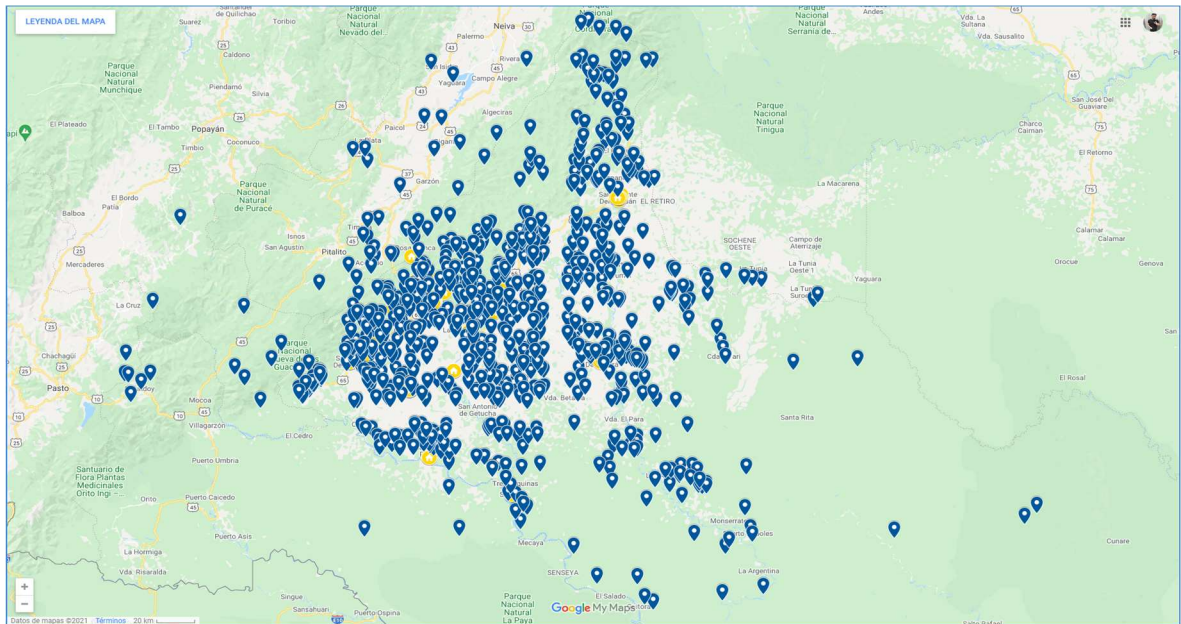


Figura 10. Mapa de escuelas en Google Maps [49]

7.2.4 ARCHIVOS .XLSX

Los archivos .xlsx también son conocidos como archivos de Excel u hojas de cálculo [50], actualmente permite el procesamiento de datos a un nivel medio, permitiendo la creación de bases de datos confiables, con la ventaja de poder usarse en un entorno de escritorio o web y fácil filtración de la información.

En este caso en particular las bases de datos fueron creadas en este tipo de archivo para su fácil manipulación, permitiendo que el archivo tenga varias versiones y sea fácil de compartir.

7.3 CREACIÓN BASE DE DATOS

Para la creación de la base de datos hay que tener presente que se va a generar una base de datos con información referente a instituciones rurales y urbanas ubicadas en los municipios los cuales no estén incluidos en el AUS. Gracias a esto se puede establecer municipios para estudio, considerando las instituciones urbanas las cuales poseen conexión a internet como dispositivos maestros y las escuelas rurales las cuales no poseen conexión como dispositivos esclavos.

Teniendo presente lo anterior mencionado la base para el desarrollo es la información suministrada por Min-Educación.[51] Esta información con la información es de noviembre de 2019, en este documento se tiene un total de

16.148 instituciones educativas rurales sin programas de conectividad [51]. Luego se hizo un cruce de datos con los datos del Sistema de Identificación de Sedes Educativas(SISE) para la confirmación de las coordenadas geográficas de las sedes educativas. el número total se redujo a 11.783.

Ya con esta información se filtró nuevamente teniendo presente que las escuelas tengan por lo menos 1 canal disponible. Esto permitió la reducción a 9.849 instituciones educativas [51]. Luego de un último filtro de las instituciones pertenecientes al grupo de municipios que no formaban parte de AUS se tiene un total de 1.892 instituciones oficiales.

DEPARTAMENTO	CANTIDAD DE IER
AMAZONAS	47
Atlántico	No se encontraron coordenadas
CAQUETÁ	827
CHOCÓ	210
GUAVIARE	87
LA GUAJIRA	344
PUTUMAYO	269
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRES, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	1
VAUPÉS	40
VICHADA	67

Tabla 9. Instituciones Educativas Rurales con disponibilidad para TVWS por departamento

Para culminar la elaboración de la base de datos para la próxima elección del departamento para la realización del estudio, se evalúa por cada departamento la suma de canales disponibles por cada uno como se observa en la Tabla 10.

DEPARTAMENTO	SUMA DE CANALES DISPONIBLES
AMAZONAS	1305
CAQUETÁ	22380
CHOCÓ	5070
GUAVIARE	2706
LA GUAJIRA	6731
PUTUMAYO	4288
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRES, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	24
VAUPÉS	1092
VICHADA	2275

Tabla 10. Disponibilidad canales para instituciones rurales por departamento

7.4 ELECCIÓN DE DEPARTAMENTOS PARA EL ESTUDIO

Para la elección de los departamentos a analizar durante el proyecto se tiene en cuenta el número de canales disponibles para poder realizar uso de los espacios en blanco en televisión, también se tiene un caso especial como lo es Guaviare.

Guaviare es un caso especial ya que existe una previa disponibilidad por parte de la alcaldía para llevar a cabo el proyecto con sus instituciones oficiales.

Para poder llevar el estudio a buen término se busca el departamento con mayor disponibilidad como se dijo anteriormente, esto se puede ver de forma más clara en la Figura 11. En esta se logra visualizar que Caquetá es el departamento con mayor disponibilidad entre todos los departamentos que no se encuentran en el plan AUS.

SUMA DE CANALES DISPONIBLES

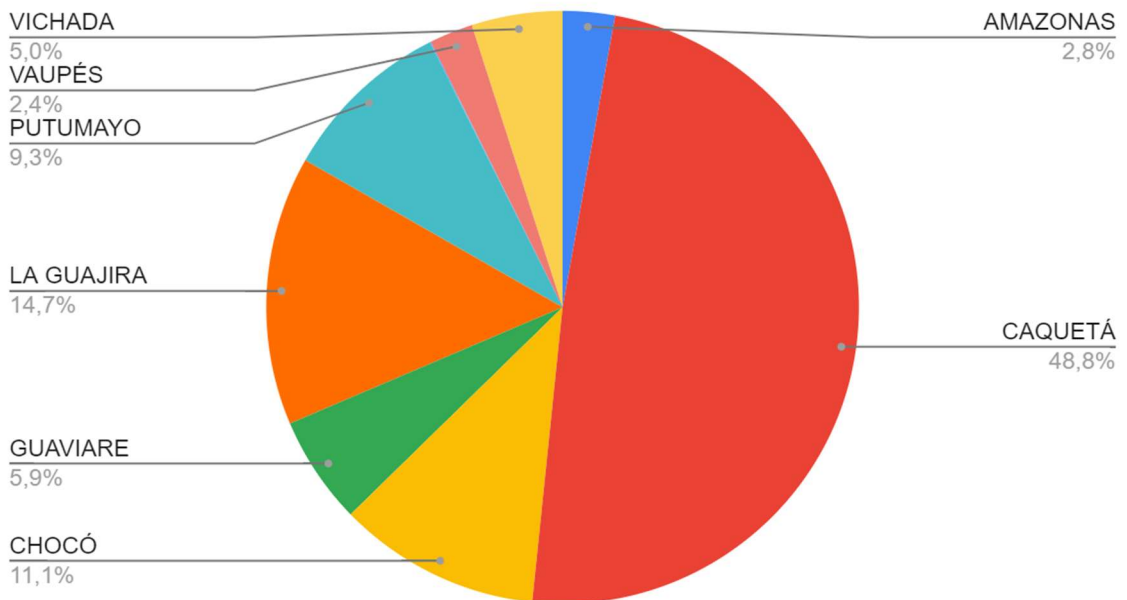


Figura 11. Suma de canales disponibles [Creación Propia]

Para que sea más claro y no solo verlo en porcentajes en la Figura 12 se puede observar un gráfico de barras representando el número de canales disponibles en cada departamento. Esto fue crucial para la elección del departamento dada la gran disponibilidad de canales y de instituciones oficiales para el estudio.

SUMA DE CANALES DISPONIBLES frente a DEPARTAMENTO

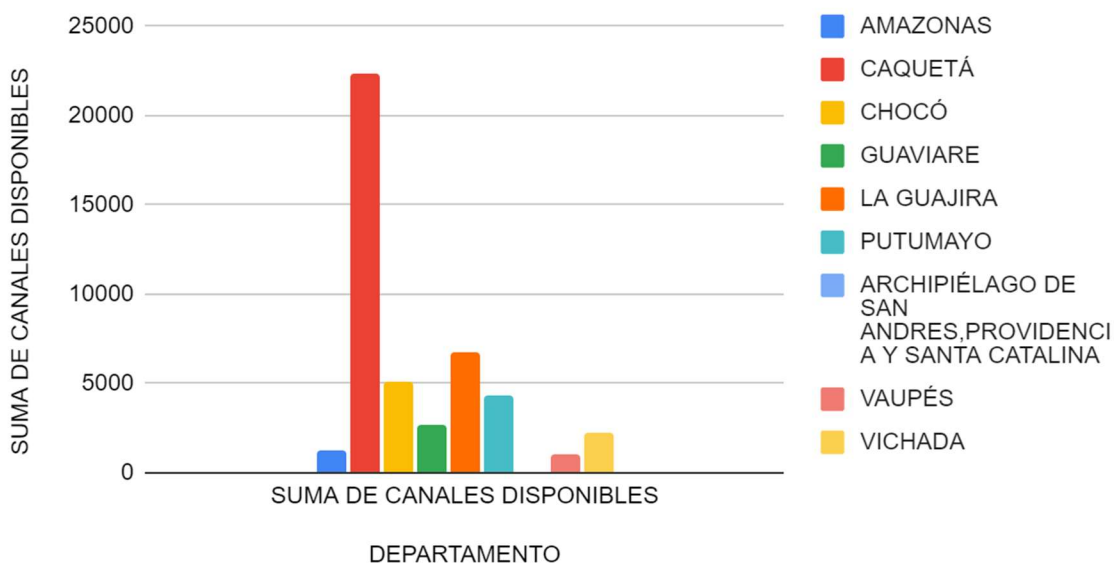


Figura 12. Suma de canales disponibles frente a departamento [Creación Propia]

Tras la representación gráfica de los datos obtenidos gracias a la creación de la base de datos podemos asegurar que Caquetá es el departamento el cual cumple con la mayor disponibilidad entre los departamentos excluidos del plan AUS.

Ya conociendo los departamentos a tener en cuenta se procede a la revisión del número de instituciones educativas oficiales las cuales cuentan con conexión a internet y cuáles no. Para llevar a cabo nuevos análisis para la elección de estos puntos los cuales vamos a analizar.

En este caso concreto teniendo en cuenta el número de canales disponibles y facilidad para poder hacer una futura implementación del proyecto se eligieron los departamentos de Caquetá por tener un total de 22380 canales disponibles y de Guaviare puesto que el grupo de investigación INVTEL tiene proyectados estudios con este departamento. .

7.5 FILTRACIÓN DE ESCUELAS

Una vez ya tenemos los departamentos seleccionados se prosigue a sacar la lista completa de instituciones educativas las cuales se encuentren en los departamentos, hay que hacer la segmentación entre las escuelas las cuales van a funcionar como dispositivos maestros, éstos son comprendidos como las instituciones que tienen conexión a internet. Los dispositivos esclavos son las escuelas las cuales buscamos brindar un servicio de conexión, esto dado a que son consideradas como de difícil acceso y esto ha limitado sus oportunidades a ser beneficiarias de planes de conectividad.

Al tener el listado total de escuelas se procede con la ubicación geográfica de cada una de las instituciones, teniendo como resultado los datos de la Tabla 11. Donde podemos observar el número de escuelas las cuales vamos a visualizar en el mapa, esto nos va a permitir hacer un estudio previo para las instituciones.

DEPARTAMENTO	N° ESCUELAS CONECTADAS	N° ESCUELAS SIN CONEXIÓN
CAQUETÁ	94	833
GUAVIARE	13	43

Tabla 11. Cantidades de escuelas por departamento

Como podemos observar en la Figuras 13 y la Figura 14 se tienen todos los puntos en un mapa, esto nos permite apreciar el contexto de la región, en ambos casos se generan los mapas por medio de un archivo .xlsx el cual subimos a Google Maps, donde esta información es procesada y nos permite georreferenciar cada institución dentro de un mapa.

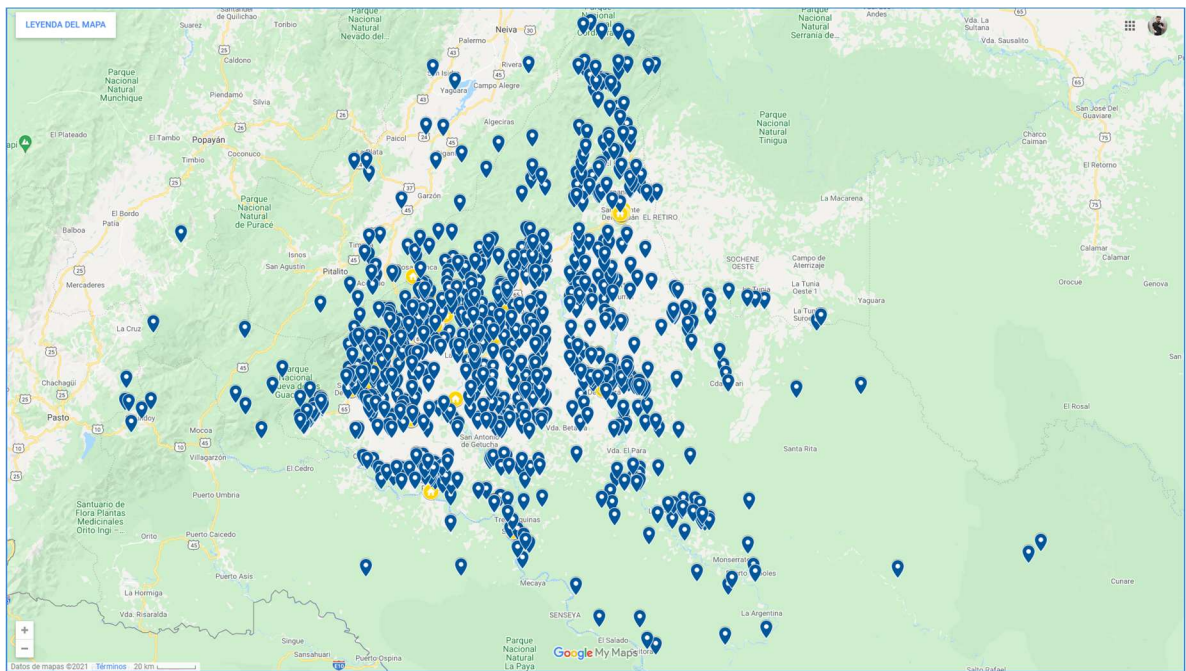


Figura 13. Mapa completo de instituciones en Caquetá [49]

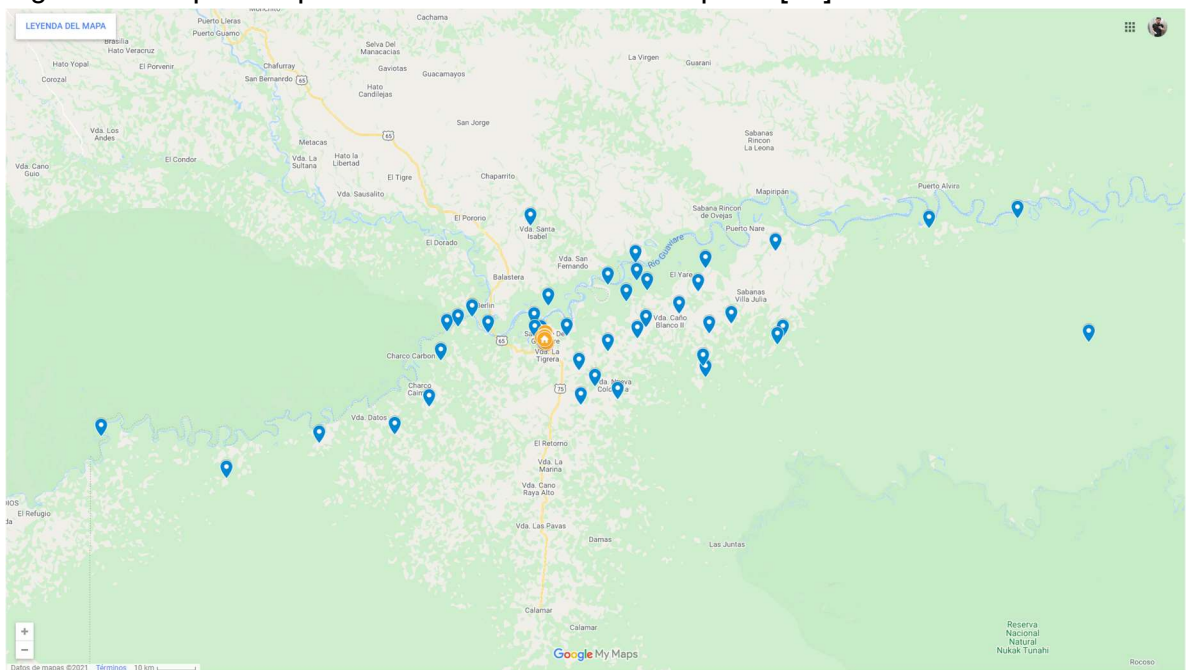


Figura 14. Mapa completo de instituciones en Guaviare [49]

La Figura 13 es el mapa correspondiente al departamento de Caquetá, como se puede ver hay instituciones regadas por el municipio, para poder hacer una elección de las escuelas, de forma manual hacemos una revisión y su filtro en consecuencia.

Para la filtración de las escuelas se tiene en cuenta la distancia que podemos tener de cobertura, esta distancia la limitamos a 14 Km alrededor de las instituciones educativas que serán nuestros dispositivos maestros. También se buscó no abordar todos los puntos en una sola agrupación. Se busco fue formar grupos y acorde al terreno poder filtrar las escuelas que tengan mayor probabilidad de tener línea de vista con los dispositivos maestros.

Después de este proceso de filtrado se obtienen 375 instituciones oficiales las cuales no tienen plan de conectividad y están a menos de 14 Km. Este nuevo número de escuelas se puede ver en el mapa nuevo que se generó y se visualiza en el Figura 15.

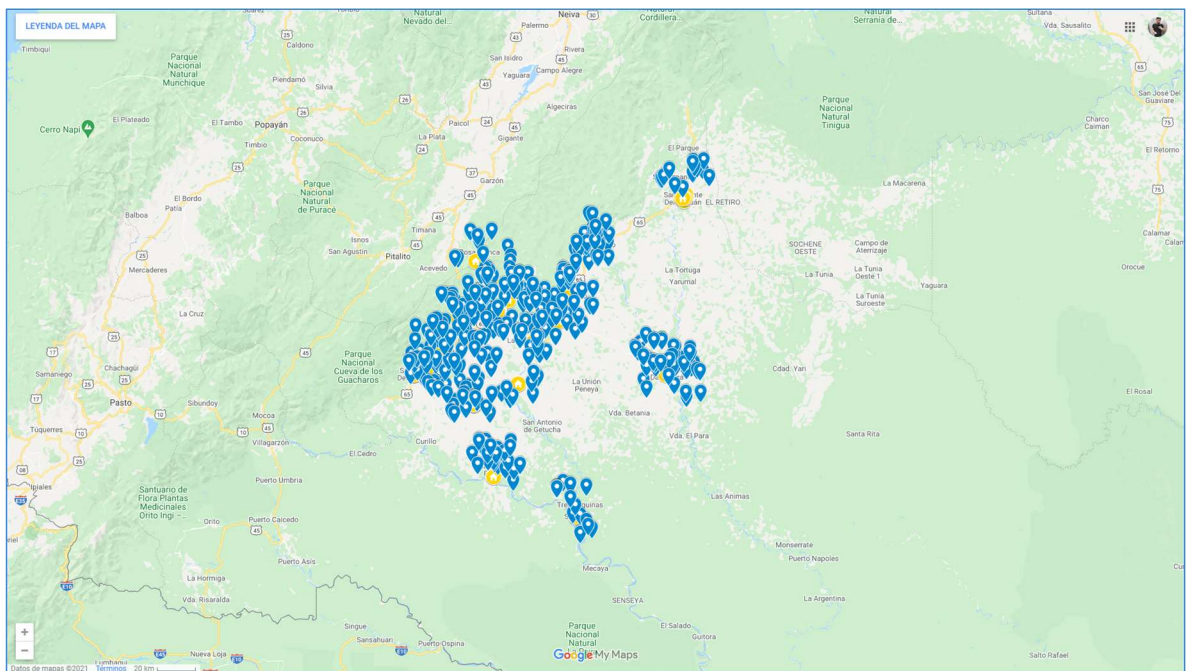


Figura 15. Mapa primer filtro de instituciones en Caquetá [49]

Para limitar las áreas de cobertura se buscó un punto medio donde se trazó un plano cartesiano con distancias de 14 Km. Diferenciando las instituciones que se encuentran por fuera del rango, separando las instituciones con cobertura y las que no. También se usó la herramienta para medir distancias y áreas de Google Maps. Un ejemplo de estos planos están en la Figura 16.

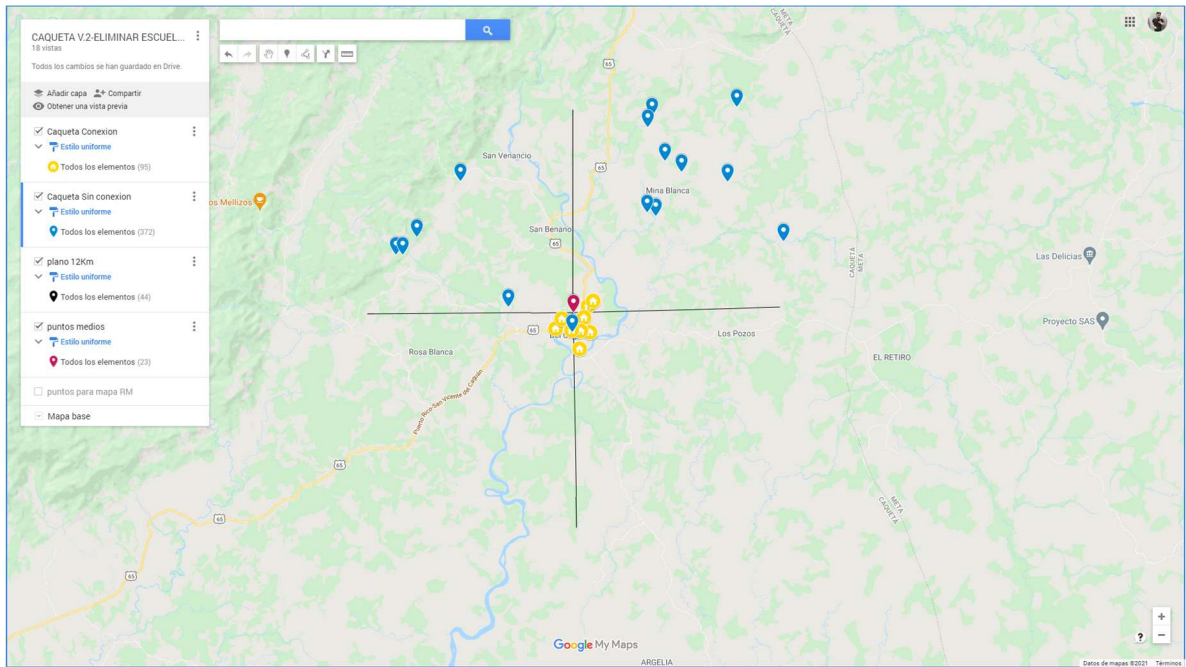


Figura 16. Ejemplo cuadrante delimitador [49]

En la Figura 16 se logran ver 3 puntos de colores diferentes, para dar claridad los puntos azules son las instituciones educativas sin conexión a internet, estas también son vistas como dispositivos esclavos, los puntos amarillos son las instituciones con conexión o también dispositivos maestros, por ultimo los puntos Vinotinto es el punto medio descrito anteriormente para facilitar la ubicación del plano cartesiano para delimitar el área de trabajo.

Este mismo proceso se hizo en el departamento de Guaviare. Donde se generaron los mapas de las Figuras 14 y 17. Siendo el primero de los dos donde se muestra el total de instituciones que se encuentran en el departamento. La figura 16 muestra el mapa con las escuelas que cumplen con la distancia. En este caso se tienen 8 instituciones sin conexión y 13 instituciones con conexión.

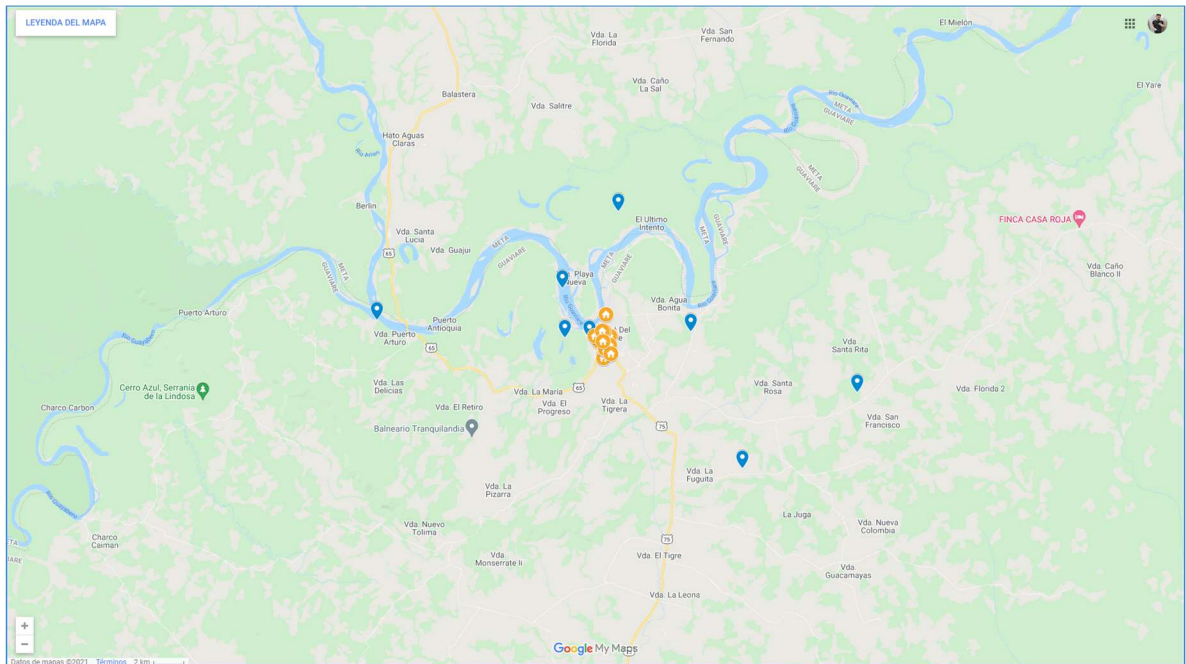


Figura 17. Mapa filtrado de Guaviare [49]

Después de todo este proceso de filtración para las instituciones tenemos los datos que se muestran en la Tabla 12 estos siguen siendo muchas instituciones educativas para analizar, por consiguiente, se prosigue con elegir 100 instituciones entre los dos departamentos para el desarrollo de los pasos siguientes.

DEPARTAMENTO	N° ESCUELAS CONECTADAS	N° ESCUELAS SIN CONEXIÓN
CAQUETÁ	94	375
GUAVIARE	13	8
TOTAL	107	383

Tabla 12. Cantidad de escuelas por departamento después de filtrar

Ya conociendo el número total de las instituciones educativas la distribución de las escuelas a estudiar queda plasmadas en la Tabla 13. De esta forma se puede organizar los mapas a estudiar buscando las instituciones con mayor viabilidad para el proyecto. Para esto se buscan terrenos los cuales permitan tener línea de vista, también tener presente que se encuentren con canales disponibles para la conexión y por último que las instituciones no se encuentren en proyectos de conectividad que se desarrollen durante el 2021.

DEPARTAMENTO	N° ESCUELAS A CONECTAR
CAQUETÁ	92
GUAVIARE	8
TOTAL	100

Tabla 13. Cantidad de escuelas para conectar por departamento

7.5.1 LISTADO DE ESCUELAS SELECCIONADAS

Una vez tenemos las instituciones educativas oficiales como resultado tenemos el mapa de Guaviare visible en la Figura 18, donde se pueden ver las instituciones educativas que tienen conexión a internet y los puntos a conectar, también se ve el recuadro donde se delimita la cobertura de los dispositivos maestros.

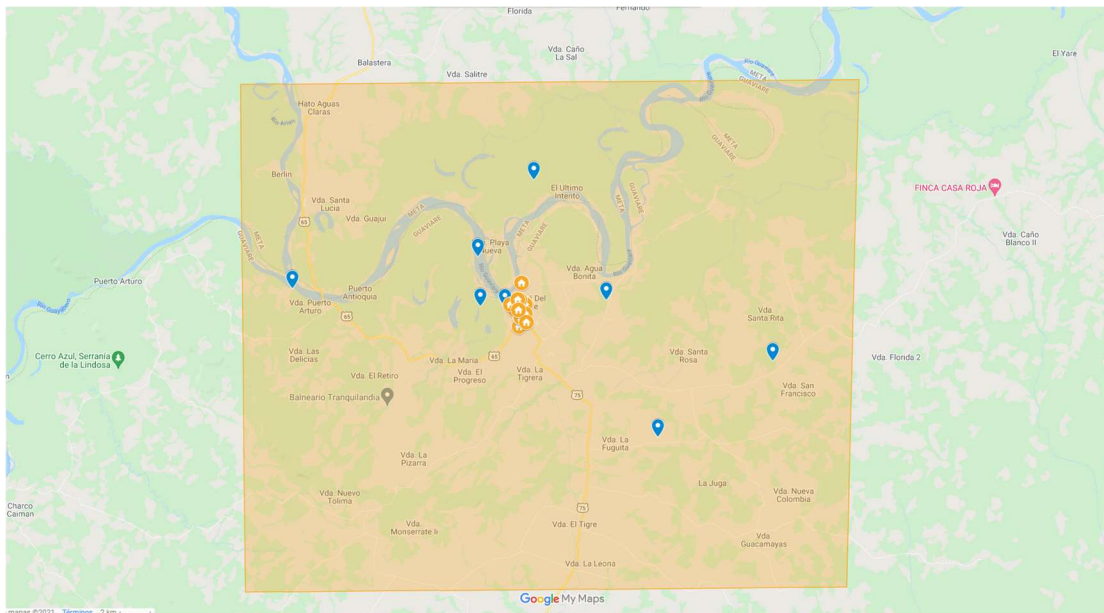


Figura 18. Mapa filtrado de Guaviare con cobertura [49]

Esta misma forma de mostrar las instituciones que se van a estudiar también se hace para el Caquetá donde tenemos la mayoría de escuelas a estudiar. Donde se muestra de igual manera las instituciones que van a funcionar como dispositivos maestros y esclavos, al igual que el área de cobertura para cada grupo de

instituciones, esto se ve en la Figura 19 donde se ven las 4 agrupaciones. En las Figuras 20, 21 22 y 23 se ven de forma individual.

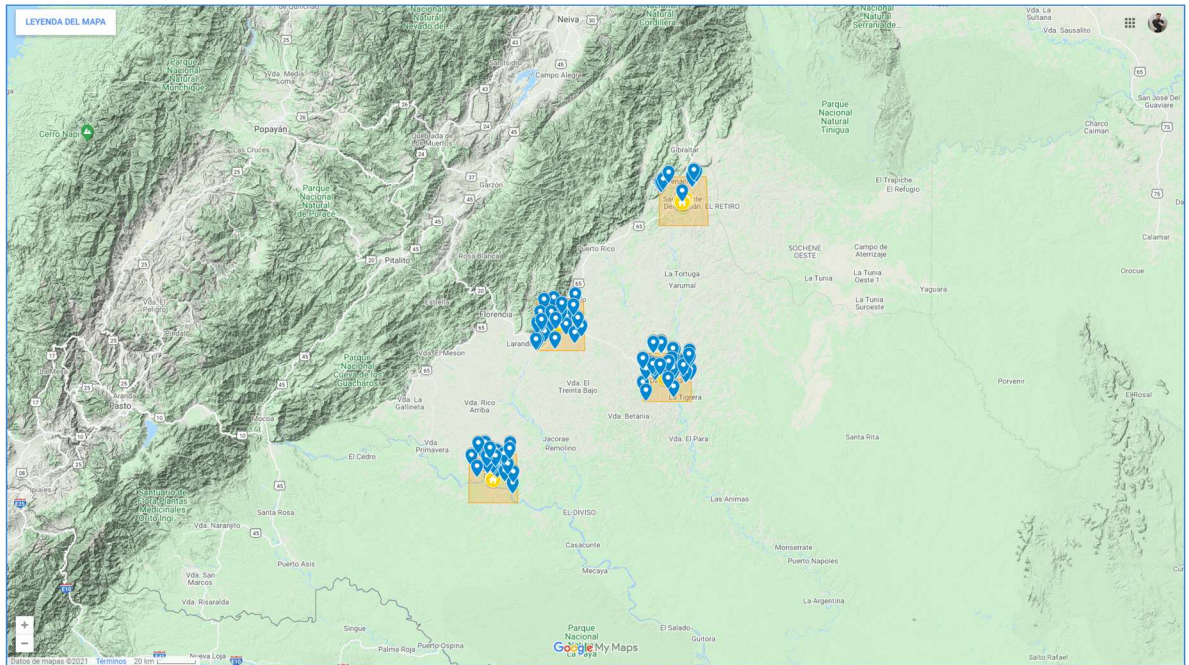


Figura 19. Mapa general del Caquetá [49]

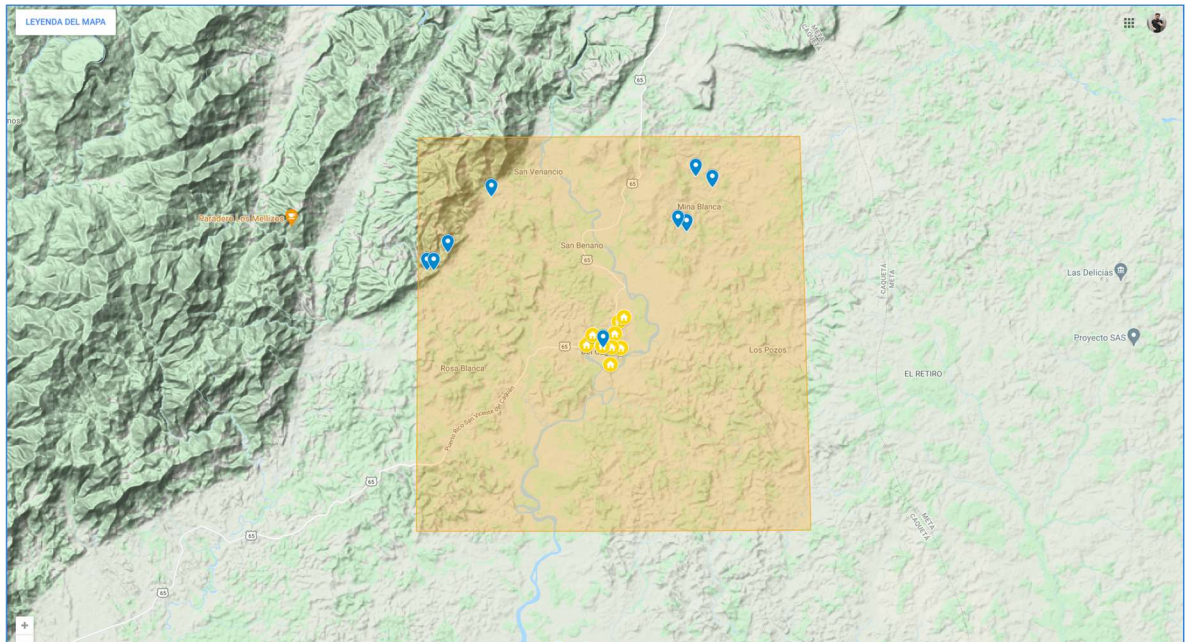


Figura 20. Mapa 1 filtrado de Caquetá con cobertura [49]

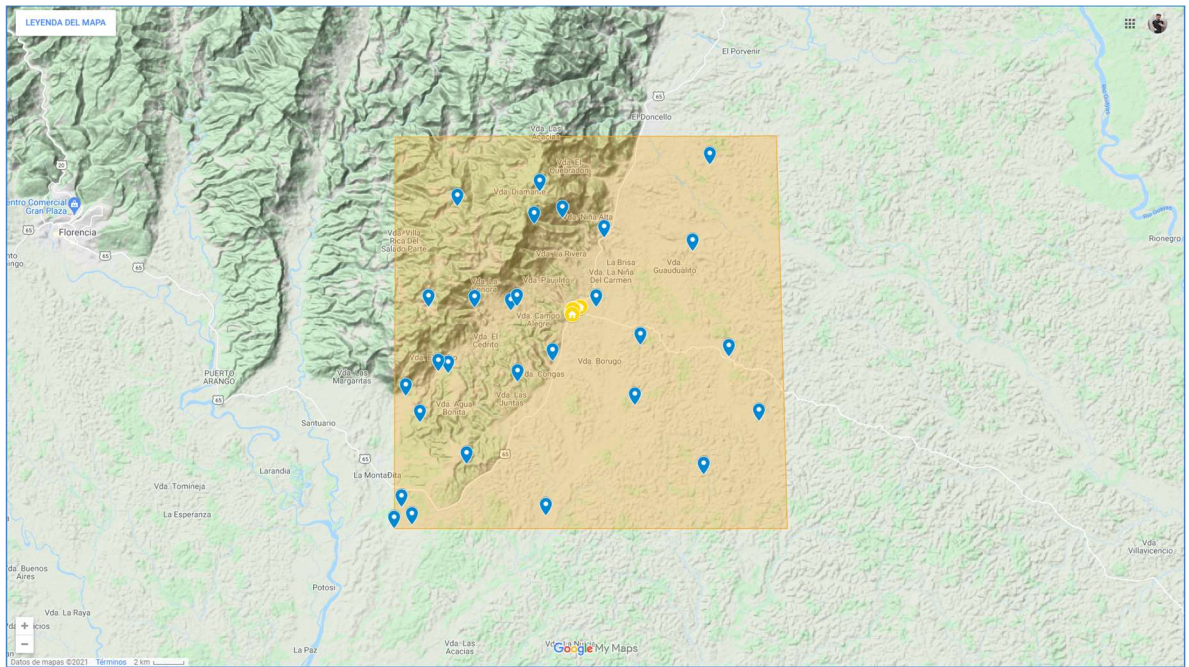


Figura 21. Mapa 2 filtrado de Caquetá con cobertura [49]

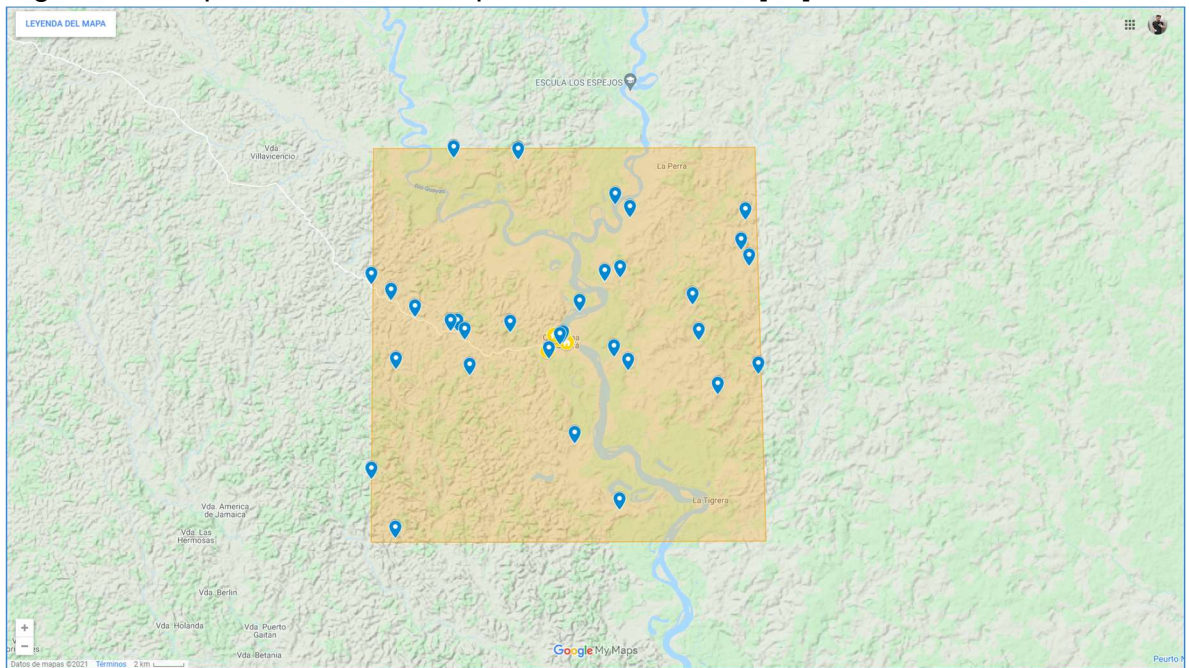


Figura 22. Mapa 3 filtrado de Caquetá con cobertura [49]

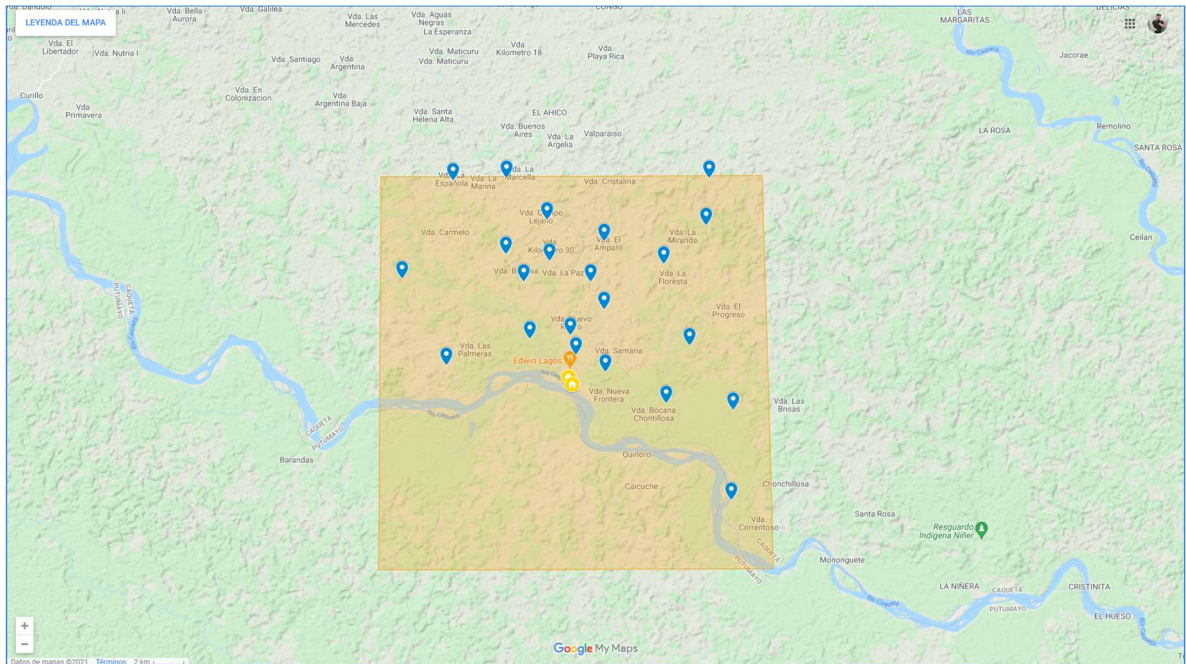


Figura 23. Mapa 4 filtrado de Caquetá con cobertura [49]

Prosiguiendo con el listado de las instituciones con ayuda del mapa y de la base de datos se puede crear una nueva base de datos la cual contenga: el departamento, nombre de la institución y longitud y latitud para formalizar las instituciones que van a entrar al estudio.

DEPARTAMENTO	Nombre EE	Nombre Sede	LAT/LOG
CAQUETÁ	I.E.R. PLAYA RICA	LA MACARENA	0.987332017,-75.54262331
CAQUETÁ	I.E. R. EL LOBO	LAS VASIJAS	1.435,-74.8675
CAQUETÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	LAGUNA DEL CHAIRA	1.35634,-74.938376
CAQUETÁ	I. E. R. LA ESMERALDA	EL BRILLANTE	1.314412372,-74.89437151
CAQUETÁ	I.E. R. EL EDEN	EL CAIRO	1.35402217,-74.76986831
CAQUETÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	LA CRISTALINA	1.256558752,-74.94956014
CAQUETÁ	I. E. R. PEÑAS COLORADAS	JUAN PABLO II	1.332591479,-74.8423484

CAQUETÁ	I. E. R. SANTA CRUZ DEL AGUILA	YAICOGE	1.315086573,- 74.73327426
CAQUETÁ	I.E. R. DIVINO NIÑO	EL RUBI	1.347079,- 74.925109
CAQUETÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	EL VERGEL	1.223365271,- 74.93599721
CAQUETÁ	I.E. R. EL EDEN	LA REFORMA	1.375632305,- 74.73821325
CAQUETÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	EL CASTILLO	1.33915,- 74.901434
CAQUETÁ	I. E. R. SANTA CRUZ DEL AGUILA	LAS DELICIAS	1.303904507,- 74.75580781
CAQUETÁ	I.E. R. DIVINO NIÑO	SAN ANTONIO DEL HIGUERON	1.317765988,- 74.93583212
CAQUETÁ	I. E. R. LA ESMERALDA	GUADUALOSA	1.323632783,- 74.85005405
CAQUETÁ	I. E. R. PEÑAS COLORADAS	JOSE HILARIO ORTIZ	1.331765391,- 74.84410833
CAQUETÁ	I.E. R. EL EDEN	EL TRIUNFO	1.402809348,- 74.80495137
CAQUETÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	BOCANA DE CAMICAYA	1.334507,- 74.897113
CAQUETÁ	I.E. R. DIVINO NIÑO	ALTO BONITO	1.339017824,- 74.9049737
CAQUETÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	AGUA LINDA	1.239426633,- 74.81071859
CAQUETÁ	I.E. R. EL EDEN	LOS ESPEJOS	1.401198935,- 74.74024959
CAQUETÁ	I.E. R. MIXTA MARIA LUISA DE MORENO	LAS MARIMBAS	1.317148752,- 74.80585556
CAQUETÁ	I.E. R. SAN PEDRO CLAVER	LOS ROBLES	1.369016667,- 74.81051389
CAQUETÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	LOS PILONES	1.40976488,- 74.81324764
CAQUETÁ	I. E. R. SANTA CRUZ DEL AGUILA	AGUAS CLARAS	1.324594593,- 74.81384797

CAQUETÁ	I.E. R. MIXTA MARIA LUISA DE MORENO	MONTERREY	1.36686979,- 74.81907593
CAQUETÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	LAS ILUSIONES # 2	1.3651,- 74.949493
CAQUETÁ	I.E. R. MIXTA MARIA LUISA DE MORENO	JORDAN # 1	1.35,- 74.833056
CAQUETÁ	I. E. R. SANTA FE DEL CAGUAN	EL RENACER DE ARMERO	1.33388889,- 74.766575
CAQUETÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	NUEVA ZELANDA	1.33838105,- 74.87178238
CAQUETÁ	I.E. R. EL EDEN	LAS PISCINAS	1.384653289,- 74.7427681
CAQUETÁ	I.E. R. LA SARDINATA	BARCELONA	1.276408333,- 74.83570278
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	MORABIA	1.551911974,- 75.28971038
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	EL VERGEL	1.518302087,- 75.2926847
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	LA ESMERALDA	1.61942918,- 75.3491969
CAQUETÁ	I.E.R. SANTA TERESA	PUENTE ALBANIA	1.47948713,- 75.25416718
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	NIÑA ALTA	1.622902,- 75.333114
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	EL DIAMANTE	1.637870003,- 75.34607386
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	ALTA CRISTALINA	1.573035,- 75.382455
CAQUETÁ	I.E.R. EL CEDRO	AGUA BONITA	1.508761,- 75.412847
CAQUETÁ	I.E.R. EL CEDRO	LOS MORROS	1.48556,- 75.386947
CAQUETÁ	I.E. R. BRISAS DE SAN ISIDRO	LOS ANDES	1.456667,- 75.3425
CAQUETÁ	C.E. GAITANIA	EL PORVENIR	1.629444445,- 75.39194444
CAQUETÁ	I.E. R. LA FLORIDA	LA FLORESTA	1.46132982,- 75.42323309

CAQUETÁ	I.E.R. ILUSION MATICURU	LAS GAVIOTAS	1.45133608,- 75.41730824
CAQUETÁ	I.E.R. ILUSION MATICURU	GUAYAQUIL	1.52343375,- 75.42073466
CAQUETÁ	C.E. GRANARIO	LAS MALVINAS	1.57325815,- 75.31439529
CAQUETÁ	I.E. R. EL LOBO	LA INDEPENDENCI A	1.435,-74.8675
CAQUETÁ	I.E. R. SAN JUAN DEL LOSADA	LOS ALPES	2.113052,- 74.77227
CAQUETÁ	I.E. R. JORGE ELIECER GAITAN	PALESTINA	2.177797717,- 74.72573416
CAQUETÁ	I.E.R. ARENOSO	PILONES	2.15618,- 74.8707
CAQUETÁ	I.E.R. ARENOSO	SOTARA	2.15618,- 74.867187
CAQUETÁ	I.E. R. SAN JUAN DEL LOSADA	FLOR DE MAYO	2.166197845,- 74.85898398
CAQUETÁ	I.E. R. BRISAS DEL LOSADA	LOS PICACHOS	2.179944444,- 74.73035833
CAQUETÁ	I.E. R. BRISAS DEL LOSADA	LA SERRANIA	2.202436111,- 74.71103889
CAQUETÁ	I.E. R. BRISAS DEL LOSADA	LA AZUCENA	2.208819444,- 74.72036667
CAQUETÁ	I.E.R. PUERTO TEJADA	PEÑARANDA	0.9873808621,- 75.6559354
CAQUETÁ	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LA SAMARIA	0.878954107,- 75.60065306
CAQUETÁ	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LOS ANGELES	0.861250917,- 75.56667435
CAQUETÁ	I.E.R. CAMPOLEJANO	EL RECREO	0.944775138,- 75.65627001
CAQUETÁ	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	CORRENTOSO	0.807252622,- 75.53046541

CAQUETÁ	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	BOCANA CHONTILLOSA	0.8574568216,- 75.5293954
CAQUETÁ	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	EL AMPARO	0.913718033,- 75.60154317
CAQUETÁ	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA CRISTALINA	0.951860983,- 75.6013924
CAQUETÁ	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LA LIBERTAD	0.893801944,- 75.55382526
CAQUETÁ	INSTITUCION EDUCATIVA RURAL JOSE CELESTINO MUTIS	LA VENADO	0.930904975,- 75.71446439
CAQUETÁ	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	EL RETIRO	0.888519541,- 75.61707134
CAQUETÁ	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA PAZ	0.899369883,- 75.62021223
CAQUETÁ	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LA FLORESTA	0.93915,- 75.56815556
CAQUETÁ	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA ESPAÑOLA	0.9860627018,- 75.68582749
CAQUETÁ	INSTITUCION EDUCATIVA RURAL JOSE CELESTINO MUTIS	LAS PALMERAS	0.897371135,- 75.64305505
CAQUETÁ	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA MARSELLA	0.940855309,- 75.63199722
CAQUETÁ	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LA AMISTAD	0.929397348,- 75.60877977
CAQUETÁ	INSTITUCION EDUCATIVA RURAL JOSE CELESTINO MUTIS	EL CASTILLO	0.882666066,- 75.68945454

CAQUETÁ	I.E R. SIMON BOLIVAR	LA ARENOSA	1.652903,- 75.250898
CAQUETÁ	I.E. R. EL LOBO	AURORA DEL GUAYAS	1.435,-74.8675
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	LA UNION PAUJIL	1.509379108,- 75.22323418
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	LA CRISTALINA	1.571227,- 75.361926
CAQUETÁ	I.E R. RAFAEL URIBE URIBE	AGUA ROJO	1.449222,- 75.42742
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	LA RIVERA	1.612189,- 75.310017
CAQUETÁ	I.E.R. SANTA TERESA	SANTA TERESA	1.545436,- 75.240119
CAQUETÁ	I.E.R. EL CEDRO	EL CEDRITO	1.53626,- 75.397247
CAQUETÁ	I.E.R. EL CEDRO	JUNTAS	1.53148,- 75.358447
CAQUETÁ	I.E NIÑA DEL CARMEN	ALTO GUADUALITO	1.604608,- 75.260448
CAQUETÁ	I.E RURAL SABIO CALDAS	VILLA RICA DEL CARMEN PARTE ALTA	1.573186,- 75.408062
CAQUETÁ	I.E.R. EL CEDRO	EL CEDRO	1.537092721,- 75.40244329
CAQUETÁ	I.E R. SIMON BOLIVAR	LAS CAMELIAS	1.573678,- 75.35879
CAQUETÁ	I.E. R. EL LOBO	COSTA RICA DEL ROSARIO	1.435833333,- 74.90333333
CAQUETÁ	I.E RURAL RIO NEGRO	SANTA ISABEL	1.435833333,- 74.90333333
CAQUETÁ	I.E. R. ALTO QUEBRADON	LA DANTA	2.197395,- 74.834643
CAQUETÁ	I.E.R.INDIGENA MAMA BWE REOJACHE	INDIGENA SAN FRANCISCO	1.54300482,- 75.33876818
CAQUETÁ	I.E.R. CAMPOLEJANO	BETANIA	0.929246585,- 75.64631967
CAQUETÁ	I.E.R. CAMPOLEJANO	BUENOS AIRES	0.963921995,- 75.63335408

CAQUETÁ	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA MIRANDA	0.960759406,- 75.54443344
GUAVIARE	I.E. AGUA BONITA - RAFAEL POMBO	BARRANCON PALMERAS	2.564722,- 72.649444
GUAVIARE	I.E. EL RETIRO	BUENA VISTA II	2.593056,- 72.664722
GUAVIARE	INSTITUCION EDUCATIVA EL RESBALON	SAN FRANCISCO I	2.534444444,- 72.49972222
GUAVIARE	I.E. EL RETIRO	LAS BRISAS	2.575,- 72.768333
GUAVIARE	INSTITUCION INDIGENA PANURE	EL REFUGIO	2.568611111,- 72.59277778
GUAVIARE	I.E. EL CRISTAL	I.E. EL CRISTAL - SEDE PRINCIPAL	2.492228,- 72.564139
GUAVIARE	I.E. SANTA HELENA	GUANAPALO	2.635833,- 72.63333
GUAVIARE	I.E. EL CRISTAL	MANANTIALES	2.565227,- 72.663307

Tabla 14. Listado de instituciones para el estudio

8. ANÁLISIS DE COBERTURA RADIOELÉCTRICA

Para el desarrollo del proyecto se hacen dos estudios por separado, estudio de la línea de vista y el estudio de la cobertura radioeléctrica para cada uno de los mapas generados.

En este caso en particular contamos con 5 mapas y 102 instituciones rurales sin conexión ni planes futuros para brindarles dicho servicio.

Estos dos estudios son necesarios para la consolidación del proyecto, asegurando que las instituciones no solo cuenten con la línea de vista necesaria para asegurar la conexión también que se encuentre dentro de la cobertura de los dispositivos.

8.1 ESTUDIO DE LÍNEA DE VISTA

El estudio de la línea de vista se hace con la herramienta Radio Mobile, usando los mapas generados con las bases de datos y Google Maps para ubicar las escuelas, el proceso de generar las líneas de vista se hace por medio de la extracción del mapa como se ve en la Figura 24, teniendo como resultado un mapa de elevación del territorio, como ejemplo tenemos la Figura 25.

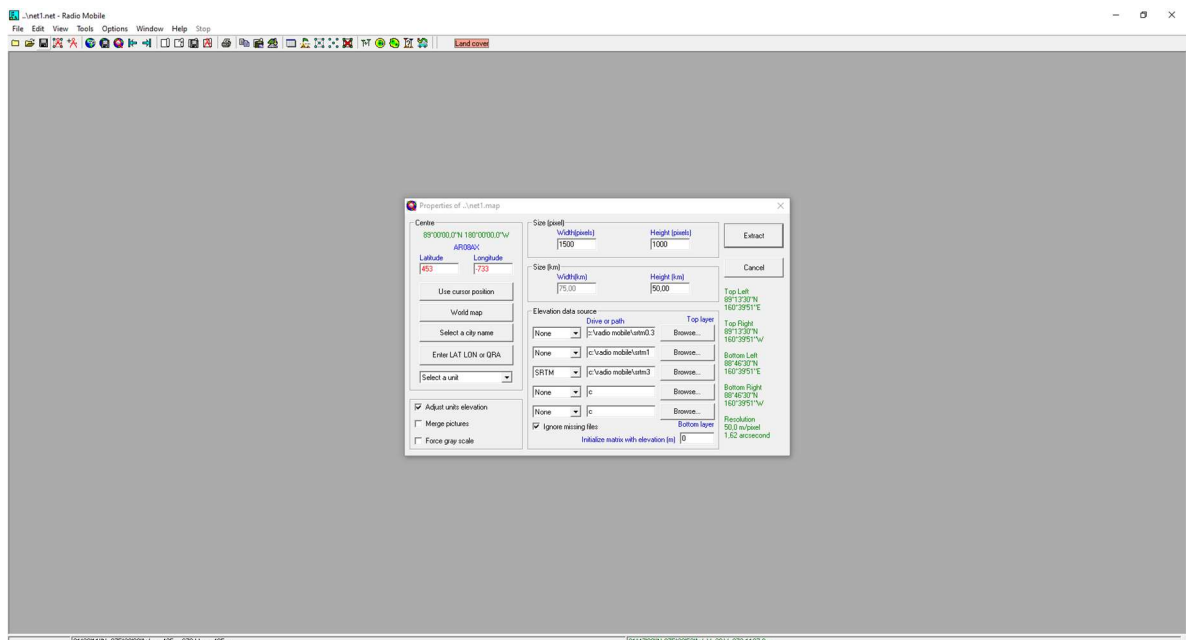


Figura 24. Extracción del mapa en Radio Mobile

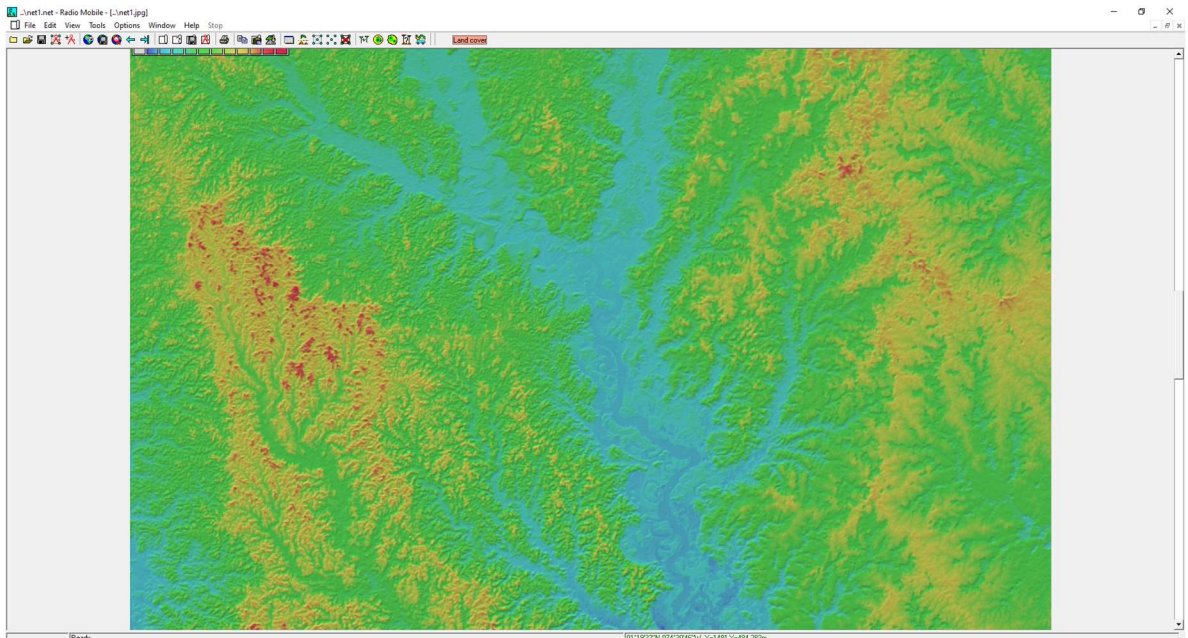


Figura 25. Mapa de elevación generado por Radio Mobile

Una vez ya se tengan los mapas se hace la agregación de las instituciones como en la Figura 26, para luego poder generar las diferentes redes entre los dispositivos maestros y los dispositivos esclavos.

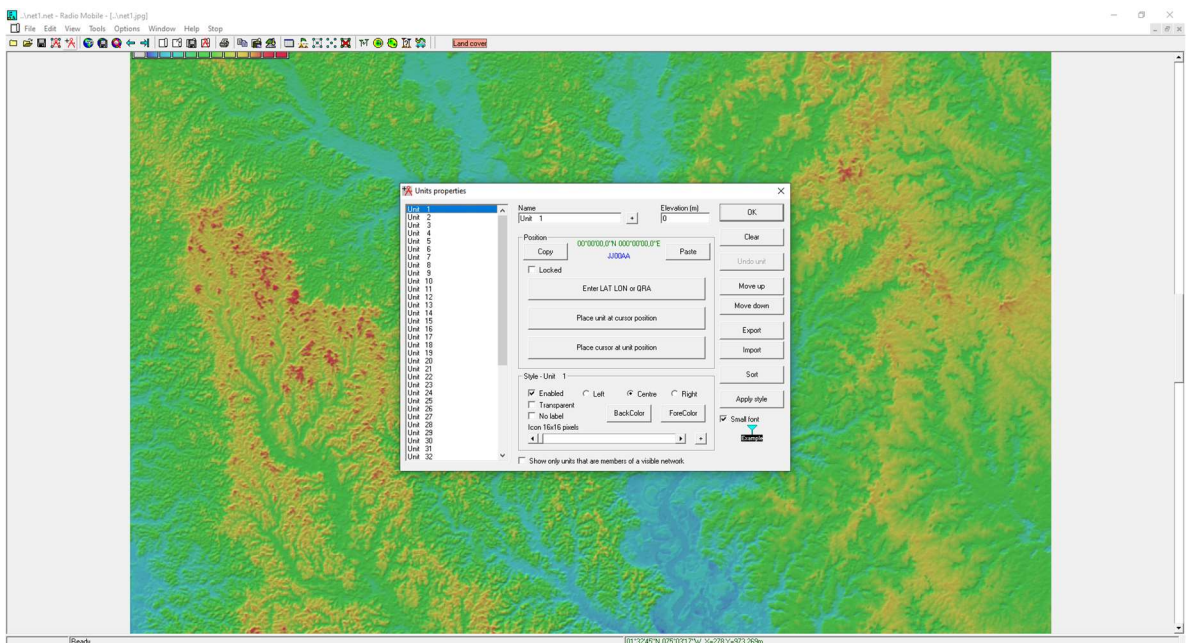


Figura 26. Agregar Puntos en Radio Mobile

Como se ha comentado anteriormente se hizo la distribución de las escuelas de los dos departamentos en 5 mapas, después de efectuar todo el proceso de creación de cada uno de los mapas se prosigue ubicando las instituciones que se encuentran en cada uno de los mapas, estos son los mostrados en las Figuras 18,20,21,22,23.

Como resultado del proceso de creación y ubicación de los puntos dentro del mapa generado en el programa tenemos como resultado las Figuras 27 ,28, 29, 30, 31. Una vez tenemos los mapas con los dispositivos maestros y esclavos podemos generar el estudio de la línea de vista.

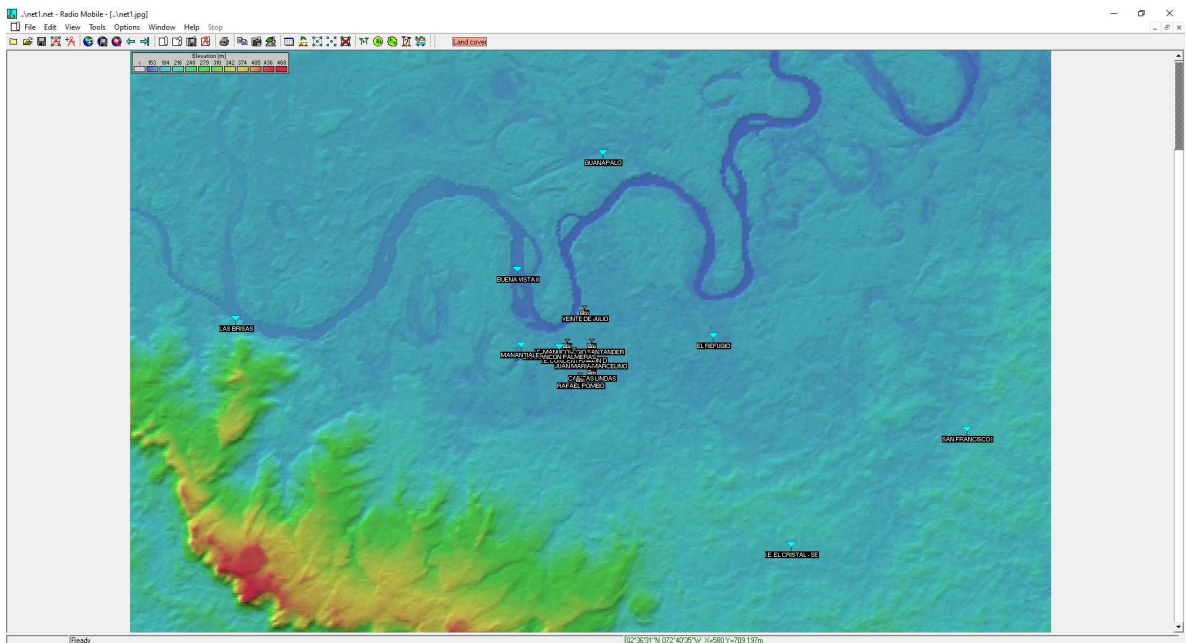


Figura 27. Mapa de Guaviare Radio Mobile

estudio. Tras el análisis anterior tenemos como resultado los datos siguientes, estas gráficas muestran el porcentaje que se logró conectar en cada uno de los mapas.

Escuelas con viabilidad de conexión en Guaviare

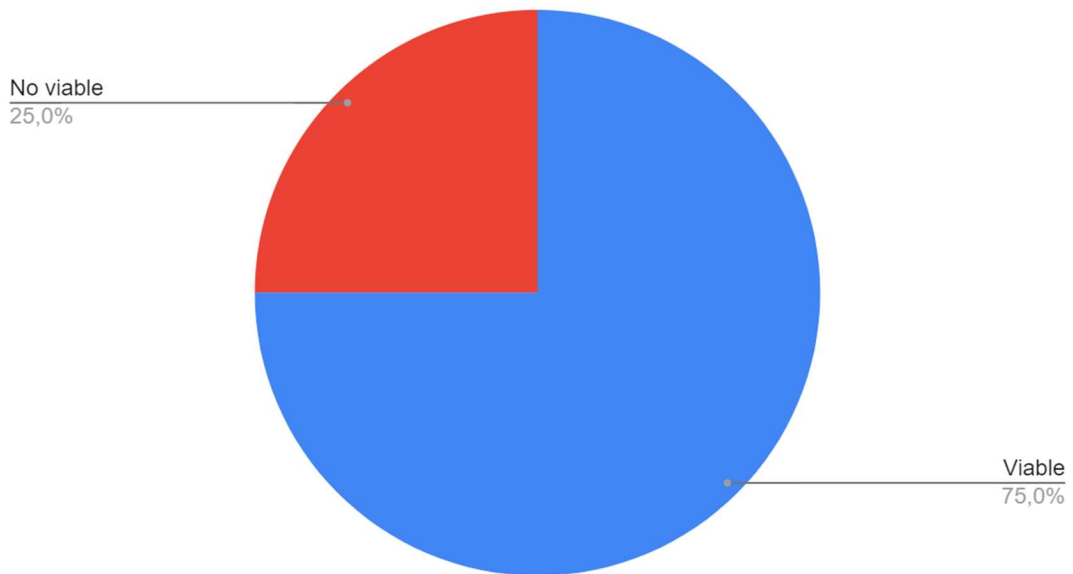


Figura 32. Gráfico de torta para escuelas en Guaviare

Escuelas con viabilidad de conexión en Caquetá mapa 1

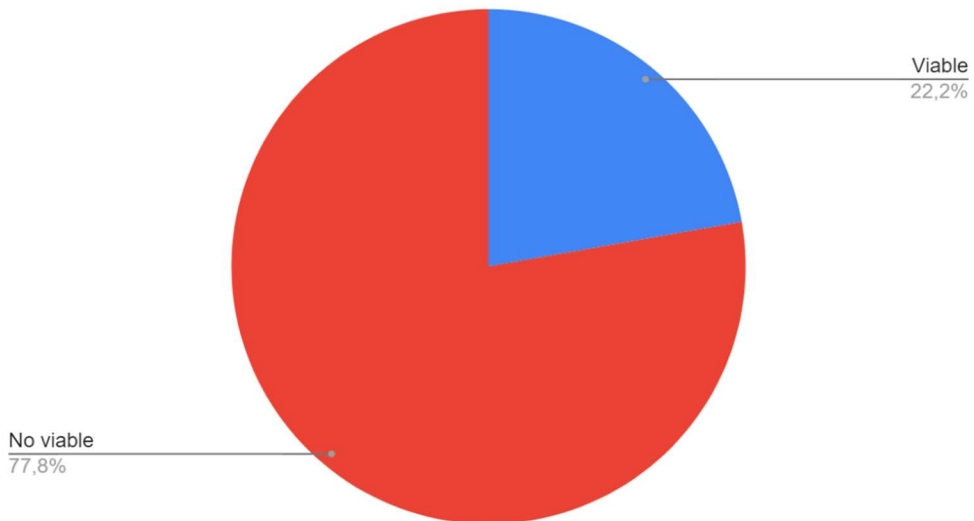


Figura 33. Gráfico de torta para escuelas en Caquetá mapa 1

Escuelas con viabilidad de conexión en Caquetá mapa 2

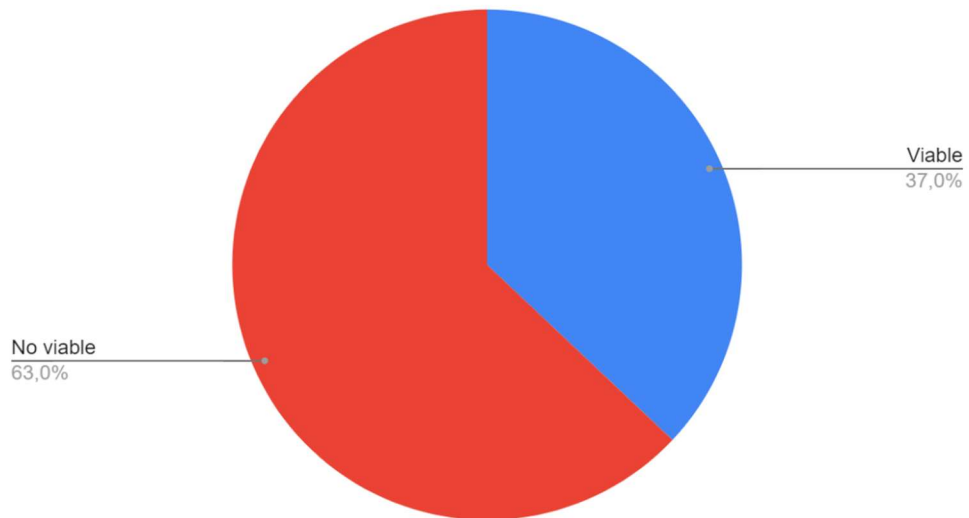


Figura 34. Gráfico de torta para escuelas en Caquetá mapa 2

Escuelas con viabilidad de conexión en Caquetá mapa 3

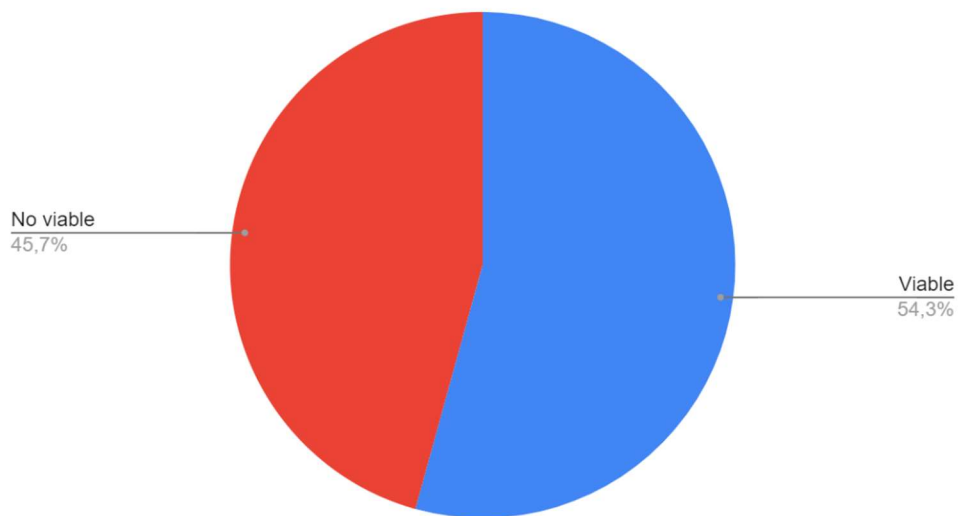


Figura 35. Gráfico de torta para escuelas en Caquetá mapa 3

Escuelas con viabilidad de conexión en Caquetá mapa 4

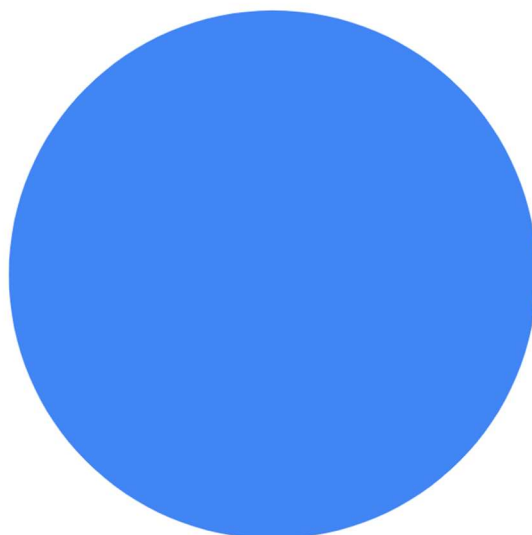


Figura 36. Gráfico de torta para escuelas en Caquetá mapa 4

Para generar cada una de las figuras anteriores se tiene como base las tablas que se generaron con cada mapa, donde se muestra la información del municipio, nombre, latitud/longitud, conectividad, número de conexiones y existencia de línea de vista con cada una de las escuelas con conexión o dispositivos maestros.

8.1.1 TABLAS DE VALIDACIÓN DE LÍNEA DE VISTA

Instituciones Educativas Urbanas con conexión a internet

Departamento	MUNICIPIO	Nombre EE	Nombre Sede	LATITUD/LONGITUD	Escuela Rural con línea de vista	Numero Puntos de conectividad Urbanos	VEINTE DE JULIO	I.E. MANUELA BELTRAN	COLEGIO SANTANDER	I.E. CONCENTRACIÓN DESARROLLO RURAL	JUAN MARIA MARCELINO GILIBERT	CARITAS LINDAS	RAFAEL POMBO
GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	I.E. AGUA BONITA - RAFAEL POMBO	BARRANCÓN PALMERAS	2.564722,-72.649444	Conectada	7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	I.E. EL RETIRO	BUENA VISTA II	2.593056,-72.664722	Conectada	7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	INSTITUCIÓN EDUCATIVA EL RESBALÓN	SAN FRANCISCO I	2.5344444444,-72.49972222	Conectada	5	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	I.E. EL RETIRO	LAS BRISAS	2.575,-72.768333	No conectada	0	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	INSTITUCIÓN INDÍGENA PANURE	EL REFUGIO	2.5686111111,-72.59277778	Conectada	7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL	I.E. EL CRISTAL	I.E. EL CRISTAL - SEDE	2.492228,-72.564139	No conectada	0	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗















	GUAVIARE		PRINCIPAL										
GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	I.E. SANTA HELENA	GUANAPALO	2.635833,- 72.63333	Conectada	7							
GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	I.E. EL CRISTAL	MANANTIALES	2.565227,- 72.663307	Conectada	7							

Tabla 15. Tabla de conexión Guaviare

							Instituciones Educativas Urbanas con conexión a internet				
Departamento	MUNICIPIO	Nombre EE	Nombre Sede	LATITUD/LONGITUD	Escuela Rural con Línea de vista	Numero Puntos de conectividad Urbanos	DANTE ALIGHIERI	DIEGO OMAR GARCIA	ANTONIO NARIÑO	BELLAVISTA	VERDE AMAZONICO
CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E. R. BRISAS DEL LOSADA	LA AZUCENA	2.208819444,-74.72036667	No conectada	0					
CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E. R. BRISAS DEL LOSADA	LA SERRANIA	2.202436111,-74.71103889	No conectada	0					
CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E. R. BRISAS DEL LOSADA	LOS PICACHOS	2.179944444,-74.73035833	Conectada	3					
CAQUETÁ	PUERTO RICO	I.E. R. JORGE ELIECER GAITAN	PALESTINA	2.177797717,-74.72573416	No conectada	0					
CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E. R. ALTO QUEBRADON	LA DANTA	2.197395,-74.834643	No conectada	0					
CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E. R. SAN JUAN DEL LOSADA	FLOR DE MAYO	2.166197845,-74.85898398	No conectada	0					
















CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E.R. ARENOSO	SOTARA	2.15618,- 74.867187	No conectada	0					
CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E.R. ARENOSO	PILONES	2.15618,- 74.8707	No conectada	0					
CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E. R. SAN JUAN DEL LOSADA	LOS ALPES	2.113052,- 74.77227	Conectada	4					

Tabla 16. Tabla de conexión Caquetá mapa 1

						conexión a internet				
Departamento	MUNICIPIO	Nombre EE	Nombre Sede	LATITUD/LONGITUD	Escuela Rural con Línea de vista	Numero Puntos de conectividad Urbanos	EL COLISEO	SAN LUIS GONZAGA	NUESTRA SEÑORA DE LA	JHON F. KENNEDY
CAQUETÁ	EL DONCELLO	I.E R. SIMON BOLIVAR	LA ARENOSA	1.652903,-75.250898	No conectada	0				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	ALTO GUADUALITO	1.604608,-75.260448	No conectada	0				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	EL DIAMANTE	1.637870003,-75.34607386	No conectada	0				
CAQUETÁ	LA MONTAÑITA	C.E. GAITANIA	EL PORVENIR	1.629444445,-75.39194444	No conectada	0				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	NIÑA ALTA	1.622902,-75.333114	Conectada	4				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	LA ESMERALDA	1.61942918,-75.3491969	Conectada	3				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	LA RIVERA	1.612189,-75.310017	No conectada	0				
CAQUETÁ	MILÁN	C.E. GRANARIO	LAS MALVINAS	1.57325815,-75.31439529	Conectada	4				
CAQUETÁ	EL DONCELLO	I.E R. SIMON BOLIVAR	LAS CAMELIAS	1.573678,-75.35879	No conectada	0				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	LA CRISTALINA	1.571227,-75.361926	No conectada	0				

CAQUETÁ	LA MONTAÑITA	I.E. RURAL SABIO CALDAS	VILLA RICA DEL CARMEN PARTE ALTA	1.573186,-75.408062	No conectada	0				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E.R. SANTA TERESA	SANTA TERESA	1.545436,-75.240119	Conectada	2				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	MORABIA	1.551911974,-75.28971038	Conectada	4				
CAQUETÁ	MILÁN	I.E.R.INDIGENA MAMA BWE REOJACHE	INDIGENA SAN FRANCISCO	1.54300482,-75.33876818	Conectada	2				
CAQUETÁ	LA MONTAÑITA	I.E.R. EL CEDRO	JUNTAS	1.53148,-75.358447	No conectada	0				
CAQUETÁ	LA MONTAÑITA	I.E.R. EL CEDRO	EL CEDRITO	1.53626,-75.397247	No conectada	0				
CAQUETÁ	LA MONTAÑITA	I.E.R. EL CEDRO	EL CEDRO	1.537092721,-75.40244329	No conectada	0				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	EL VERGEL	1.518302087,-75.2926847	Conectada	4				
CAQUETÁ	MILÁN	I.E.R. ILUSION MATICURU	GUAYAQUIL	1.52343375,-75.42073466	No conectada	0				
CAQUETÁ	LA MONTAÑITA	I.E.R. EL CEDRO	AGUA BONITA	1.508761,-75.412847	No conectada	0				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	LA UNION PAUJIL	1.509379108,-75.22323418	No conectada	0				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E.R. SANTA TERESA	PUENTE ALBANIA	1.47948713,-75.25416718	Conectada	1				

CAQUETÁ	LA MONTAÑITA	I.E.R. CEDRO EL	LOS MORROS	1.48556,-75.386947	No conectada	0				
CAQUETÁ	LA MONTAÑITA	I.E. R. BRISAS DE SAN ISIDRO	LOS ANDES	1.456667,-75.3425	Conectada	3				
CAQUETÁ	MILÁN	I.E. R. LA FLORIDA	LA FLORESTA	1.46132982,-75.42323309	No conectada	0				
CAQUETÁ	MILÁN	I.E.R. ILUSION MATICURU	LAS GAVIOTAS	1.45133608,-75.41730824	No conectada	0				
CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E R. RAFAEL URIBE URIBE	AGUA ROJO	1.449222,-75.42742	No conectada	0				

Tabla 17. Tabla de conexión Caquetá mapa 2

							Instituciones Educativas Urbanas con conexión a internet				
Departamento	MUNICIPIO	Nombre EE	Nombre Sede	LATITUD/LONGITUD	Escuela Rural con Línea de vista	Numero Puntos de conectividad Urbanos	BUENOS AIRES	AGROECOLÓGICO	ATANASIO GIRARDOT	JOSE MARIA CORDOBA	EL CHAIRA
CAQUETÁ	PUERTO RICO	I.E RURAL RIO NEGRO	SANTA ISABEL	1.435833333,-74.90333333	No conectada	0					
CAQUETÁ	PUERTO RICO	I.E. R. EL LOBO	AURORA DEL GUAYAS	1.435,-74.8675	No conectada	1					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	LOS PILONES	1.40976488,-74.81324764	No conectada	5					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. EL EDEN	EL TRIUNFO	1.402809348,-74.80495137	No conectada	5					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. EL EDEN	LOS ESPEJOS	1.401198935,-74.74024959	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. EL EDEN	LAS PISCINAS	1.384653289,-74.7427681	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. EL EDEN	LA REFORMA	1.375632305,-74.73821325	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. SAN PEDRO CLAVER	LOS ROBLES	1.369016667,-74.81051389	No conectada	1					

CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. MIXTA MARIA LUISA DE MORENO	MONTERREY	1.36686979,- 74.81907593	No conectada	4					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. EL EDEN	EL CAIRO	1.35402217,- 74.76986831	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. MIXTA MARIA LUISA DE MORENO	JORDAN # 1	1.35,-74.833056	No conectada	5					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. SANTAFE DEL CAGUAN	EL RENACER DE ARMERO	1.33388889,- 74.766575	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. PEÑAS COLORADAS	JUAN PABLO II	1.332591479,- 74.8423484	No conectada	5					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. PEÑAS COLORADAS	JOSE HILARIO ORTIZ	1.331765391,- 74.84410833	No conectada	5					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	NUEVA ZELANDA	1.33838105,- 74.87178238	No conectada	5					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	BOCANA DE CAMICAYA	1.334507,- 74.897113	No conectada	0					

CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	EL CASTILLO	1.33915,- 74.901434	No conectada	1					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. DIVINO NIÑO	ALTO BONITO	1.339017824,- 74.9049737	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. DIVINO NIÑO	EL RUBI	1.347079,- 74.925109	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	LAGUNA DEL CHAIRA	1.35634,- 74.938376	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	LAS ILUSIONES # 2	1.3651,- 74.949493	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. SANTA CRUZ DEL AGUILA	AGUAS CLARAS	1.324594593,- 74.81384797	No conectada	5					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. LA ESMERALDA	GUADUALOSA	1.323632783,- 74.85005405	No conectada	5					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. MIXTA MARIA LUISA DE MORENO	LAS MARIMBAS	1.317148752,- 74.80585556	No conectada	4					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. LA ESMERALDA	EL BRILLANTE	1.314412372,- 74.89437151	No conectada	1					

CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. DIVINO NIÑO	SAN ANTONIO DEL HIGUERON	1.317765988,- 74.93583212	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. SANTA CRUZ DEL AGUILA	YAICOGE	1.315086573,- 74.73327426	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. SANTA CRUZ DEL AGUILA	LAS DELICIAS	1.303904507,- 74.75580781	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. LA SARDINATA	BARCELONA	1.276408333,- 74.83570278	No conectada	4					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	LA CRISTALINA	1.256558752,- 74.94956014	No conectada	0					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	AGUA LINDA	1.239426633,- 74.81071859	No conectada	4					
CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	EL VERGEL	1.223365271,- 74.93599721	No conectada	1					
CAQUETÁ	PUERTO RICO	I.E. R. EL LOBO	LAS VASIJAS	1.435,-74.8675	No conectada	3					
CAQUETÁ	PUERTO RICO	I.E. R. EL LOBO	COSTA RICA DEL ROSARIO	1.435833333,- 74.90333333	No conectada	0					






CAQUETÁ	PUERTO RICO	I.E. R. EL LOBO	LA INDEPEN DENCIA	1.435,-74.8675	No conectada	3					
---------	-------------	-----------------	-------------------	----------------	--------------	---	---	---	---	---	---

Tabla 18. Tabla de conexión Caquetá mapa 3

Instituciones Educativas Urbanas con conexión a internet

Departamento	MUNICIPIO	Nombre EE	Nombre Sede	LATITUD/LONGITUD	Escuela Rural con Línea de vista	Numero Puntos de conectividad Urbanos	INTERNADO RURAL SOLI	ANTONIO MARIA TORASS
CAQUETÁ	VALPARAÍSO	I.E.R. PLAYA RICA	LA MACARENA	0.987332017,- 75.54262331	No conectada	0		
CAQUETÁ	SOLANO	I.E.R. PUERTO TEJADA	PEÑARANDA	0.9873808621,- 75.6559354	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LA SAMARIA	0.878954107,- 75.60065306	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LOS ANGELES	0.861250917,- 75.56667435	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	EL RECREO	0.944775138,- 75.65627001	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	CORRENTOSO	0.807252622,- 75.53046541	No conectada	0		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	BOCANA CHONTILLOSA	0.8574568216,- 75.5293954	No conectada	0		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	EL AMPARO	0.913718033,- 75.60154317	Conectada	2		

CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA CRISTALINA	0.951860983,-75.6013924	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LA LIBERTAD	0.893801944,-75.55382526	No conectada	0		
CAQUETÁ	SOLITA	INSTITUCION EDUCATIVA RURAL JOSE CELESTINO MUTIS	LA VENADO	0.930904975,-75.71446439	No conectada	0		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	EL RETIRO	0.888519541,-75.61707134	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA PAZ	0.899369883,-75.62021223	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LA FLORESTA	0.93915,-75.56815556	No conectada	0		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA ESPAÑOLA	0.9860627018,-75.68582749	No conectada	0		
CAQUETÁ	SOLITA	INSTITUCION EDUCATIVA RURAL JOSE CELESTINO MUTIS	LAS PALMERAS	0.897371135,-75.64305505	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA MARSELLA	0.940855309,-75.63199722	Conectada	2		











CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LA AMISTAD	0.929397348,- 75.60877977	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	INSTITUCION EDUCATIVA RURAL JOSE CELESTINO MUTIS	EL CASTILLO	0.882666066,- 75.68945454	No conectada	0		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	BETANIA	0.929246585,- 75.64631967	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	BUENOS AIRES	0.963921995,- 75.63335408	Conectada	2		
CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA MIRANDA	0.960759406,- 75.54443344	No conectada	0		

Tabla 19. Tabla de conexión Caquetá mapa 4

8.1.2 CAPTURAS DE LÍNEA DE VISTA

Teniendo en cuenta las tablas del punto anterior podemos saber cuáles son las instituciones que cuentan con línea de vista entre el dispositivo maestro y los dispositivos esclavos. Para no alargar mucho el documento solo se mostrarán las capturas entre las instituciones o dispositivos las cuales cuentan con línea de vista.

Únicamente se mostrarán las líneas de vista las cuales corresponden a la institución con mayor número de líneas de vista disponibles. Esto nos permitirá tener una noción del terreno el cual se maneja en la región y la información básica para la existencia de dicha línea de vista.

8.1.2.1 CAPTURAS GUAVIARE

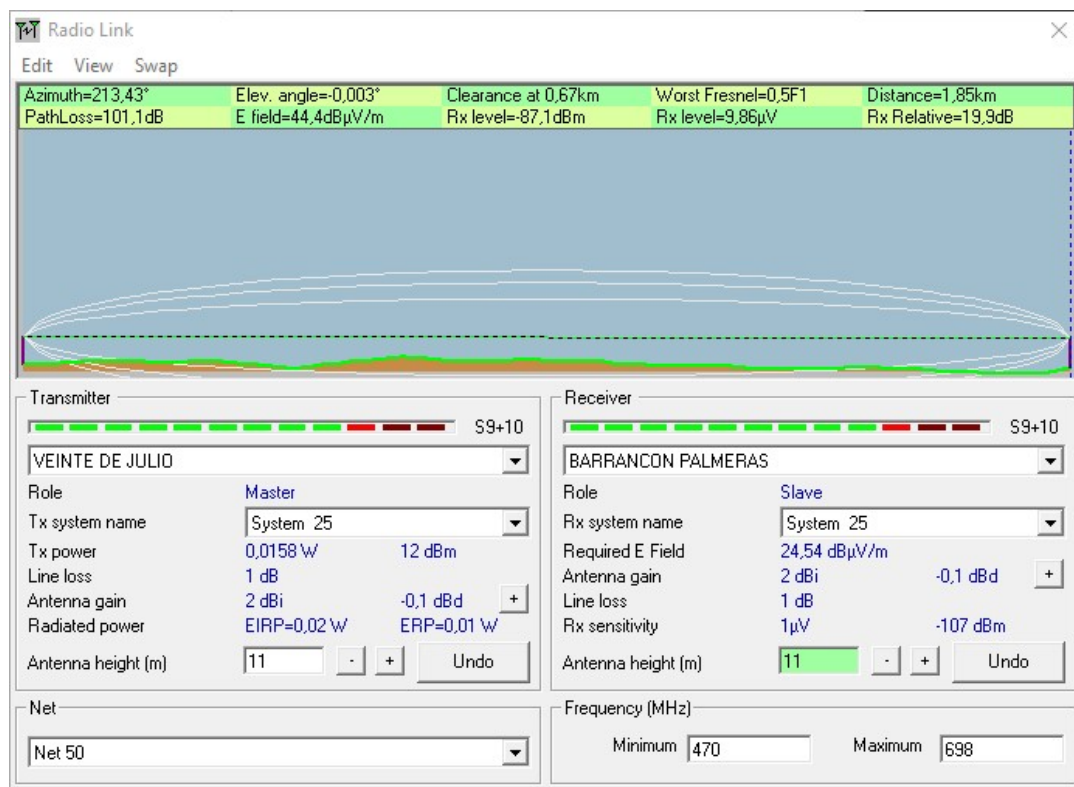


Figura 37. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con Barrancón Palmeras

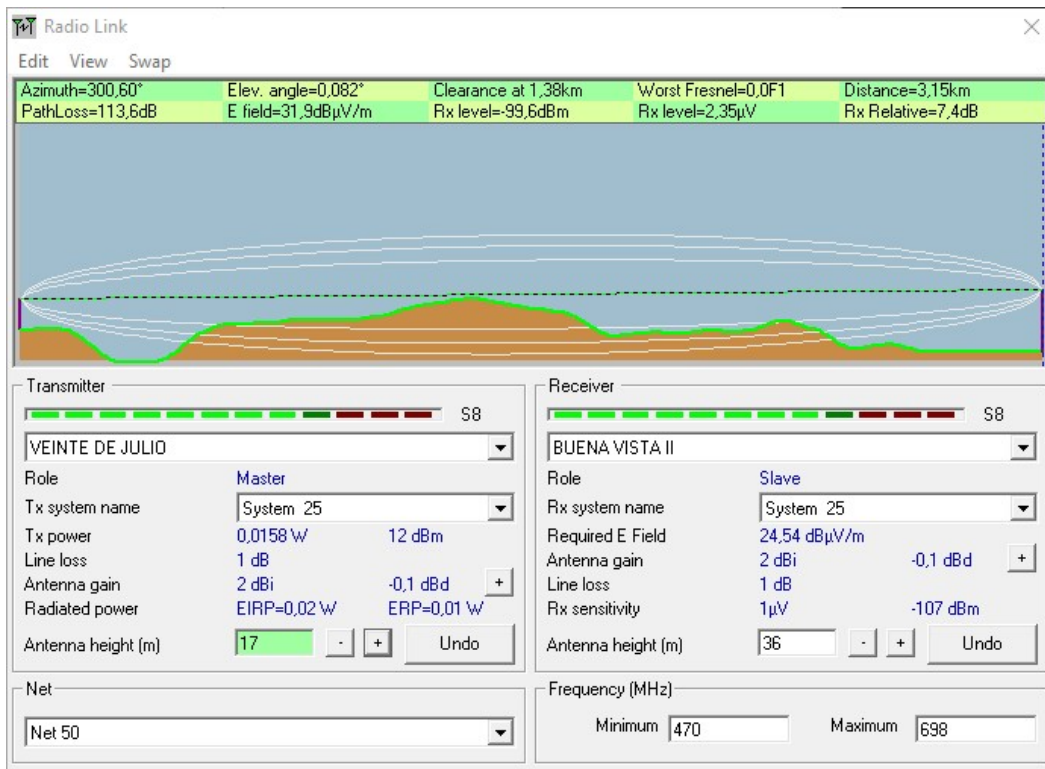


Figura 38. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con Buena Vista II

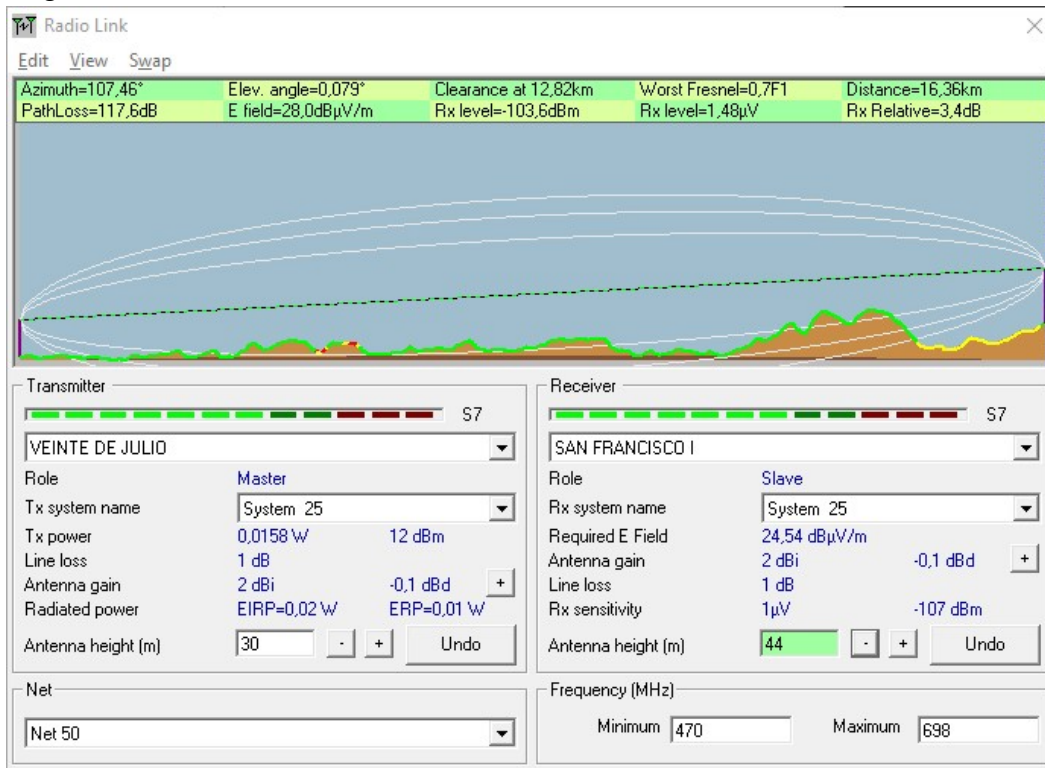


Figura 39. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con San Francisco I

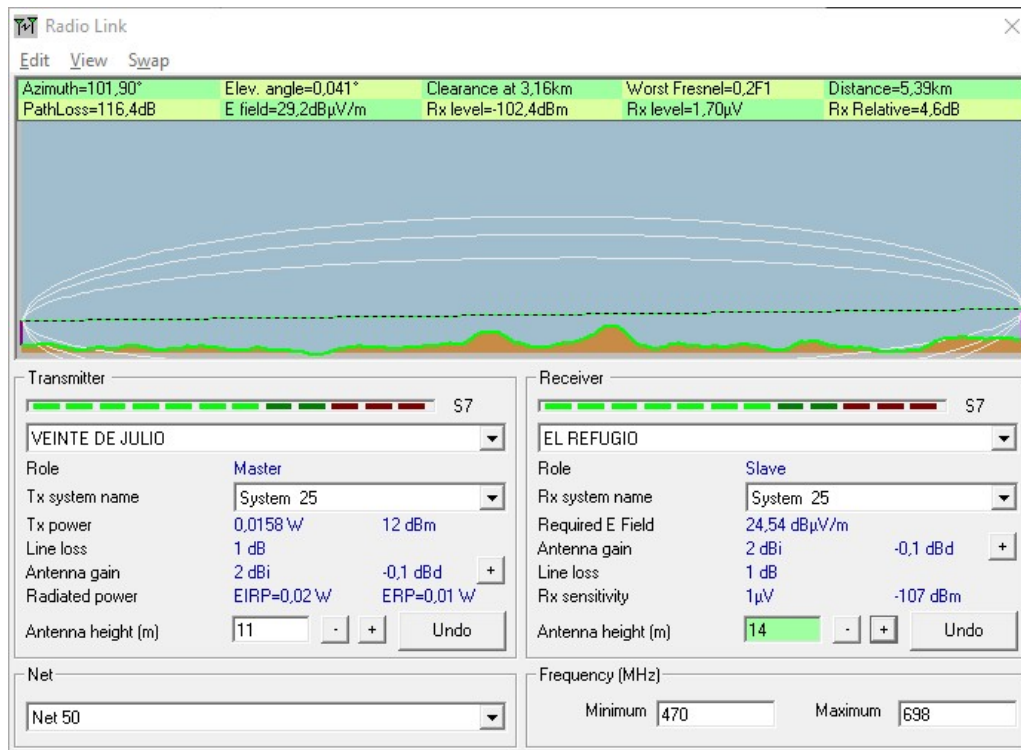


Figura 40. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con El Refugio

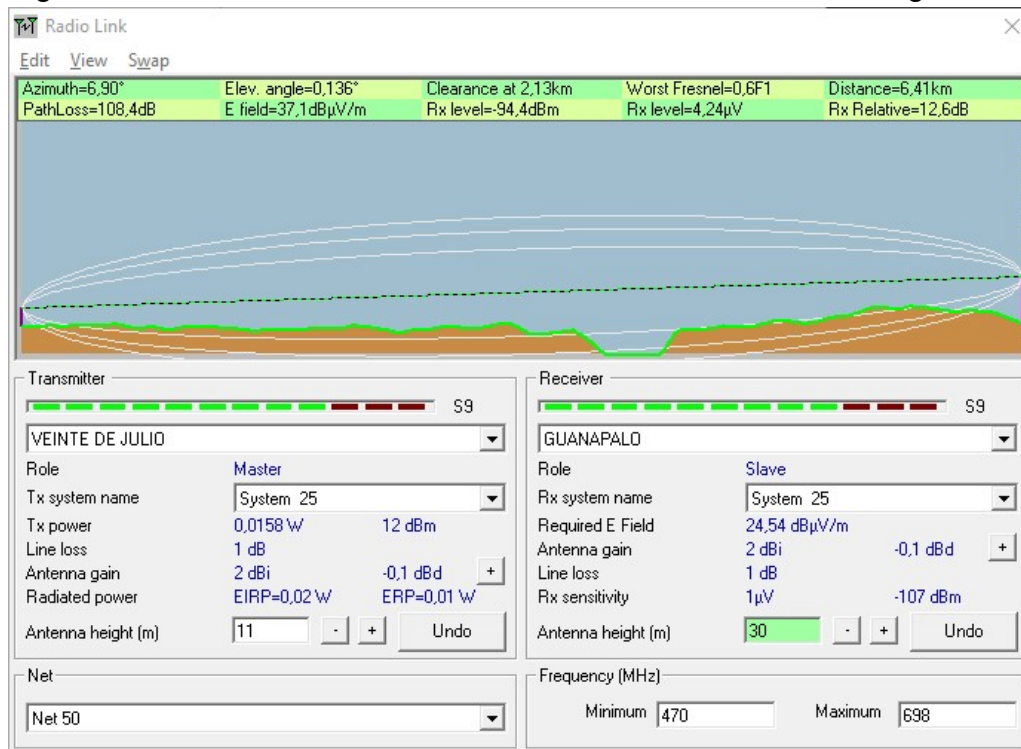


Figura 41. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con Guanapalo

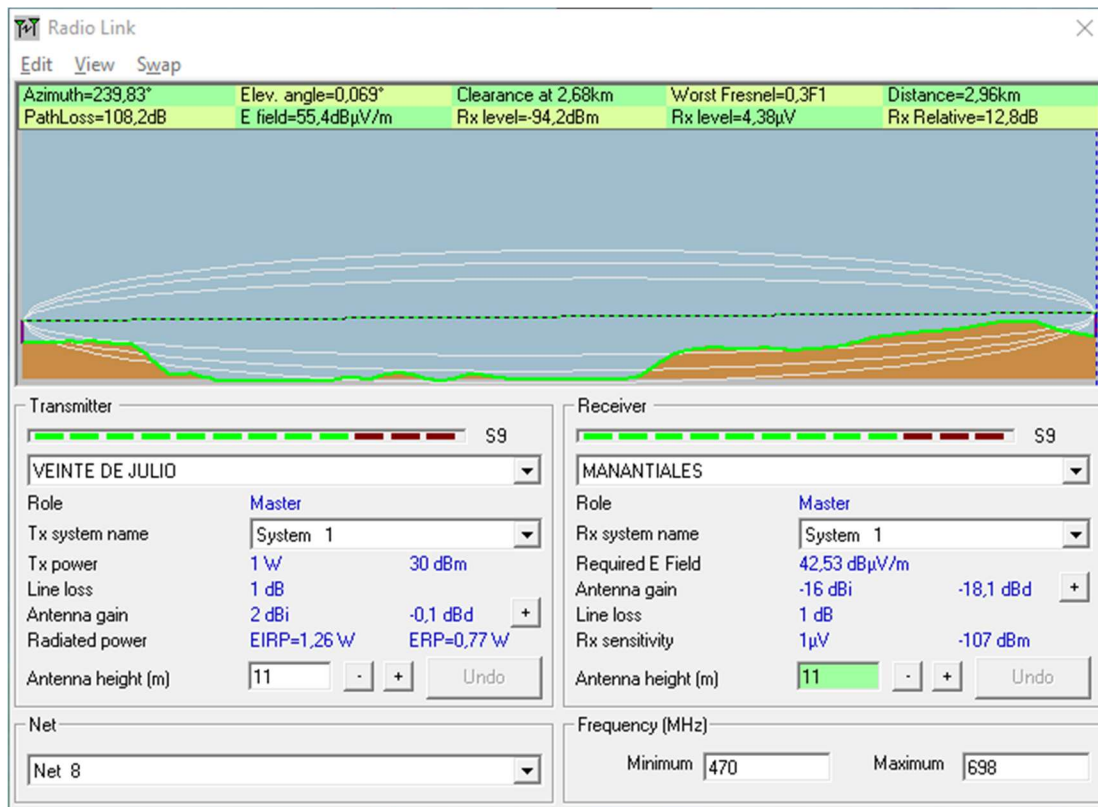


Figura 42. Línea de vista entre la IE Veinte de Julio con Manantiales

8.1.2.2 CAPTUTAS CAQUETA MAPA 1

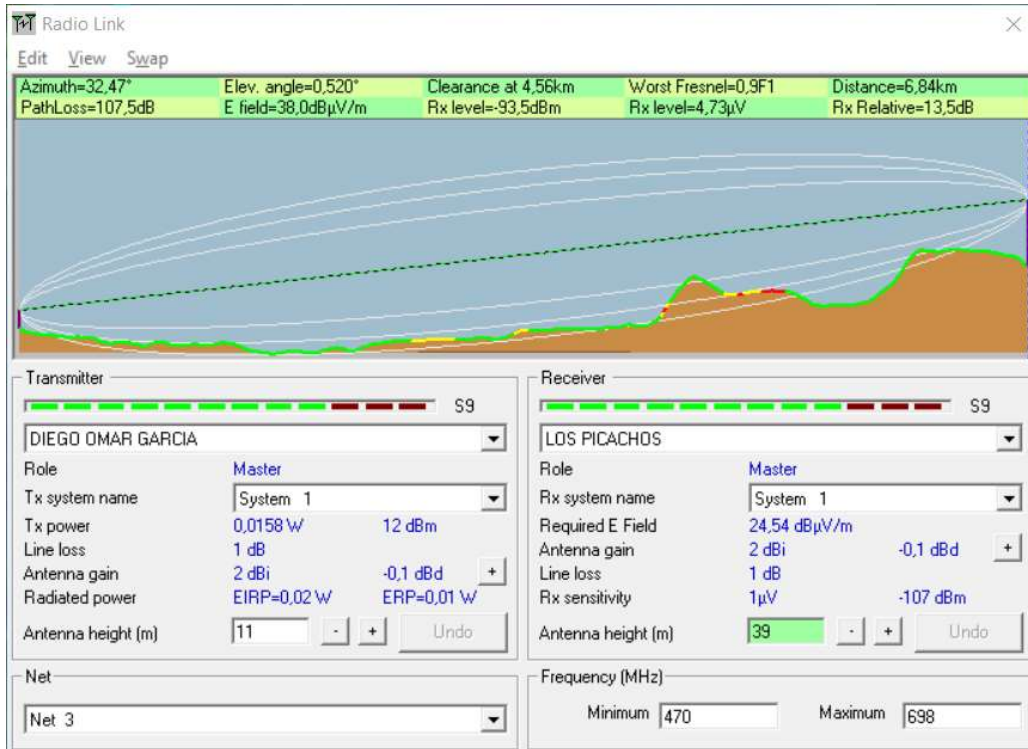


Figura 43. Línea de vista entre la IE Diego Omar G con Los Picachos

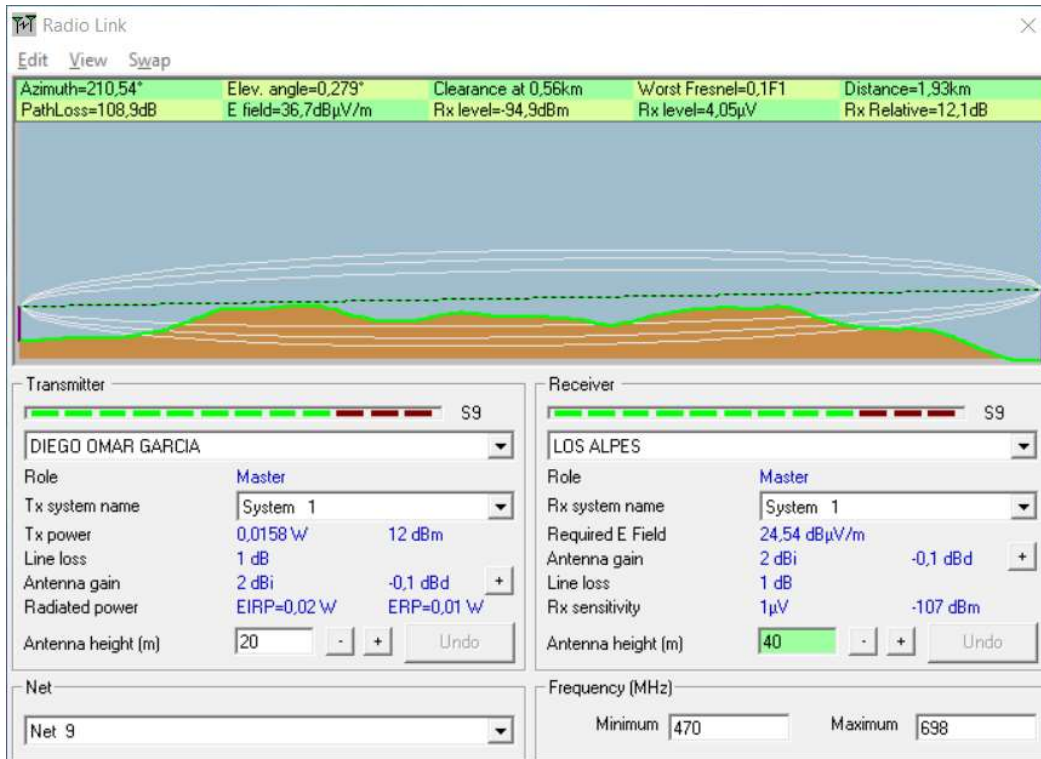


Figura 44. Línea de vista entre la IE Diego Omar G con Los Alpes

8.1.2.3 CAPTUTAS CAQUETA MAPA 2

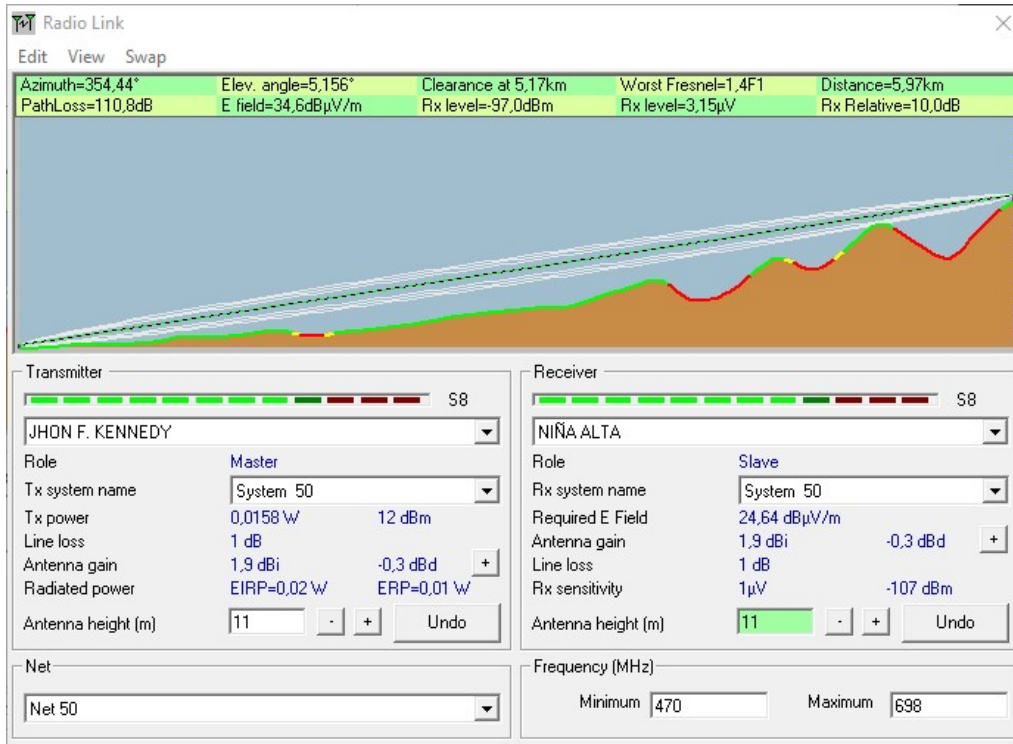


Figura 45. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Niña Alta

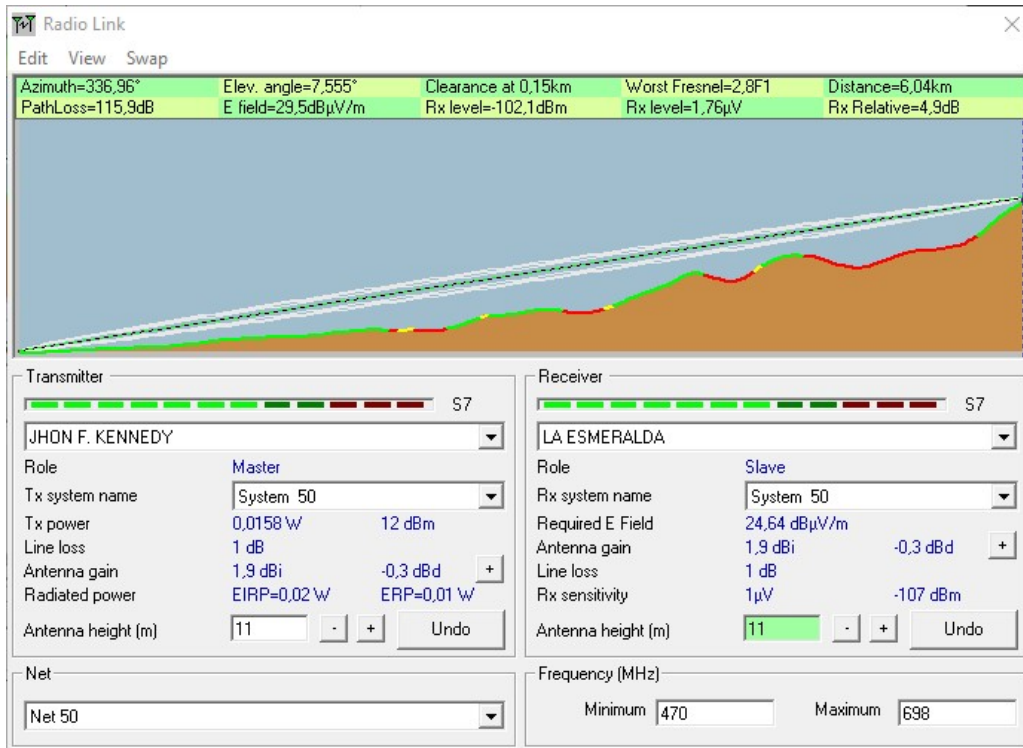


Figura 46. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con La Esmeralda

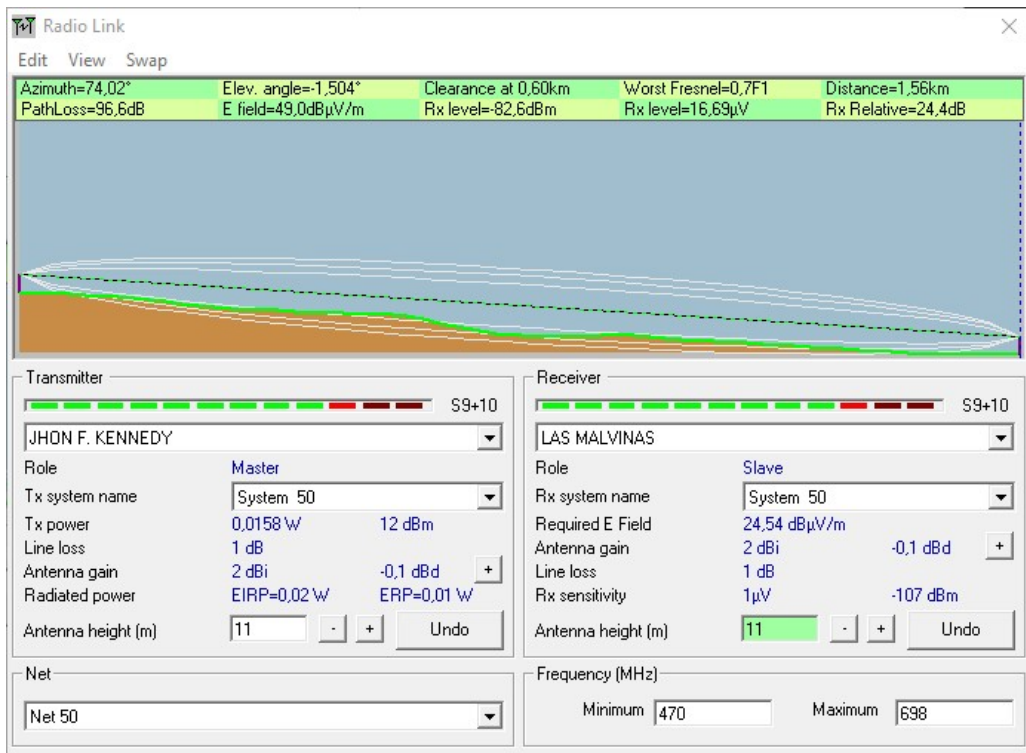


Figura 47. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Las Malvinas

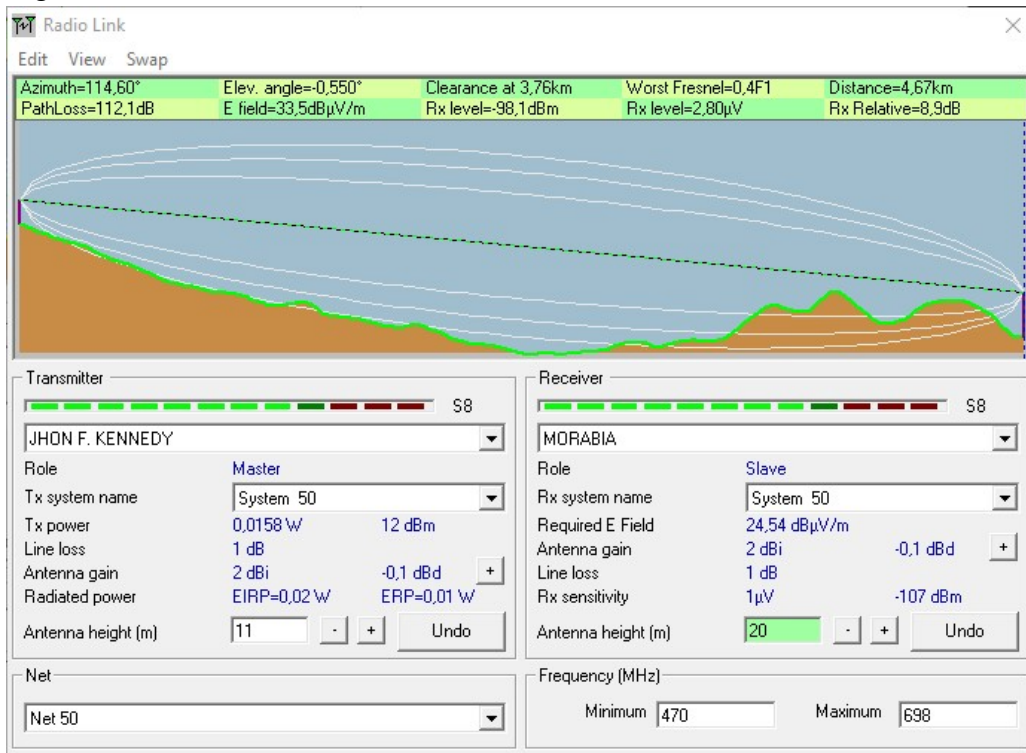


Figura 48. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Morabia

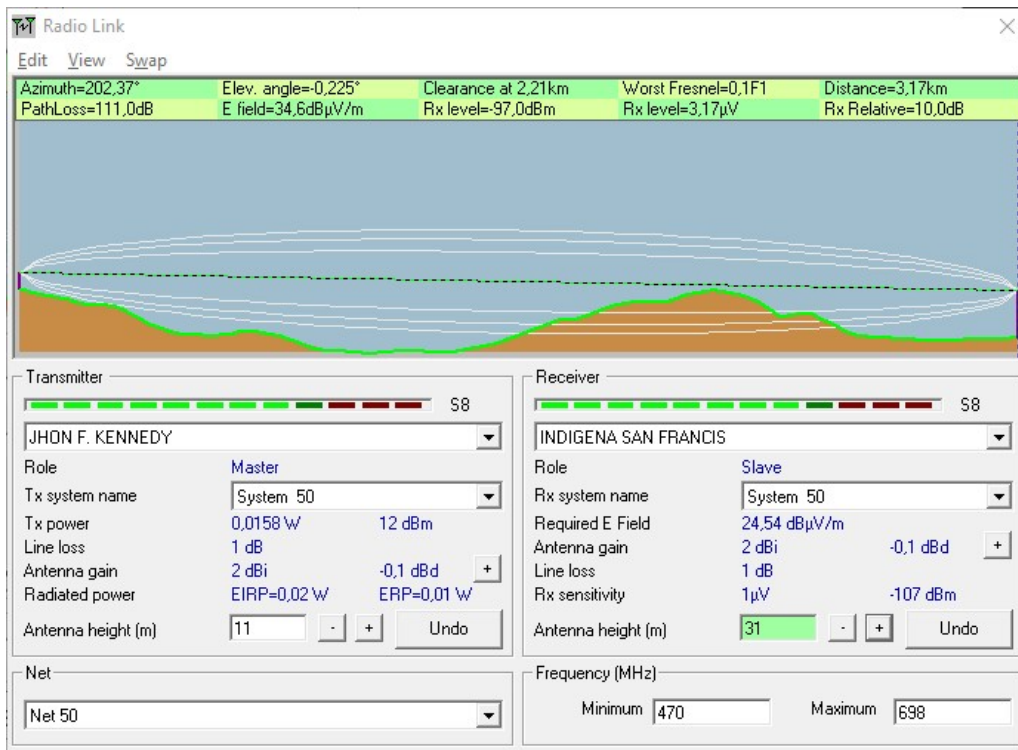


Figura 49. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Indígena San Francisco

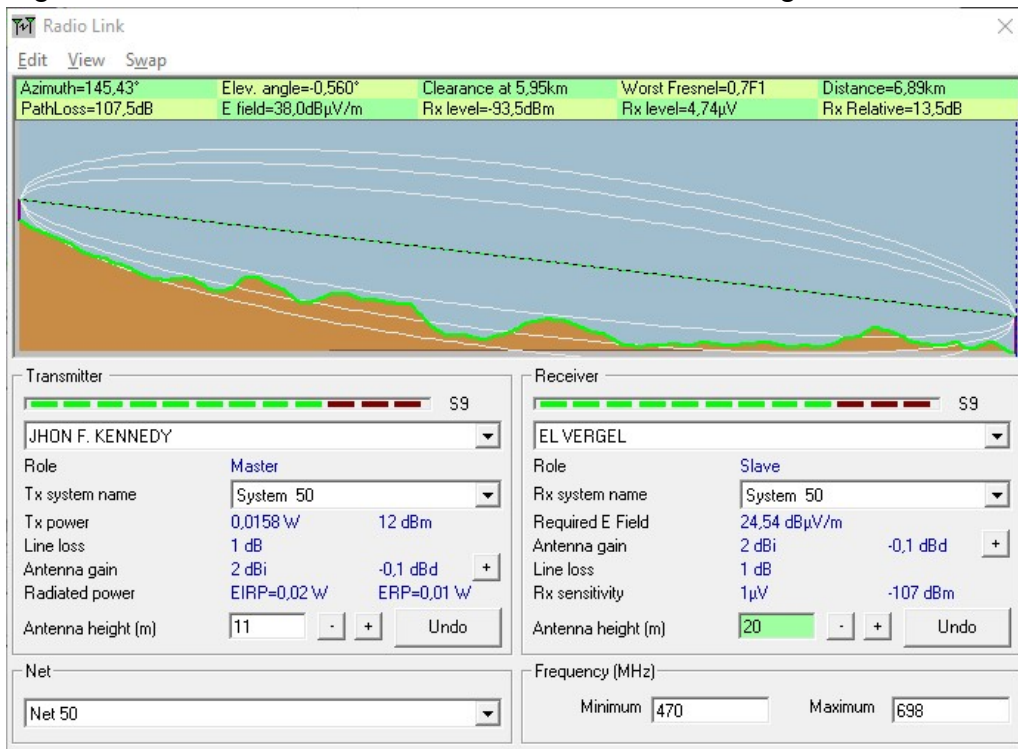


Figura 50. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con El Vergel

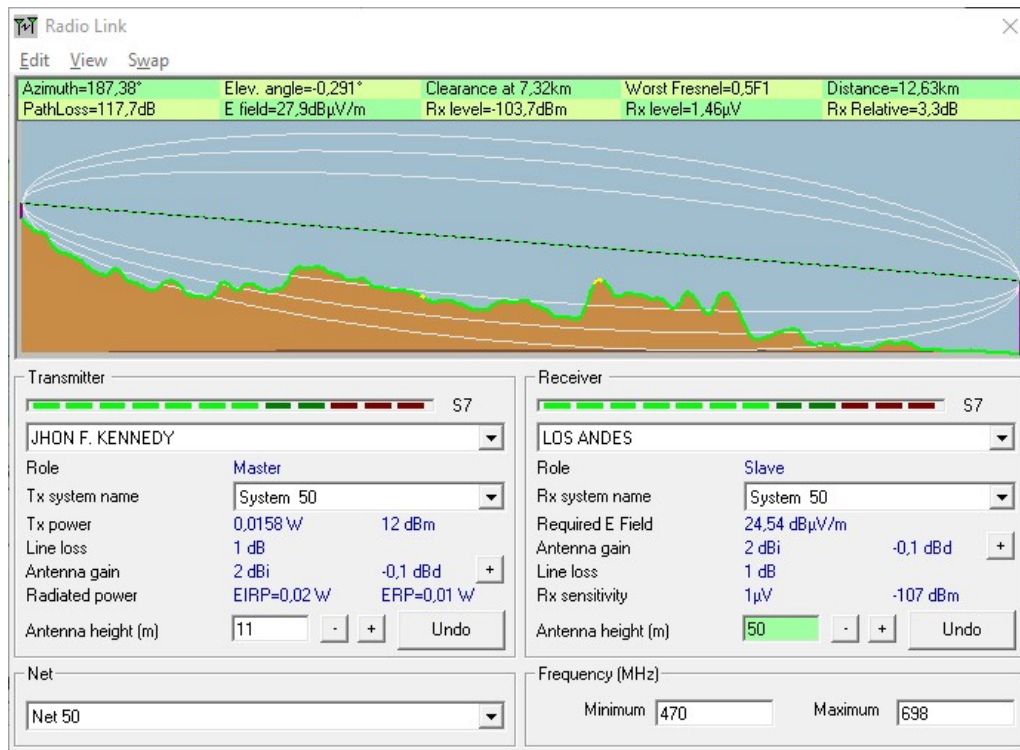


Figura 51. Línea de vista entre la IE Jhon F. K con Los Andes

8.1.2.4 CAPTUTAS CAQUETA MAPA 3

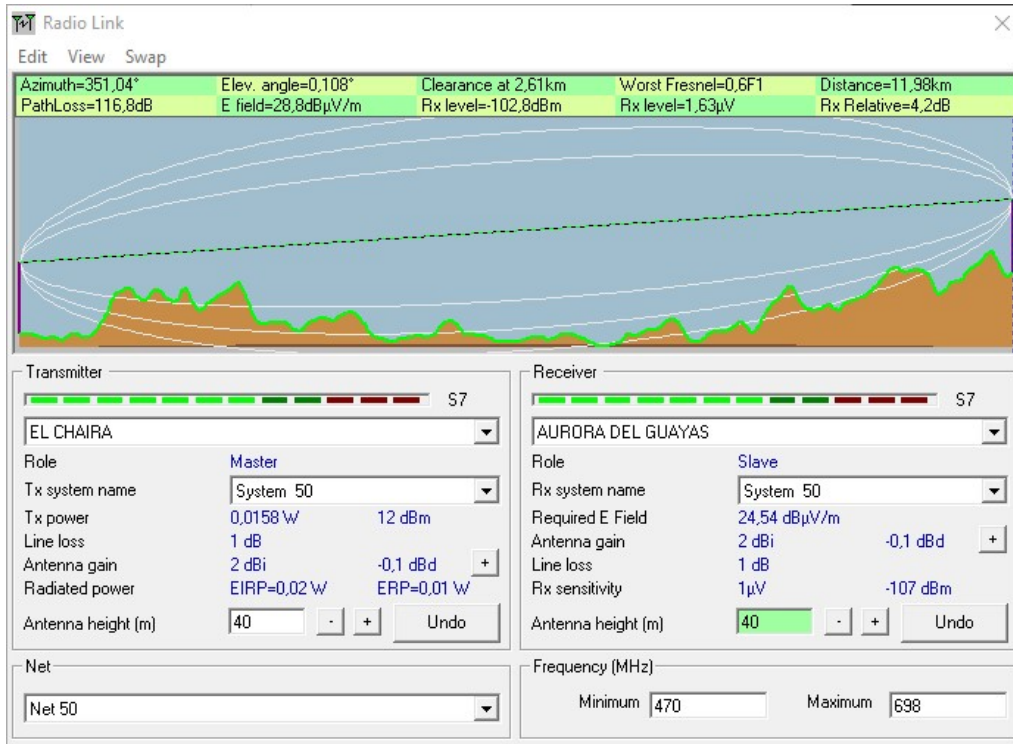


Figura 52. Línea de vista entre la IE El Chaira con Aurora Del Guayas

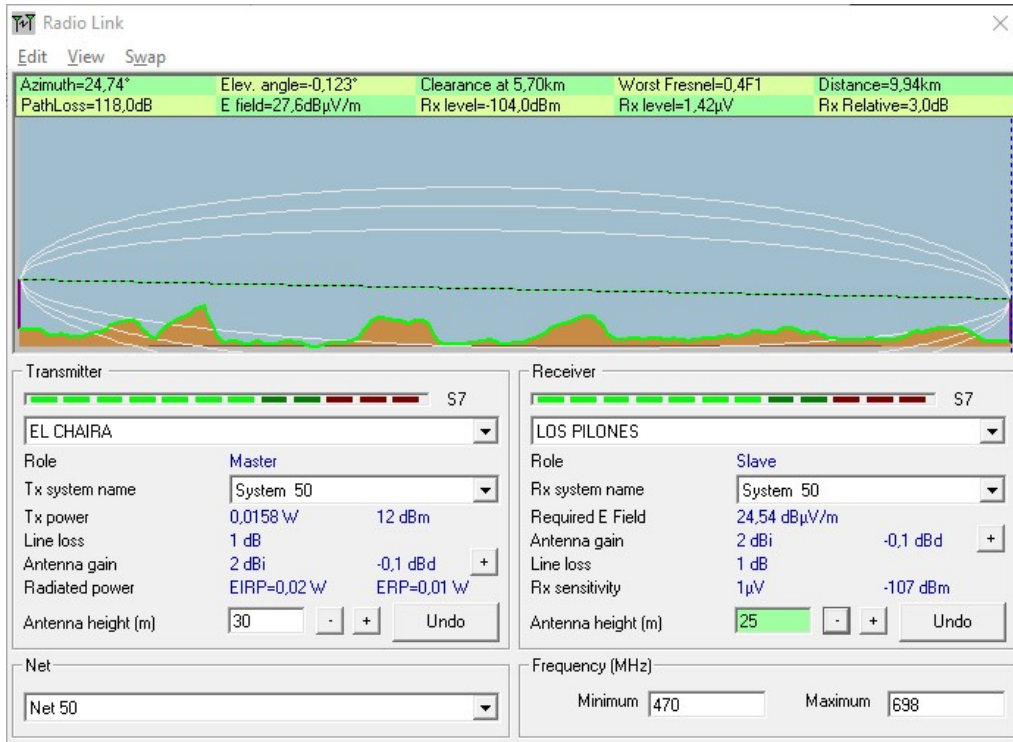


Figura 53. Línea de vista entre la IE El Chaira con Los Pilones

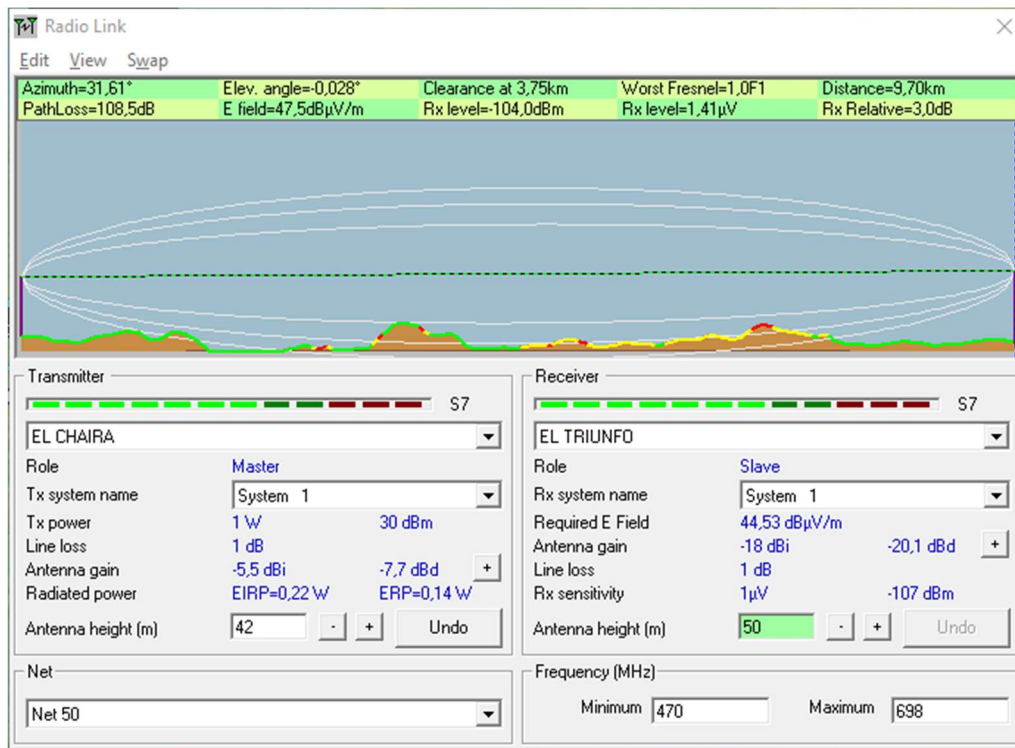


Figura 54. Línea de vista entre la IE El Chaira con El Triunfo

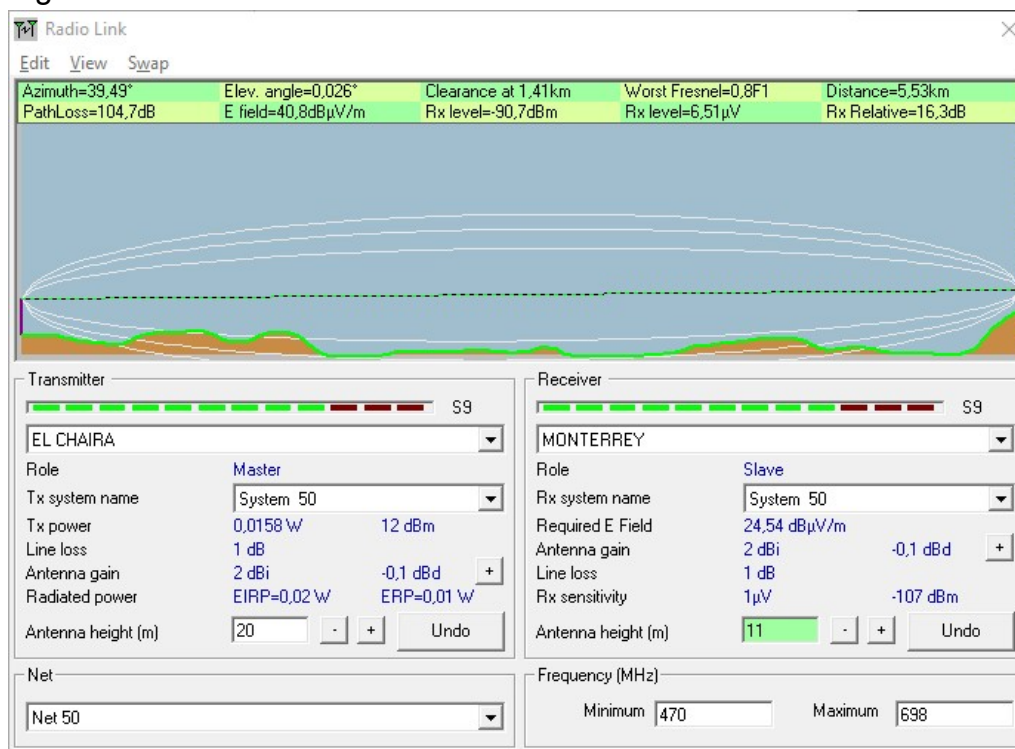


Figura 55. Línea de vista entre la IE El Chaira con Monterrey

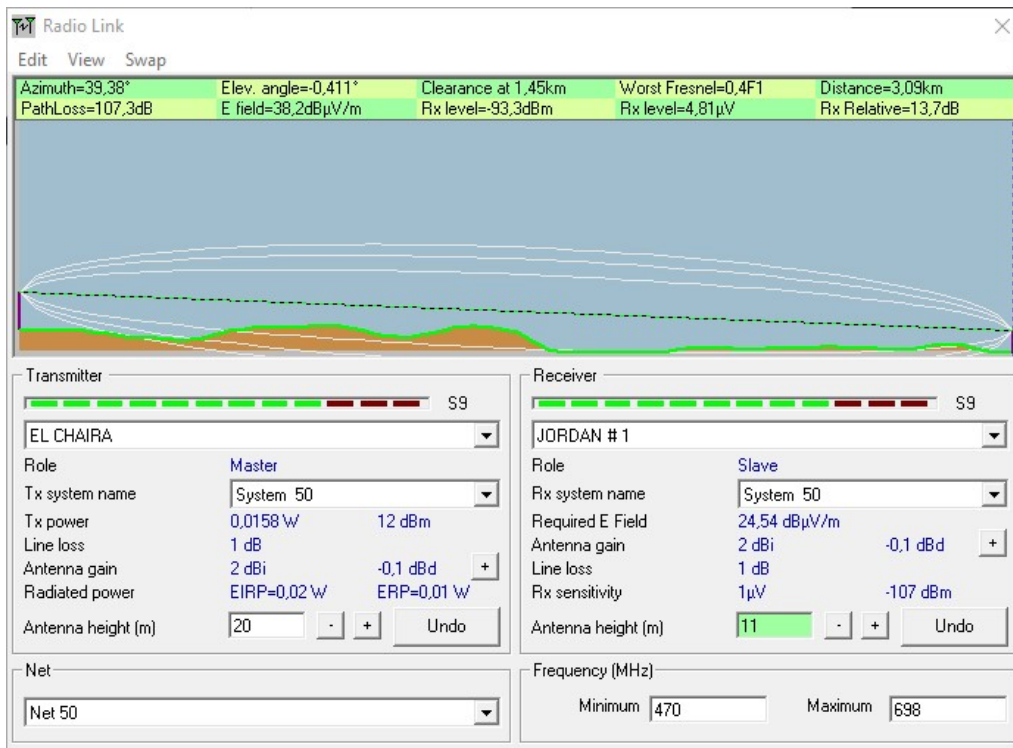


Figura 56. Línea de vista entre la IE El Chaira con Jordan #1

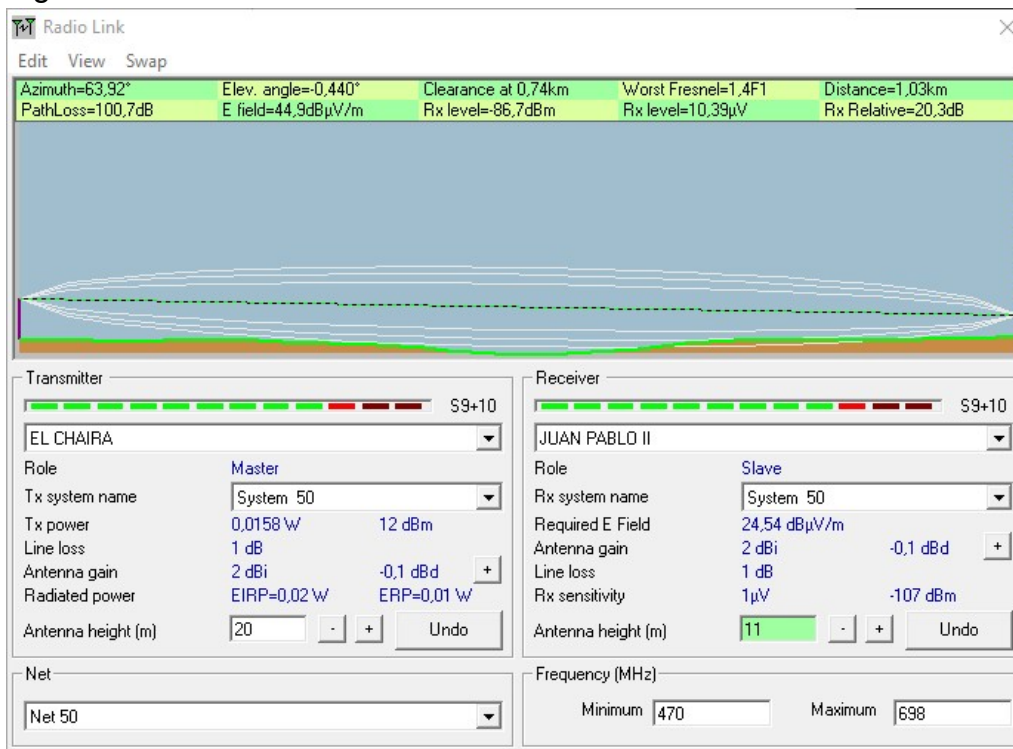


Figura 57. Línea de vista entre la IE El Chaira con Juan Pablo II

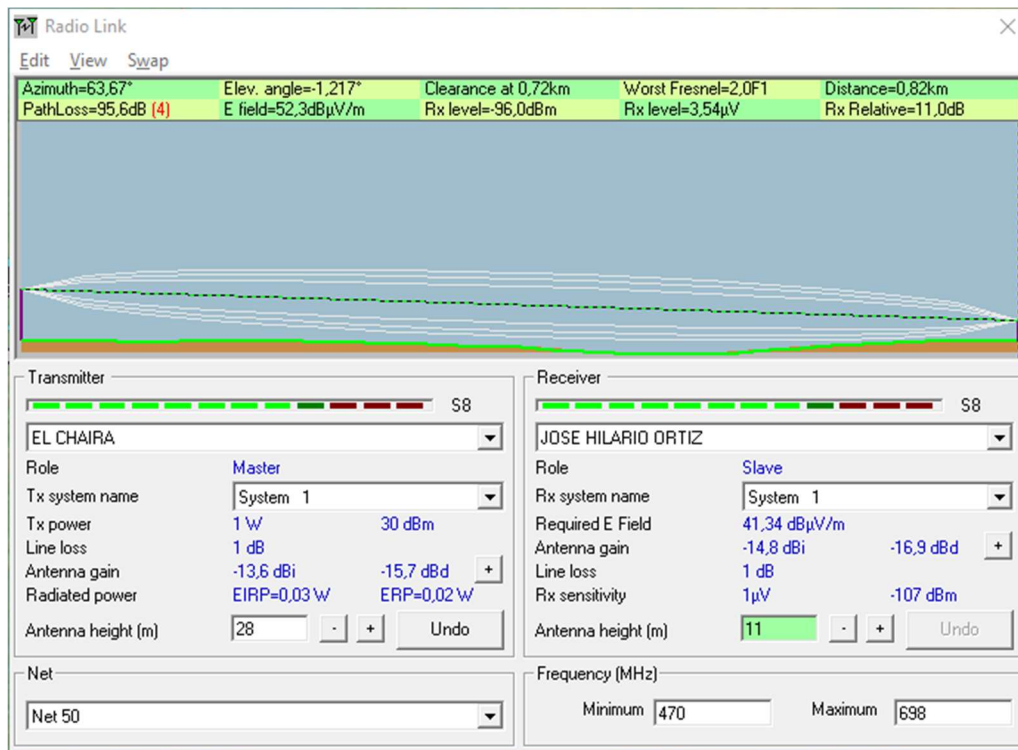


Figura 58. Línea de vista entre la IE El Chaira con Jose Hilario Ortiz

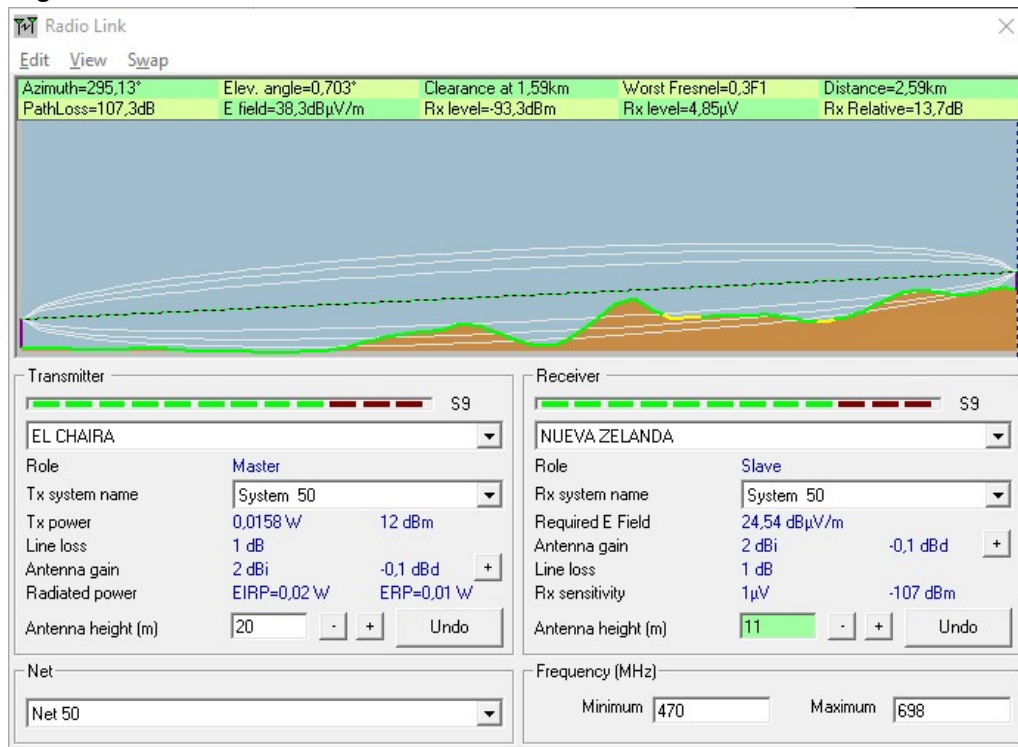


Figura 59. Línea de vista entre la IE El Chaira con Nueva Zelanda

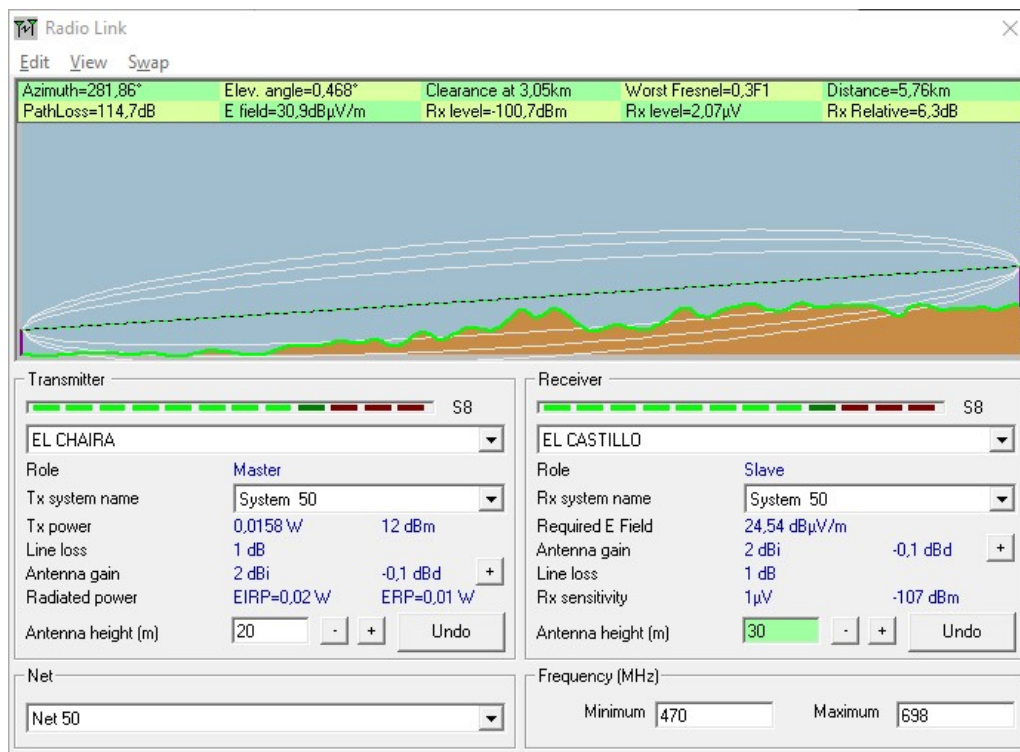


Figura 60. Línea de vista entre la IE El Chaira con El Castillo

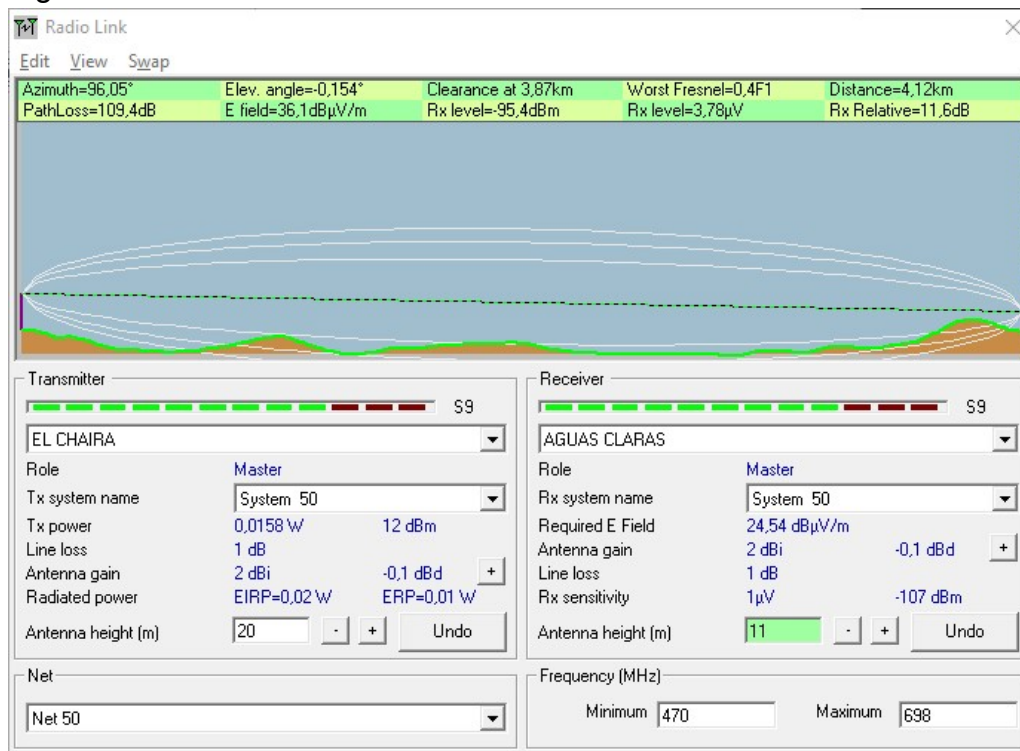


Figura 61. Línea de vista entre la IE El Chaira con Aguas Claras

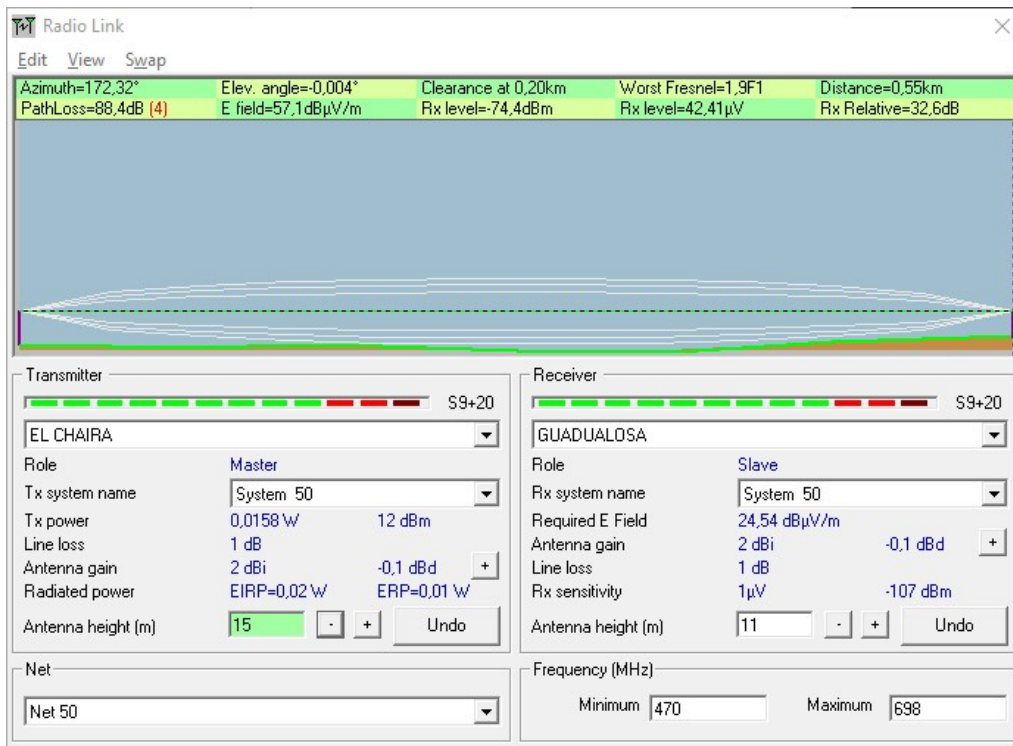


Figura 62. Línea de vista entre la IE El Chaira con Guadualosa

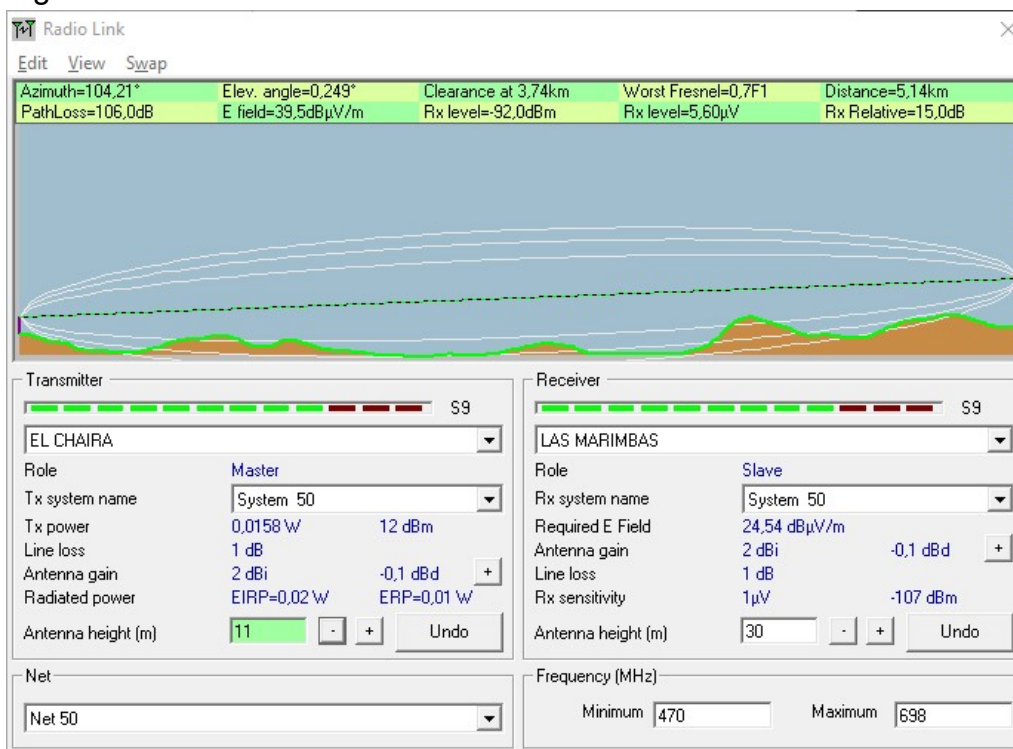


Figura 63. Línea de vista entre la IE El Chaira con Las Marimbas

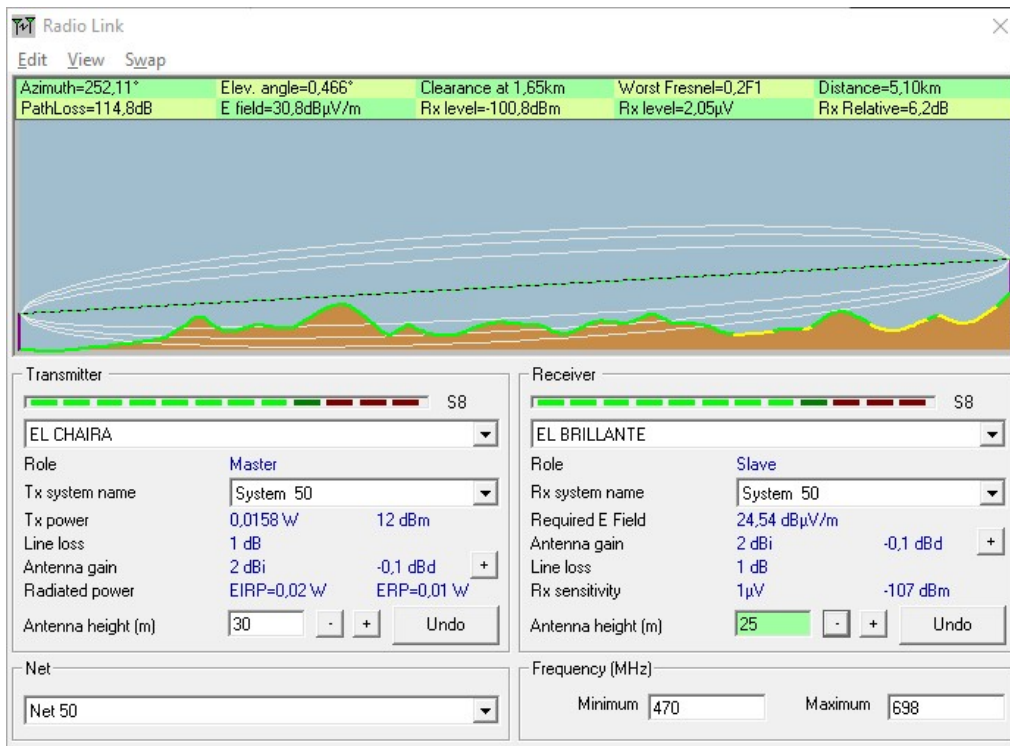


Figura 64. Línea de vista entre la IE El Chaira con El Brillante

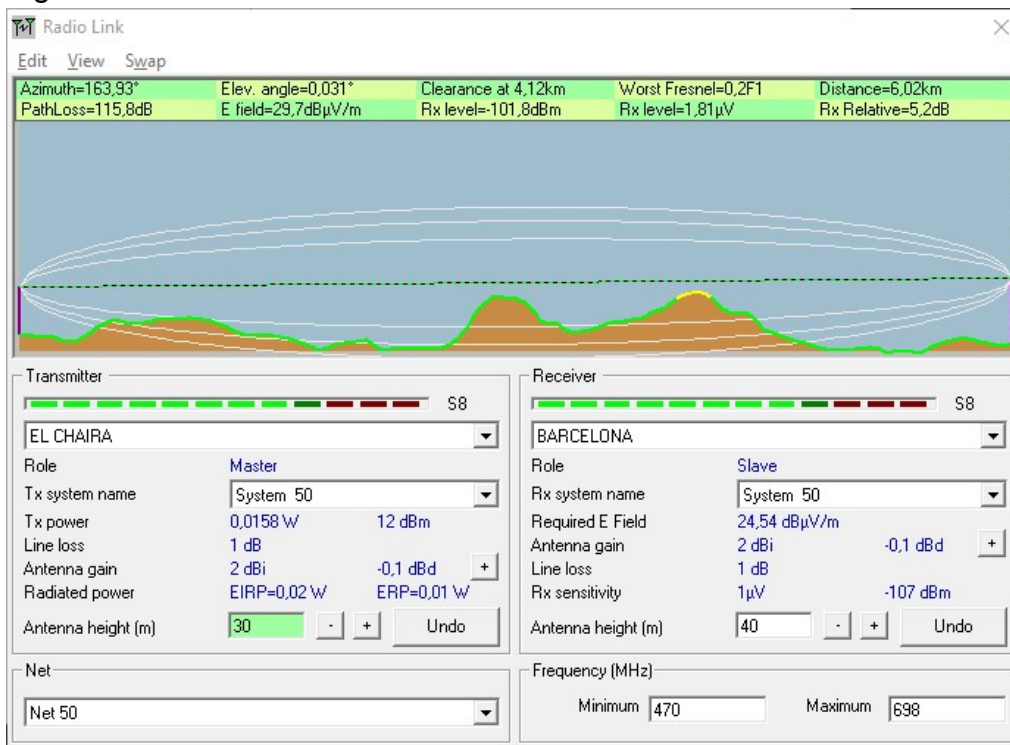


Figura 65. Línea de vista entre la IE El Chaira con Barcelona

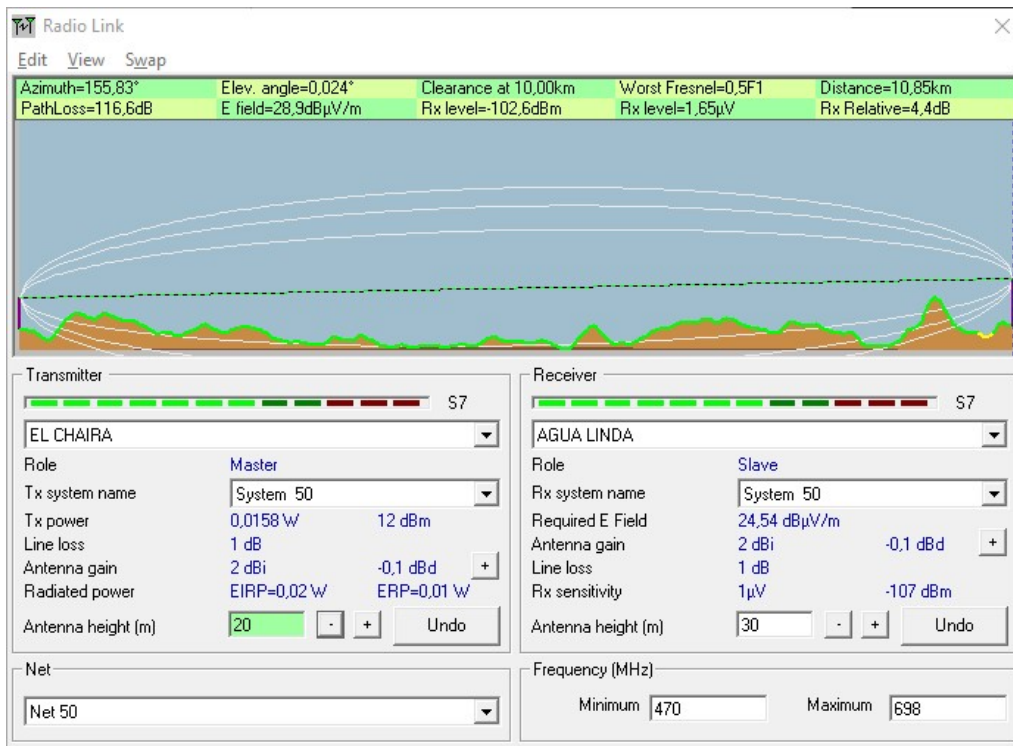


Figura 66. Línea de vista entre la IE El Chaira con Agua Linda

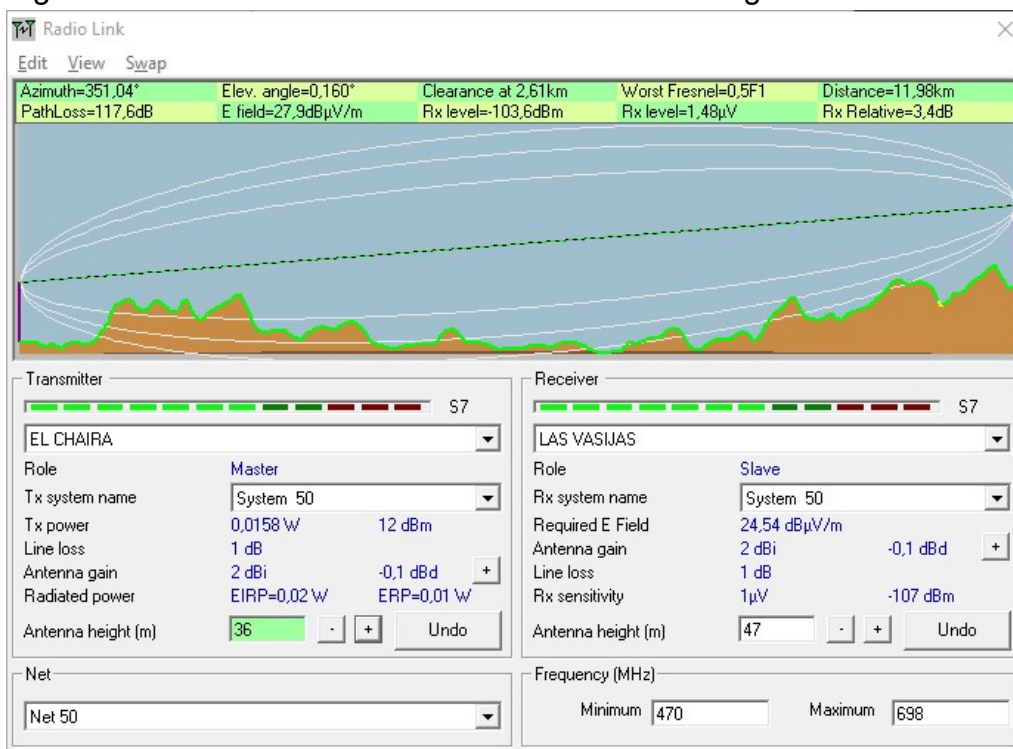


Figura 67. Línea de vista entre la IE El Chaira con Las Vasijas

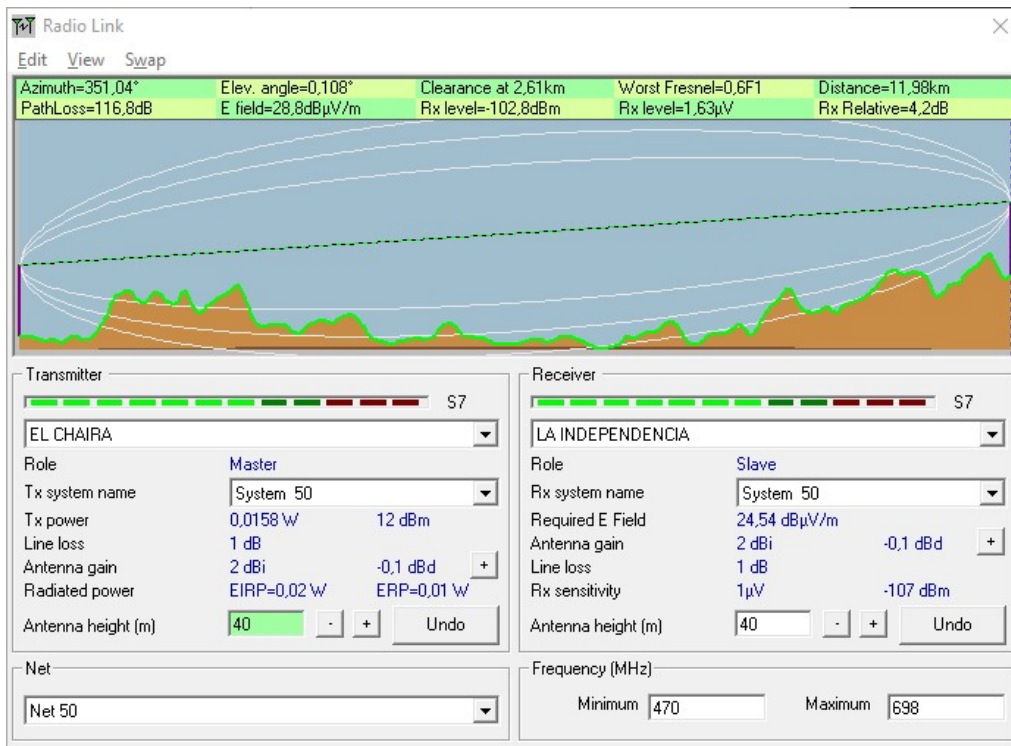


Figura 68. Línea de vista entre la IE El Chaira con La Independencia

8.1.2.5 CAPTUTAS CAQUETA MAPA 4

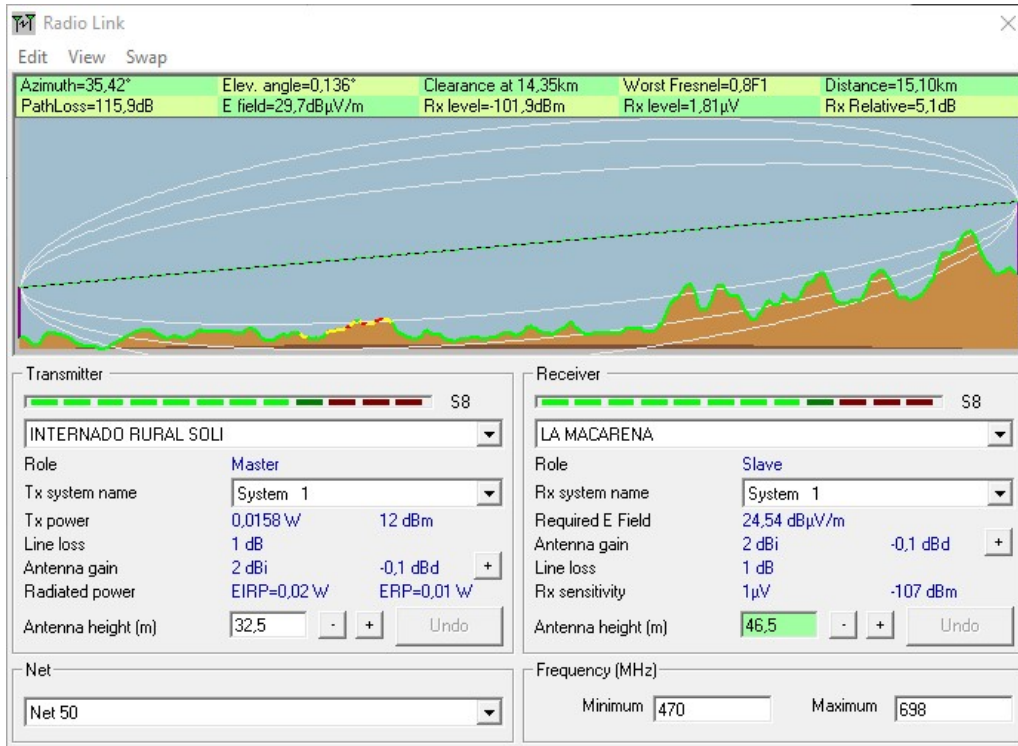


Figura 69. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Macarena

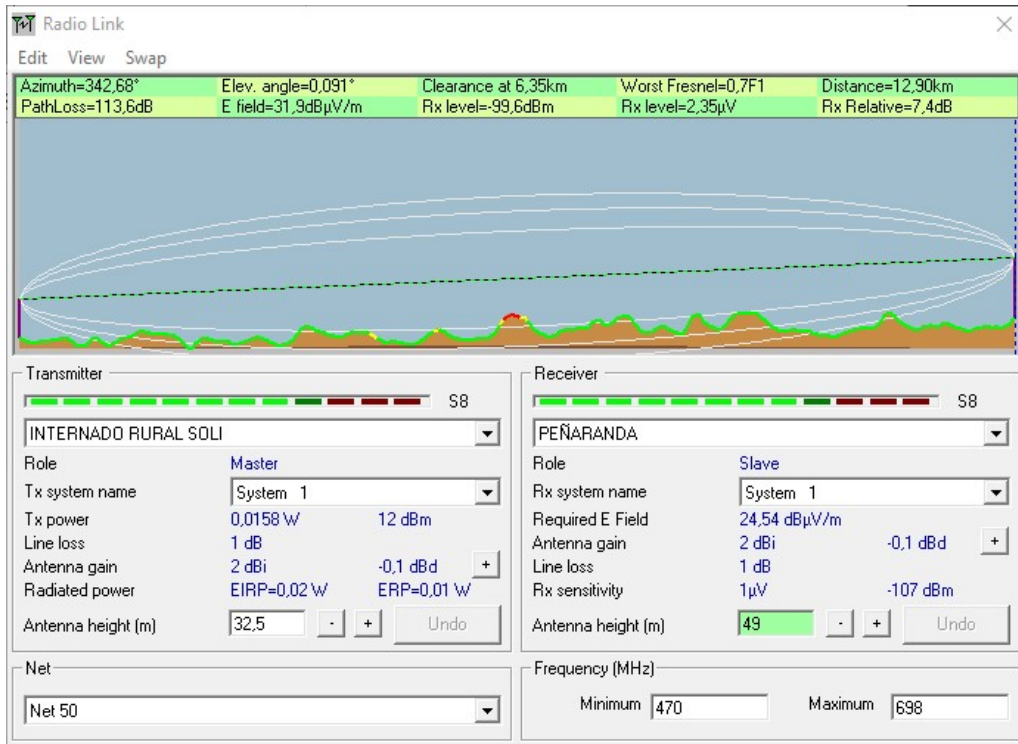


Figura 70. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Peñaranda

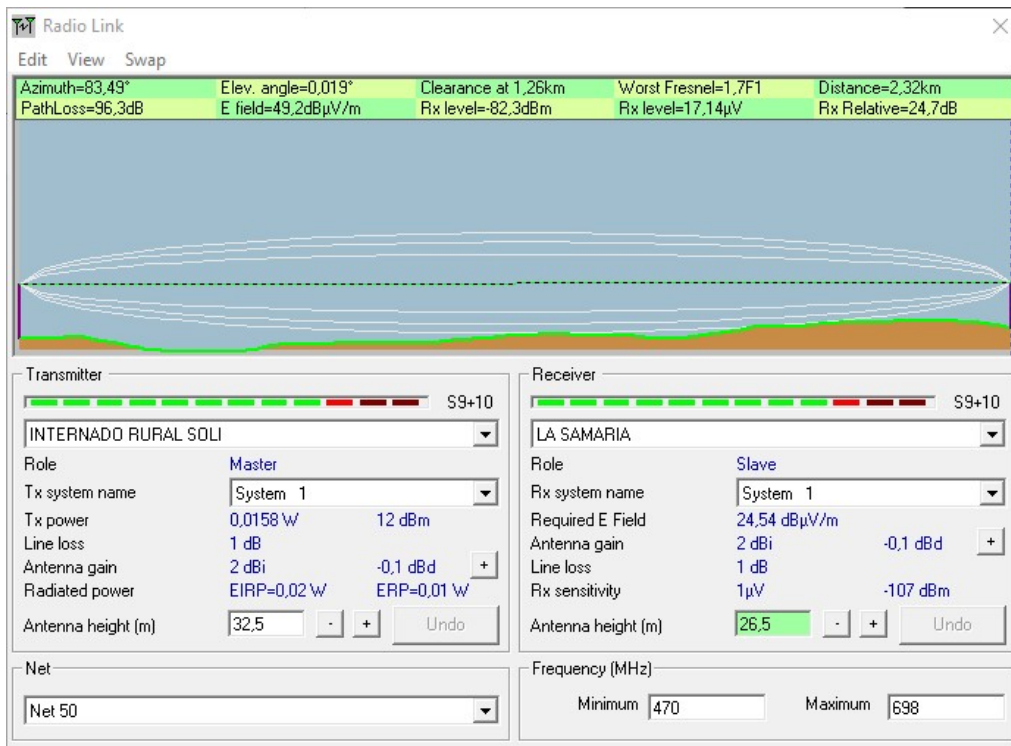


Figura 71. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Samaria

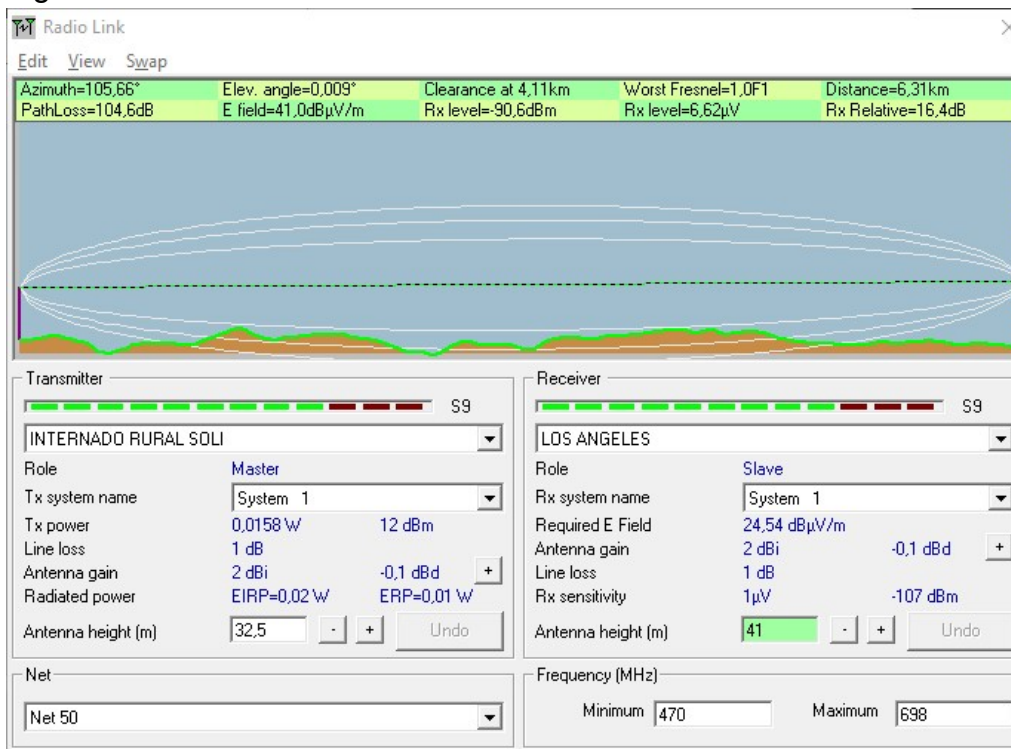


Figura 72. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Los Angeles

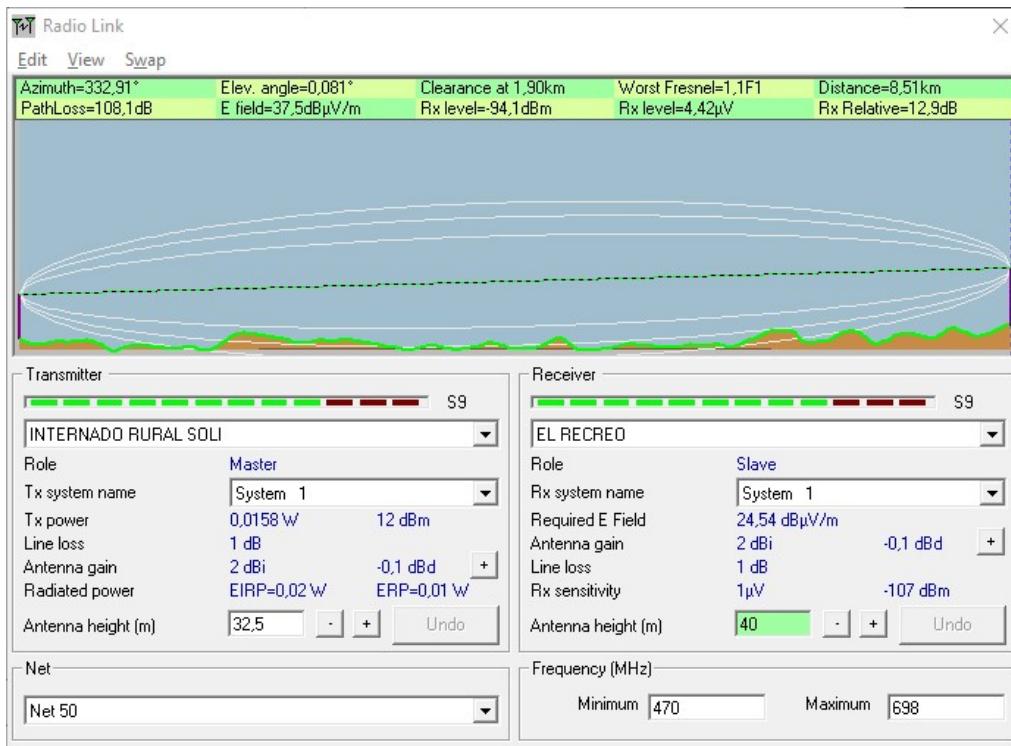


Figura 73. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con El Recreo

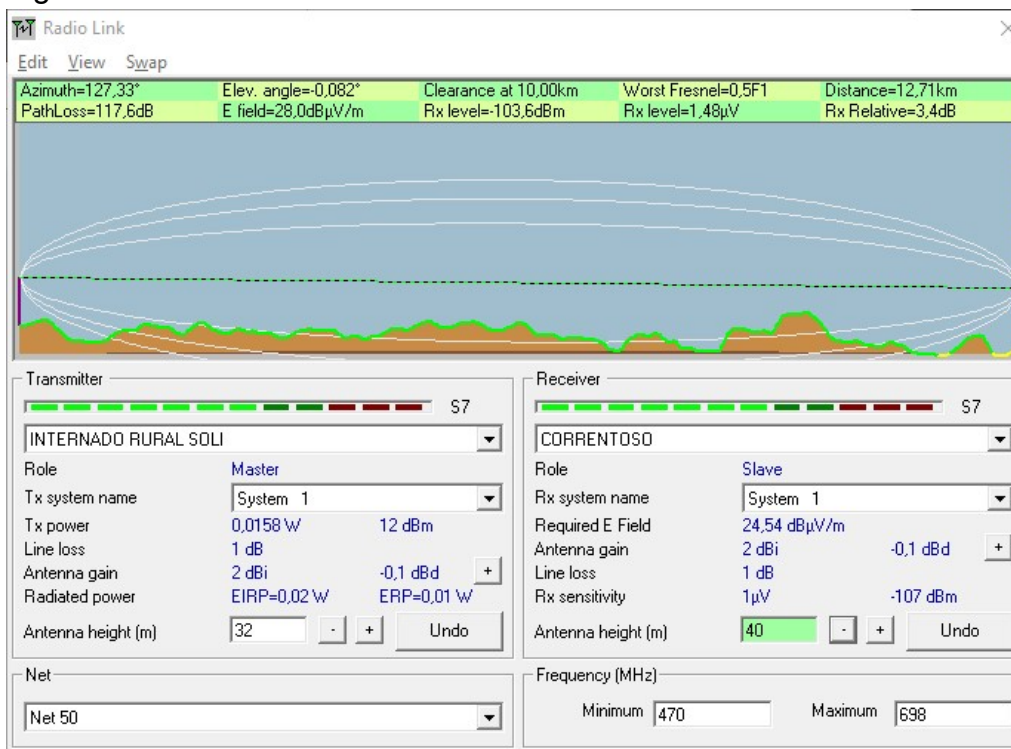


Figura 74. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Correntoso

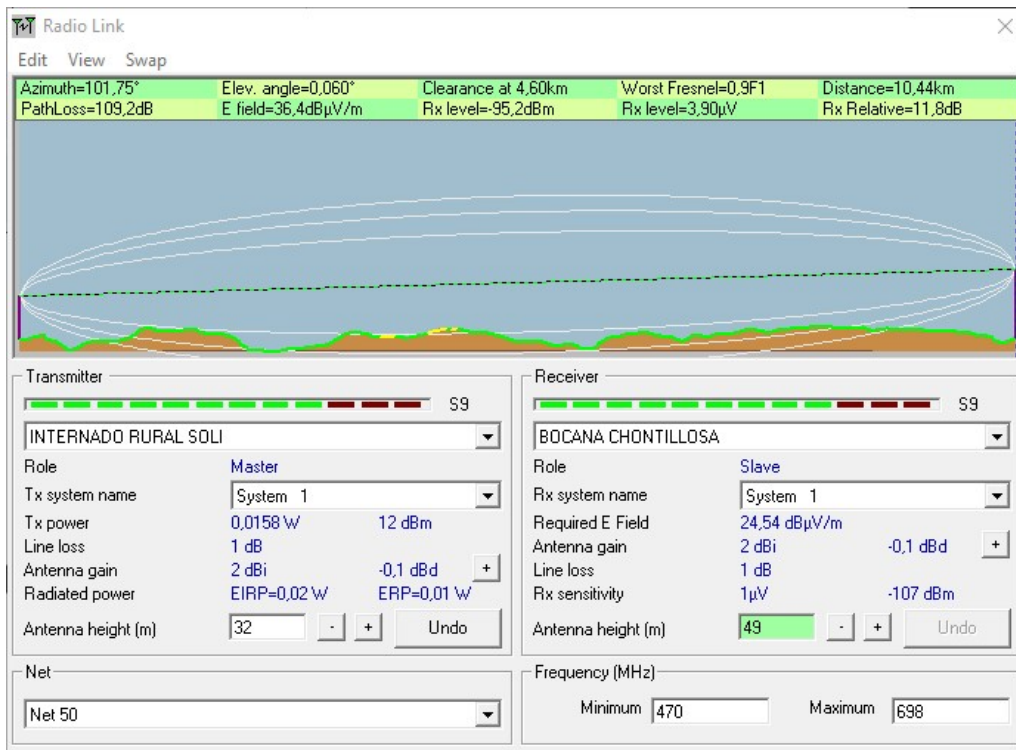


Figura 75. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Bocana Chontillosa

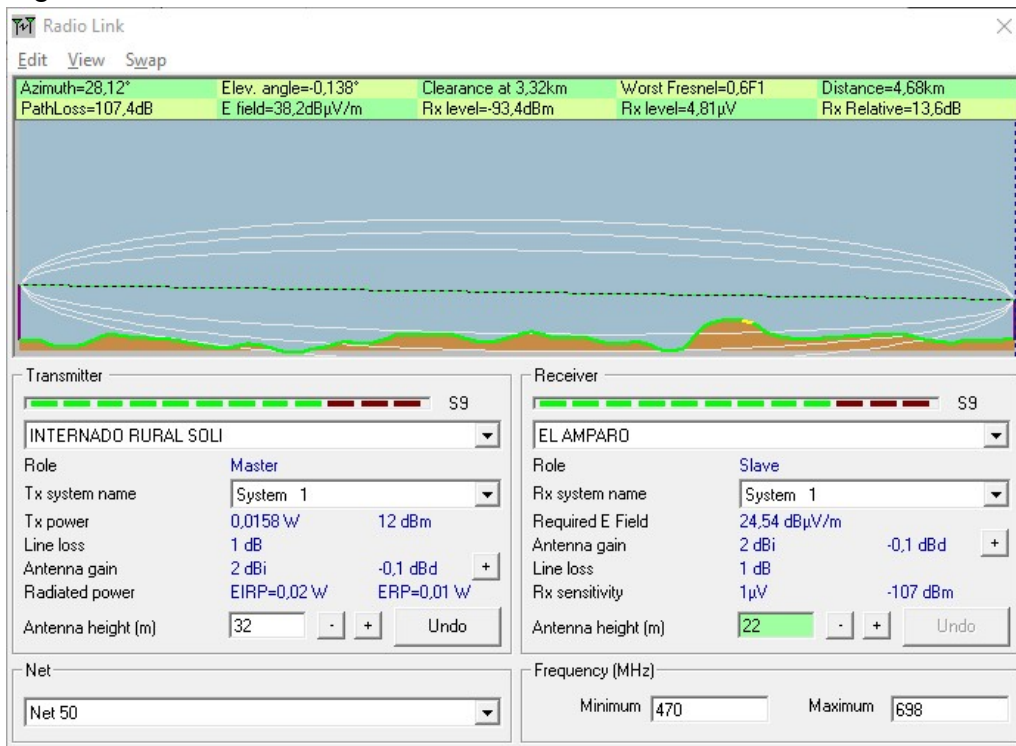


Figura 76. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con El Amparo

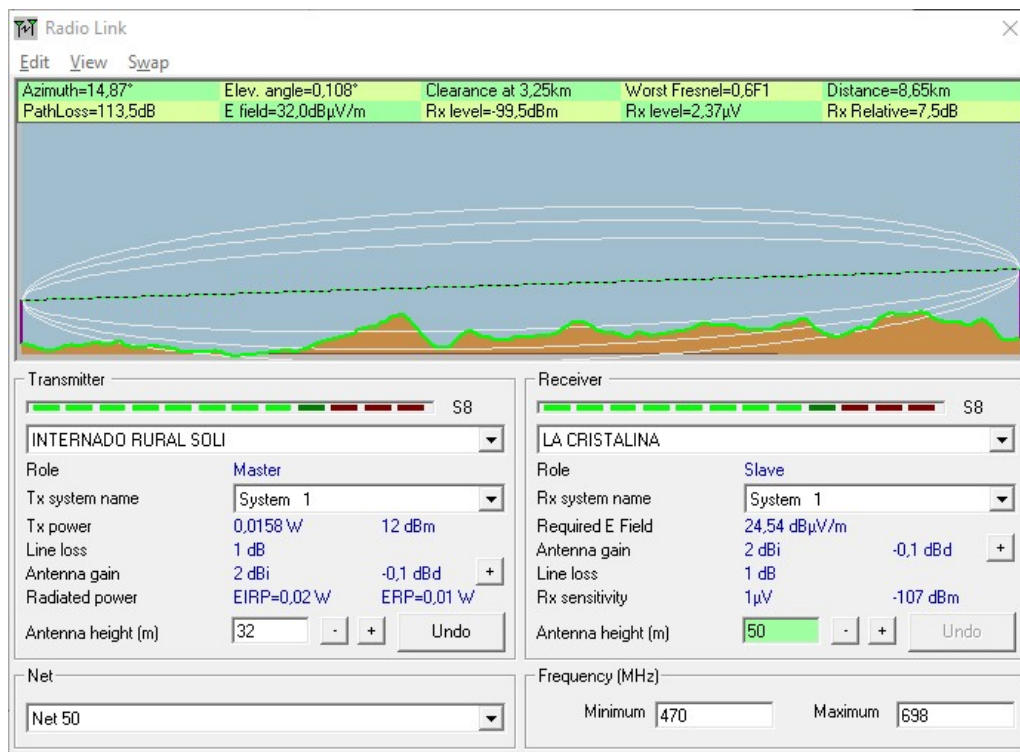


Figura 77. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Cristalina

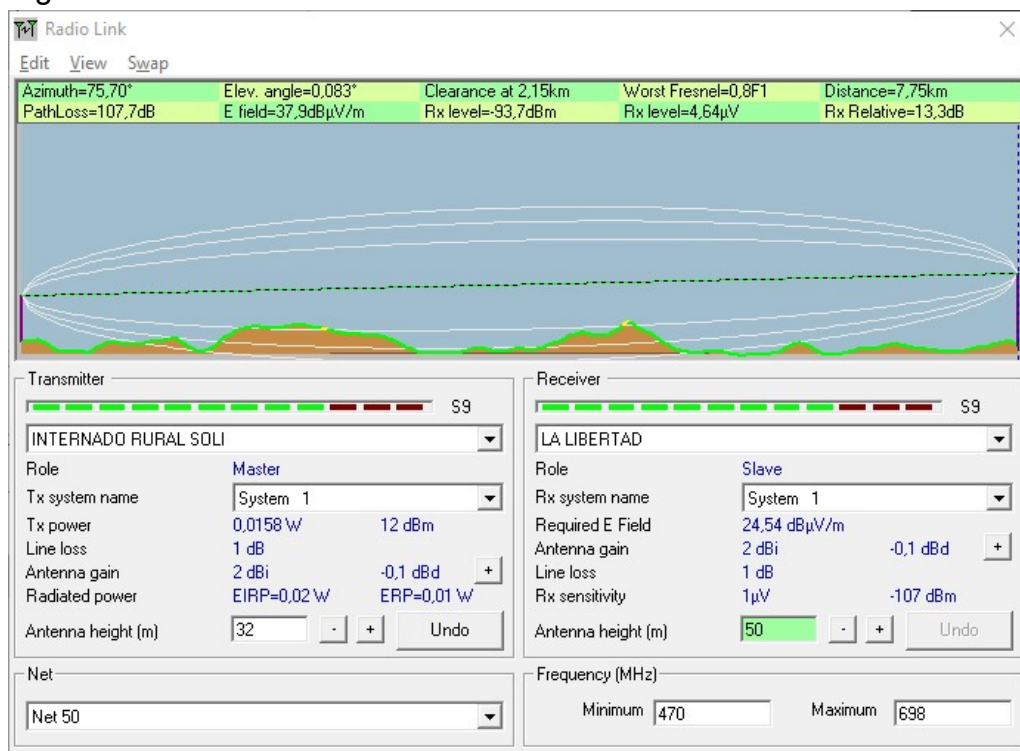


Figura 78. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Libertad

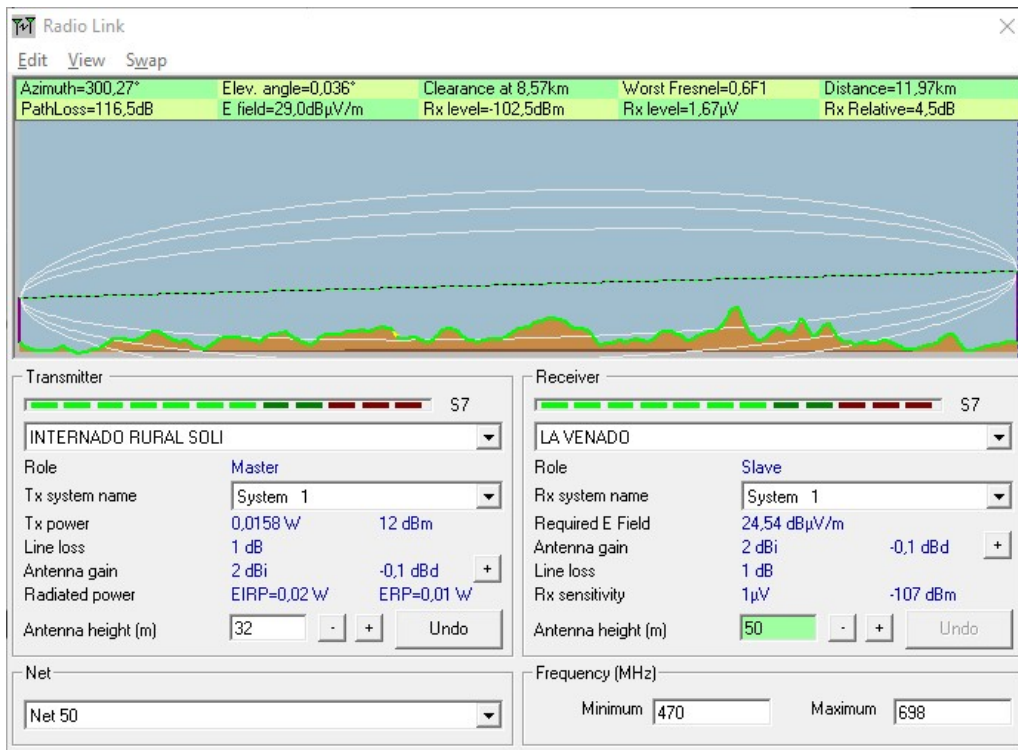


Figura 79. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Venado

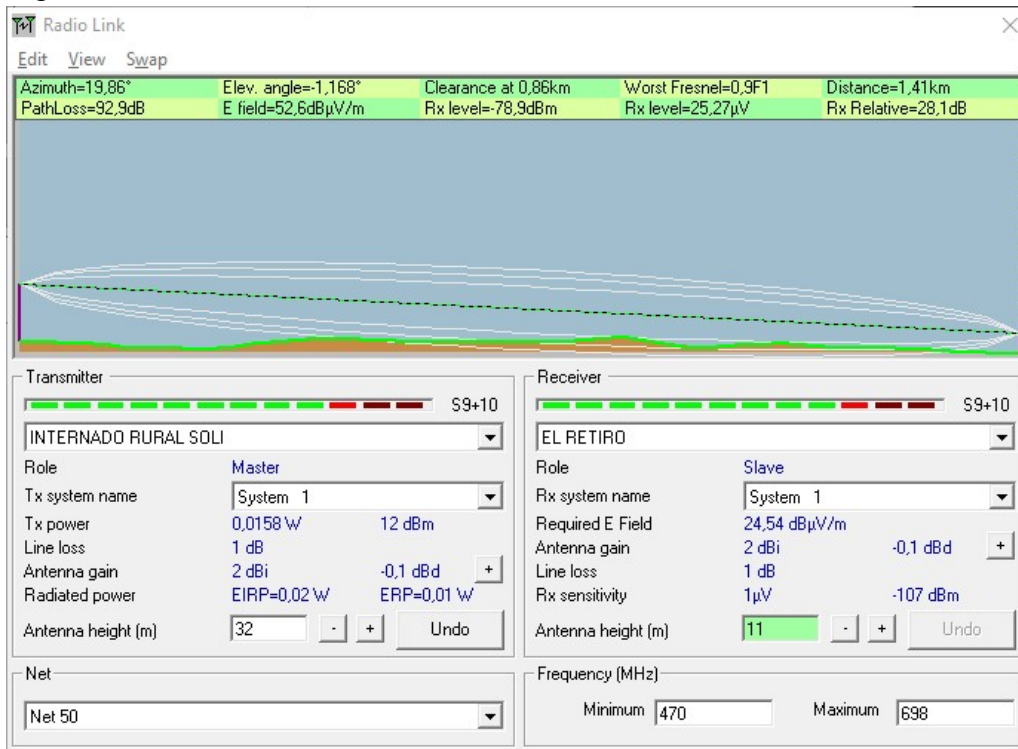


Figura 80. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con El Retiro

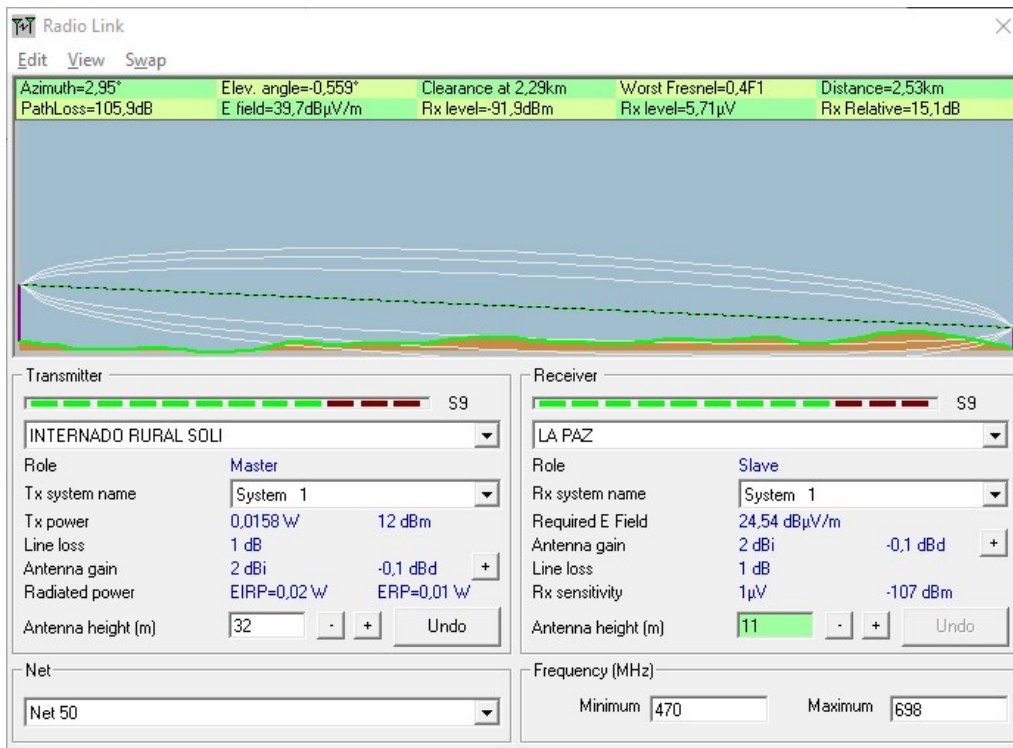


Figura 81. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Paz

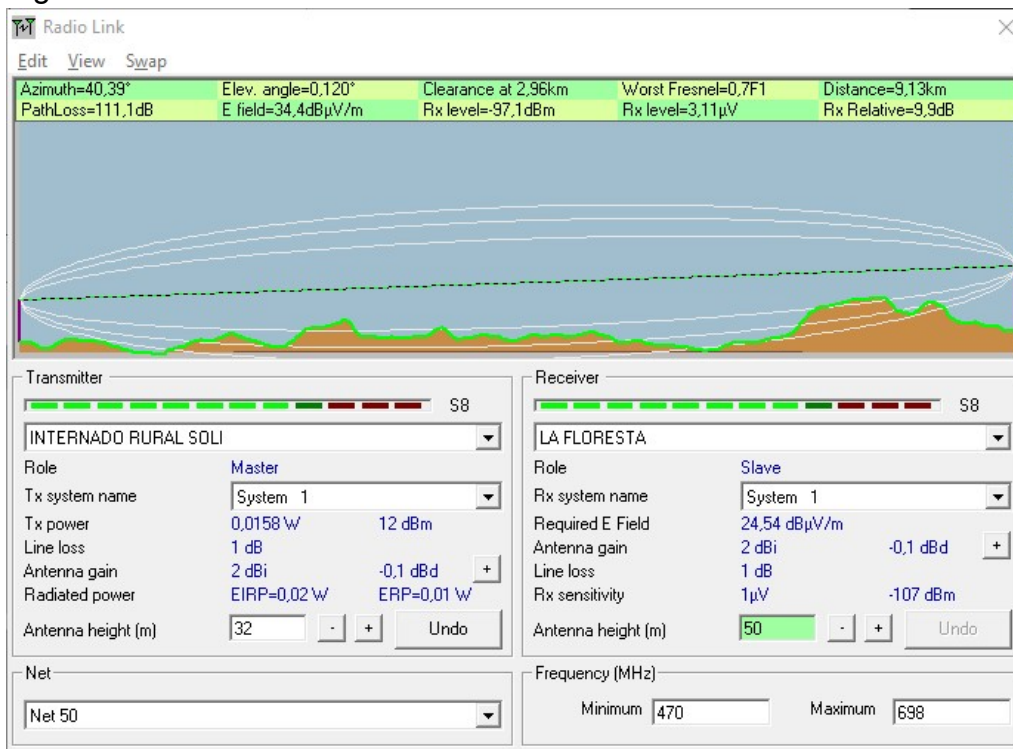


Figura 82. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Floresta

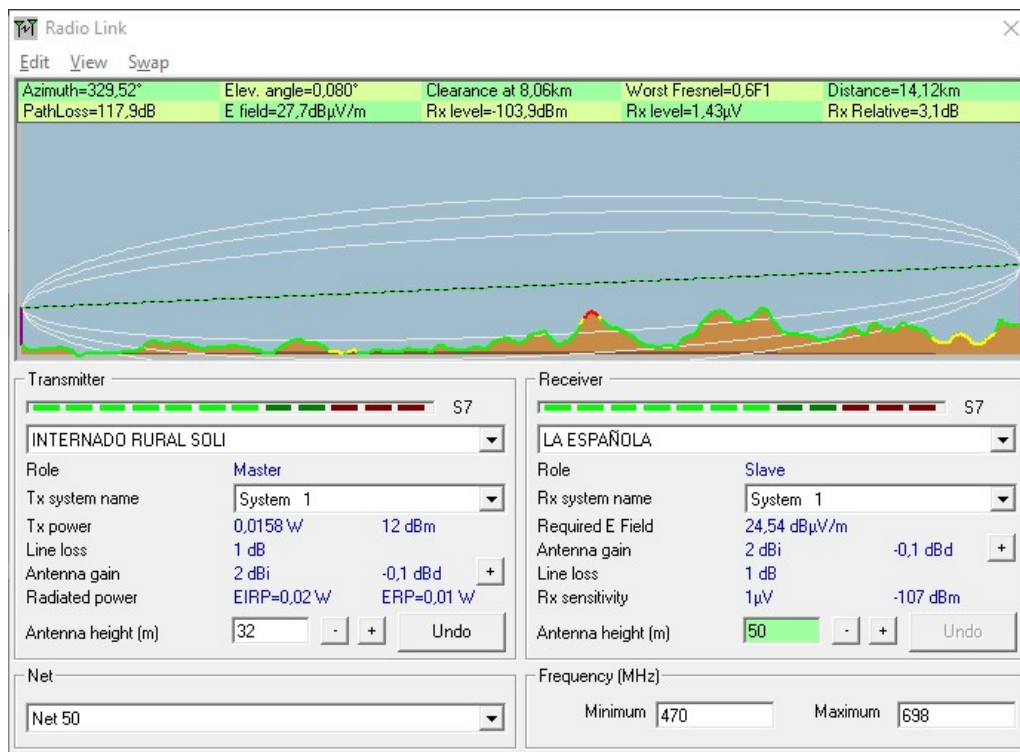


Figura 83. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Española

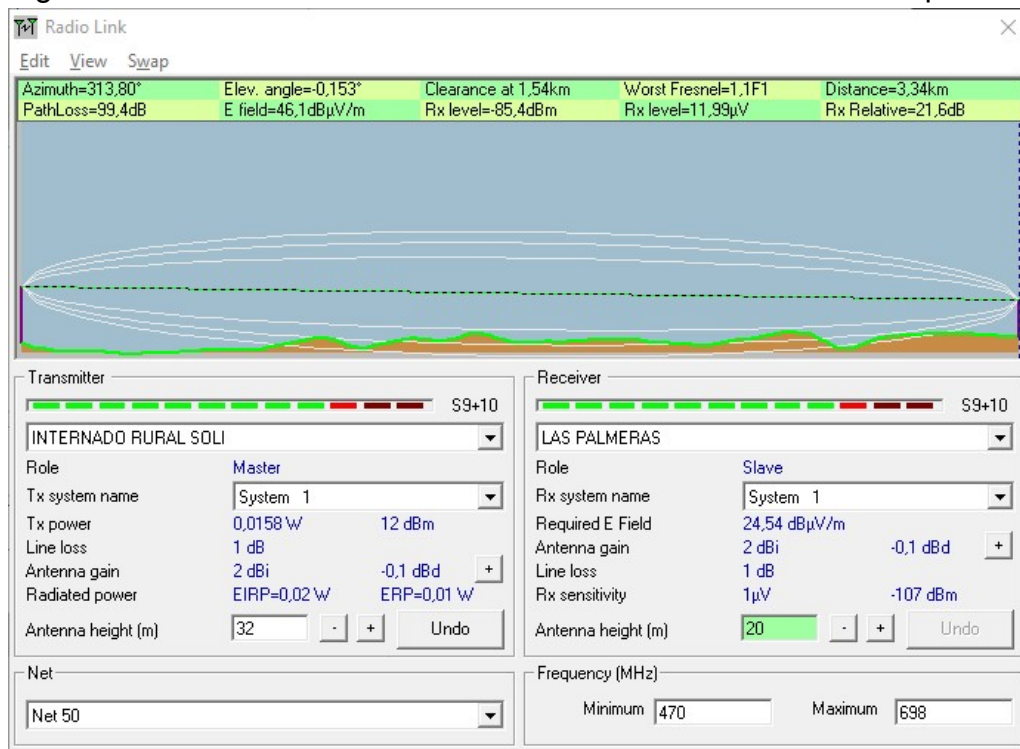


Figura 84. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Las Palmeras

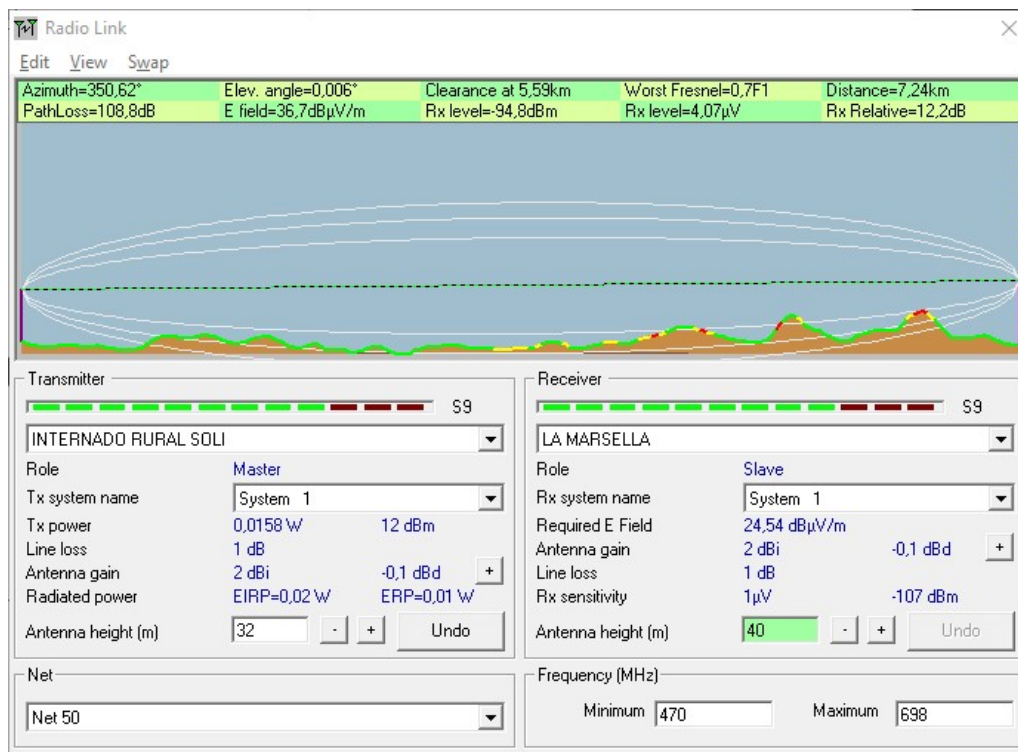


Figura 85. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Marsella

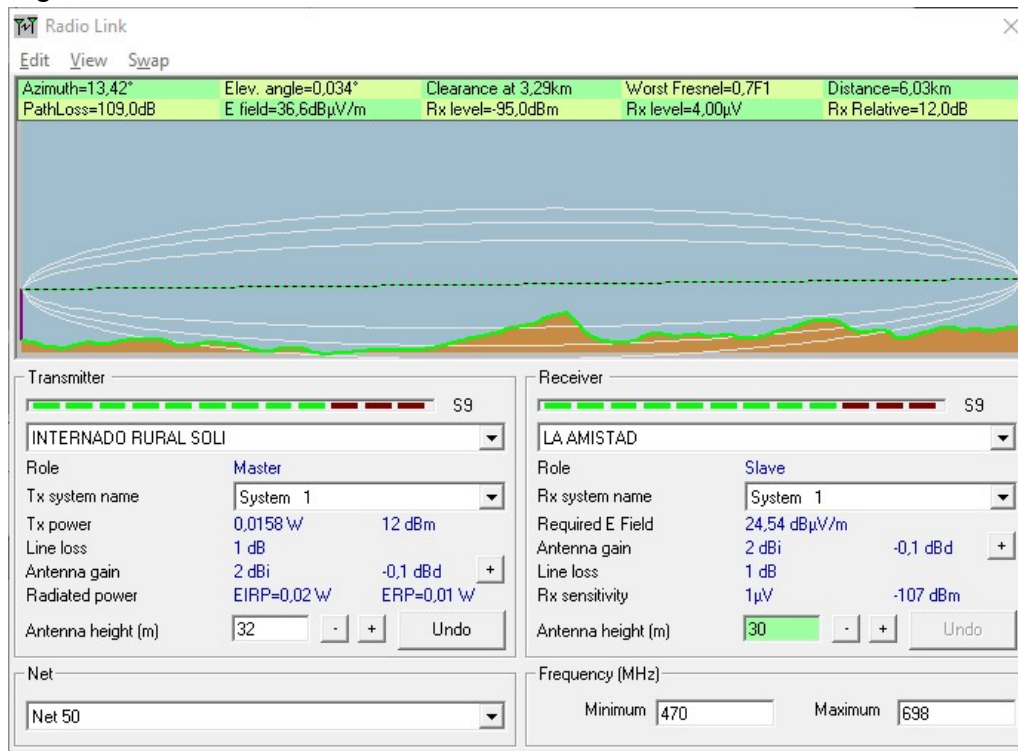


Figura 86. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Amistad

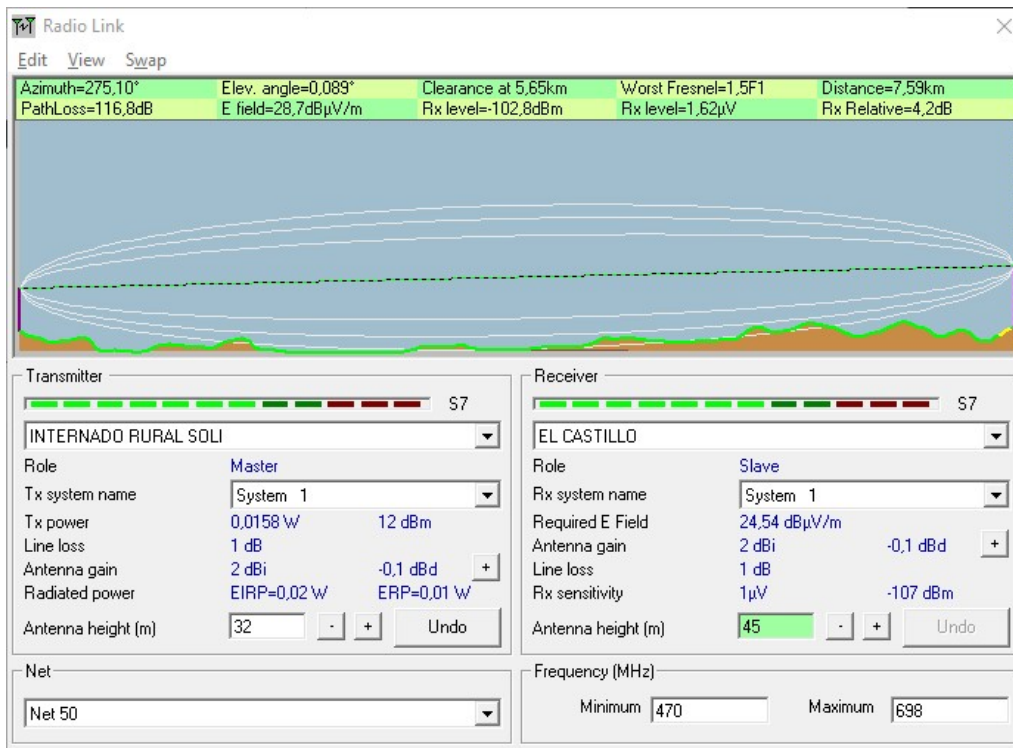


Figura 87. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con El Castillo

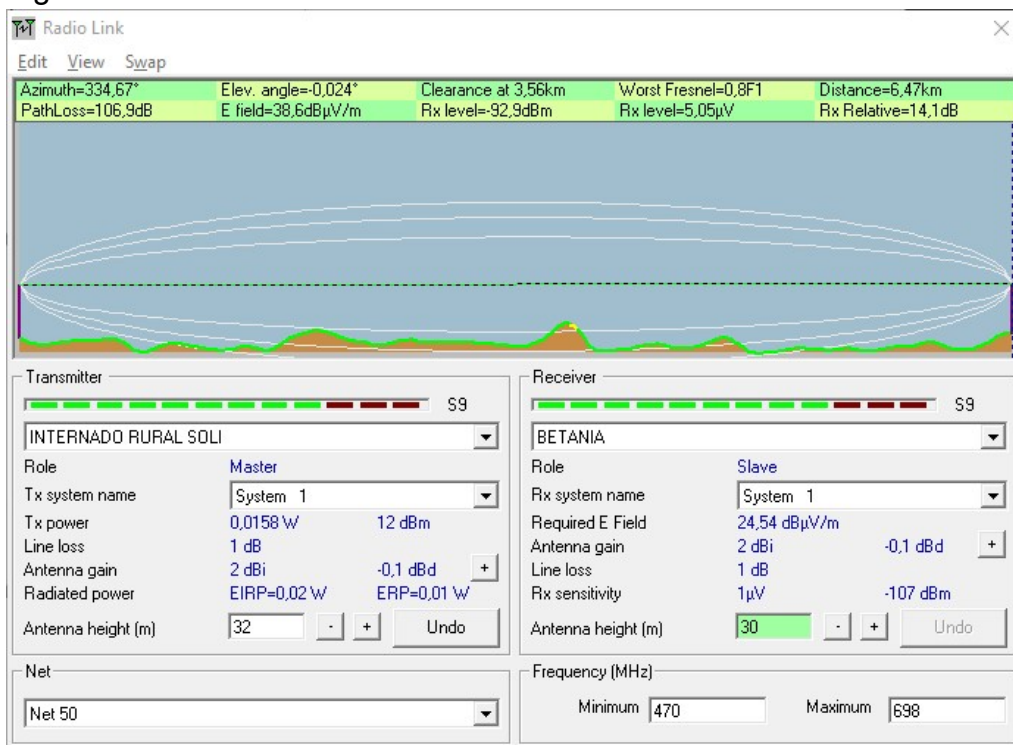


Figura 88. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Betania

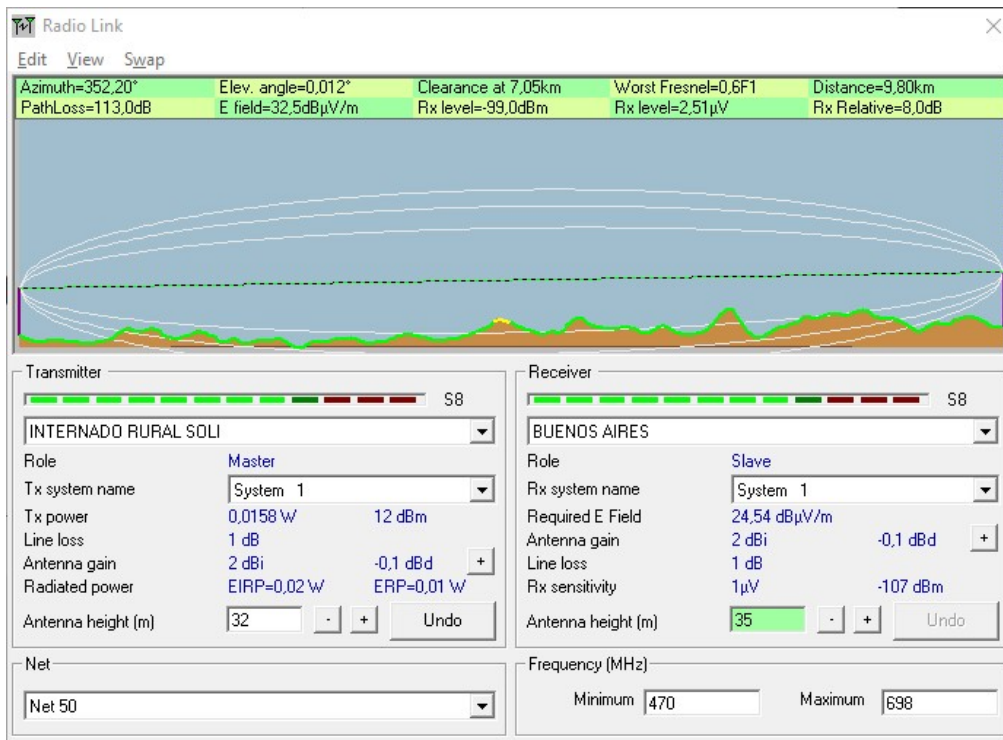


Figura 89. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con Buenos Aires

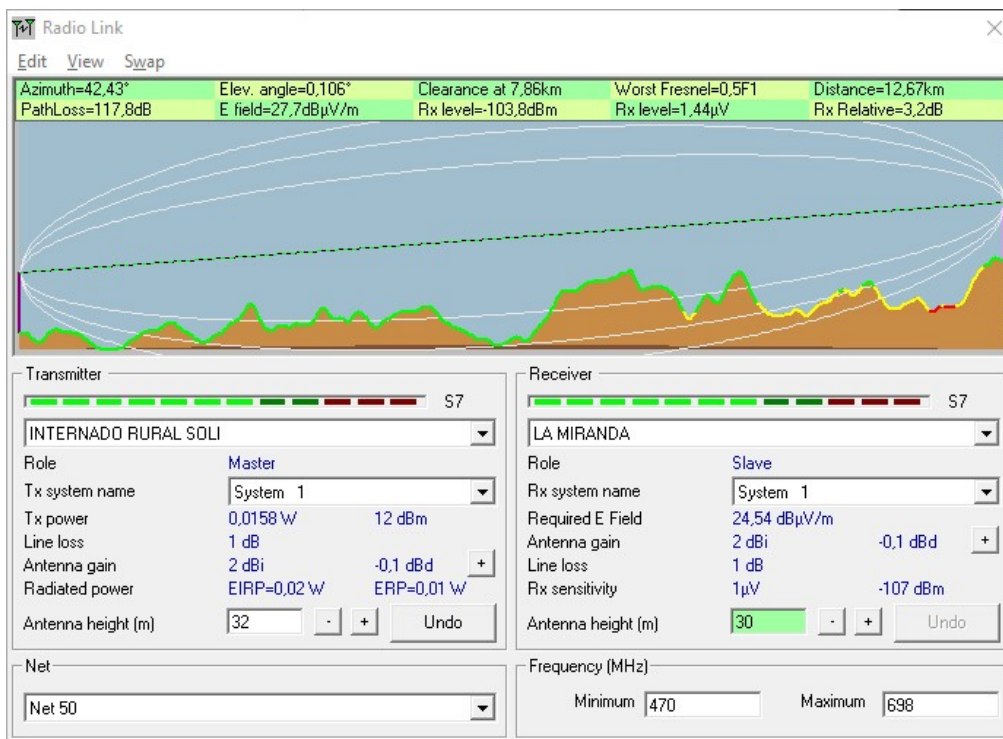


Figura 90. Línea de vista entre la IE Internado Rural S con La Miranda

8.2 ESTUDIO MAPA DE COBERTURA RADIOELÉCTRICA

La cobertura radioeléctrica hace referencia al área geográfica en donde se tiene disponibilidad de un servicio prestado por medio del espectro radioeléctrico. Esta área de cobertura se ve afectada por factores como la frecuencia en la cual está trabajando, el terreno donde se encuentre, el tipo de clima, el tipo de servicio el cual presta.

En este caso en particular usamos la cobertura radioeléctrica para delimitar las escuelas que se encuentren dentro del área de cobertura de las antenas. Esto es sumamente importante ya que puede cumplir con las condiciones técnicas, se tenga línea de vista, pero se puede presentar que las IER no se encuentren dentro del área de cobertura.


Para este estudio se usa la herramienta Radio Mobile, está nos permite al tener las instituciones que funcionan como dispositivo maestro ubicadas, podemos usar la información de las redes, Como lo es: Las frecuencias en las que se va a trabajar, dispositivos esclavos de la red, alturas de las antenas y terreno donde se encuentra.

Ya con la información anterior se saca el mapa de cobertura, ya con esto podemos hacer el segundo análisis donde saldrán las instituciones las cuales cuentan con línea de vista y con cobertura, siendo estas viables para conexión a internet por medio de TVWS. Significando que la tecnología es viable para conectar IER las cuales tengan difícil acceso.
















8.2.1 MAPA DE COBERTURA GUAVIARE

Este es un claro ejemplo del problema cuando los dispositivos esclavos se encuentran fuera de la cobertura del dispositivo maestro. Gracias al terreno tenemos una cobertura amplia, pero igual perdemos la posibilidad de conectar la IER San Francisco I la cual pese a tener varias líneas de vista se encuentra fuera de la cobertura de las antenas o dispositivo maestro.

Esto lo podemos ver en la Figura 82, donde tenemos la cobertura en colores verdes, amarillos y rojos, siendo el área oscura donde no tenemos cobertura.

Mapa	Departamento	MUNICIPIO	Nombre EE	Nombre Sede	LATITUD/LONGITUD	Escuela Rural con Conectividad	Cobertura Radioelétrica
GUAVIARE	GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	I.E. AGUA BONITA - RAFAEL POMBO	BARRANCÓN PALMERAS	2.564722,-72.649444	Conectada	
GUAVIARE	GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	I.E. EL RETIRO	BUENA VISTA II	2.593056,-72.664722	Conectada	
GUAVIARE	GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	INSTITUCIÓN EDUCATIVA EL RESBALÓN	SAN FRANCISCO	2.534444444,-72.49972222	Conectada	
GUAVIARE	GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	INSTITUCIÓN INDIGENA PANURE	EL REFUGIO	2.568611111,-72.59277778	Conectada	
GUAVIARE	GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	I.E. SANTA HELENA	GUANAPALÓ	2.635833,-72.63333	Conectada	
GUAVIARE	GUAVIARE	SAN JOSÉ DEL GUAVIARE	I.E. EL CRISTAL	MANANTIALES	2.565227,-72.663307	Conectada	
Mapa1	CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E. R. BRISAS DEL LOSADA	LOS PICACHOS	2.179944444,-74.73035833	Conectada	
Mapa1	CAQUETÁ	SAN VICENTE DEL CAGUÁN	I.E. R. SAN JUAN DEL LOSADA	LOS ALPES	2.113052,-74.77227	Conectada	
Mapa2	CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E. NIÑA DEL CARMEN	NIÑA ALTA	1.622902,-75.333114	Conectada	
Mapa2	CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E. NIÑA DEL CARMEN	LA ESMERALDA	1.61942918,-75.3491969	Conectada	

Mapa2	CAQUETÁ	MILÁN	C.E. GRANARIO	LAS MALVINAS	1.57325815,- 75.31439529	Conecta da	
Mapa2	CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E.R. SANTA TERESA	SANTA TERESA	1.545436,- 75.240119	Conecta da	
Mapa2	CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	MORABIA	1.551911974,- 75.28971038	Conecta da	
Mapa2	CAQUETÁ	MILÁN	I.E.R.INDIGENA MAMA BWE REOJACHE	INDIGENA SAN FRANCISCO	1.54300482,- 75.33876818	Conecta da	
Mapa2	CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E NIÑA DEL CARMEN	EL VERGEL	1.518302087,- 75.2926847	Conecta da	
Mapa2	CAQUETÁ	EL PAUJIL	I.E.R. SANTA TERESA	PUENTE ALBANIA	1.47948713,- 75.25416718	Conecta da	
Mapa2	CAQUETÁ	LA MONTAÑA ITA	I.E. R. BRISAS DE SAN ISIDRO	LOS ANDES	1.456667,- 75.3425	Conecta da	
Mapa3	CAQUETÁ	PUERTO RICO	I.E. R. EL LOBO	AURORA DEL GUAYAS	1.435,-74.8675	Conecta da	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	LOS PILONES	1.40976488,- 74.81324764	Conecta da	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. EL EDEN	EL TRIUNFO	1.402809348,- 74.80495137	Conecta da	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. SAN PEDRO CLAVER	LOS ROBLES	1.369016667,- 74.81051389	Conecta da	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. MIXTA MARIA LUISA DE MORENO	MONTERREY	1.36686979,- 74.81907593	Conecta da	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. MIXTA MARIA LUISA DE MORENO	JORDAN # 1	1.35,- 74.833056	Conecta da	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. PEÑAS COLORADAS	JUAN PABLO II	1.332591479,- 74.8423484	Conecta da	

Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. PEÑAS COLORADAS	JOSE HILARIO ORTIZ	1.331765391,-74.84410833	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	NUEVA ZELANDA	1.33838105,-74.87178238	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	EL CASTILLO	1.33915,-74.901434	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. SANTA CRUZ DEL AGUILA	AGUAS CLARAS	1.324594593,-74.81384797	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. LA ESMERALDA	GUADUALOSA	1.323632783,-74.85005405	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. MIXTA MARIA LUISA DE MORENO	LAS MARIMBAS	1.317148752,-74.80585556	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I. E. R. LA ESMERALDA	EL BRILLANTE	1.314412372,-74.89437151	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. LA SARDINATA	BARCELONA	1.276408333,-74.83570278	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	AGUA LINDA	1.239426633,-74.81071859	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	CARTAGENA DEL CHAIRÁ	I.E. R. TEUSAQUILLO	EL VERGEL	1.223365271,-74.93599721	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	PUERTO RICO	I.E. R. EL LOBO	LAS VASIJAS	1.435,-74.8675	Conectada	
Mapa3	CAQUETÁ	PUERTO RICO	I.E. R. EL LOBO	LA INDEPENDENCIA	1.435,-74.8675	Conectada	
Mapa4	CAQUETÁ	VALPARAÍSO	I.E.R. PLAYA RICA	LA MACARENA	0.987332017,-75.54262331	Conectada	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLANO	I.E.R. PUERTO TEJADA	PEÑARANDA	0.9873808621,-75.6559354	Conectada	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA	LA SAMARIA	0.878954107,-75.60065306	Conectada	

			MEDIO				
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILL OSA MEDIO	LOS ANGELES	0.861250917,- 75.56667435	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJ ANO	EL RECREO	0.944775138,- 75.65627001	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILL OSA MEDIO	CORRENTO SO	0.807252622,- 75.53046541	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILL OSA MEDIO	BOCANA CHONTILLO SA	0.8574568216, -75.5293954	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILL OSA MEDIO	EL AMPARO	0.913718033,- 75.60154317	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJ ANO	LA CRISTALINA	0.951860983,- 75.6013924	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILL OSA MEDIO	LA LIBERTAD	0.893801944,- 75.55382526	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	INSTITUCI ON EDUCATIV A RURAL JOSE CELESTIN O MUTIS	LA VENADO	0.930904975,- 75.71446439	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILL OSA MEDIO	EL RETIRO	0.888519541,- 75.61707134	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJ ANO	LA PAZ	0.899369883,- 75.62021223	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILL OSA MEDIO	LA FLORESTA	0.93915,- 75.56815556	Conecta da	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJ ANO	LA ESPAÑOLA	0.9860627018, -75.68582749	Conecta da	

Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	INSTITUCION EDUCATIVA RURAL JOSE CELESTINO MUTIS	LAS PALMERAS	0.897371135,- 75.64305505	Conectada	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA MARSELLA	0.940855309,- 75.63199722	Conectada	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CHONTILLOSA MEDIO	LA AMISTAD	0.929397348,- 75.60877977	Conectada	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	INSTITUCION EDUCATIVA RURAL JOSE CELESTINO MUTIS	EL CASTILLO	0.882666066,- 75.68945454	Conectada	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	BETANIA	0.929246585,- 75.64631967	Conectada	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	BUENOS AIRES	0.963921995,- 75.63335408	Conectada	
Mapa4	CAQUETÁ	SOLITA	I.E.R. CAMPOLEJANO	LA MIRANDA	0.960759406,- 75.54443344	Conectada	

Tabla 20. Validación de cobertura a las IER con línea de vista

CONCLUSIONES

Después de hacer el estudio regulatorio acorde a TVWS se encontró que Colombia presenta regulación existente para poder llevar a cabo proyectos con esta tecnología, siendo capaces de cerrar la brecha digital en todo el territorio nacional. Siendo una oportunidad única para brindar servicio de conexión a internet a las IER las cuales son de difícil acceso.

Gracias al modelo de cálculo elaborado por la Universidad Santo Tomás por medio del semillero INVTEL se pudo llevar a cabo la creación de la base de datos usada para los estudios previamente expuestos. Dentro de la información de vital importancia fue el número de canales disponibles en cada una de las instituciones oficiales, facilitando el proceso de filtrado, análisis previo al estudio para definir la muestra de estudio. Eliminando a las escuelas las cuales no contaban con canales disponibles para la conexión.

Con la base de datos suministrada por INVTEL y el uso de las herramientas mostradas anteriormente fue posible realizar el estudio completo para llevar a término el estudio de conectividad. Pese a todos los problemas que se tienen al trabajar en un territorio como lo es el territorio colombiano se pudo demostrar que es posible tener conectividad, cumpliendo con requisitos técnicos establecidos en la regulación colombiano y cumpliendo con la existencia de línea de vista trabajando con frecuencias tan pequeñas como lo son las Frecuencias de 470 MHz y 698 MHz, Así mismo teniendo a todos los dispositivos dentro de la cobertura de los mismos.

Teniendo en cuenta todo el proceso que se llevó a cabo para el estudio de cobertura podemos demostrar que el área de cobertura óptima oscila entre los 12 Km y 15 Km de radio alrededor de la antena. De esta forma validando que los parámetros que se tomaron al momento de sacar las tablas correspondientes a cada uno de los mapas son correctos.

Como se dijo anteriormente sin la cobertura radioeléctrica sería imposible tener la oportunidad de conectar las IER. Gracias a la existencia de esta y de las líneas de vista podemos asegurar por lo menos en la simulación la posibilidad de brindar conexión. Dicho proceso se ve afectado por el tipo de terreno que tengamos, entré más montañoso sea mucho más complicado será cubrir un área, al igual toca tener presentes las frecuencias de trabajo, ya que estas pueden limitar bastante las coberturas de las antenas, sin olvidar las antenas que se deseen usar.

RECOMENDACIONES

Como se explicó durante el último capítulo de desarrollo hay que hacer estudios extra para asegurar algunos puntos de conexión, dado que todos los datos fueron dados por simulaciones no es 100% confiable la conexión en todos los puntos disponibles.

También en caso que se desarrolle un nuevo estudio para la conexión a IER hay que tener presente los nuevos planes de conectividad que se están dando gracias a la inversión en conjunto entre el gobierno y los prestadores de servicio. Sin dejar los cambios o agregaciones a la normativa vigente. Esta está a disponibilidad de cambio gracias a la creación de nuevas leyes y la creciente necesidad de generar mayor número de conexiones en zonas rurales alrededor del país.

Como último en el caso de querer replicar el estudio se recomienda hacer uso de las mismas versiones de las herramientas, al igual que tener en cuenta las consideraciones técnicas expuestas en el capítulo de Regulación Colombiana para TVWS.

BIBLIOGRAFÍA

[1]"Ley 1341 de 2009: Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC–, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones", República de Colombia, 2009.

[2]ministra TIC, Karen Abudinen - "Doscientas cincuenta zonas rurales alejadas contarán con internet y harán parte de la red única llamada Colombia": ministra TIC, Karen Abudinen", MinTIC Colombia, 2020. [Online]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/145989:Doscientas-cincuenta-zonas-rurales-alejadas-contaran-con-internet-y-haran-parte-de-la-red-unica-llamada-Colombia-ministra-TIC-Karen-Abudinen>. [Accessed: 20- Jul- 2020].

[3]Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, "Plan TIC 2018 – 2022", Colombia.

[4]Carolina Daza Tache, "Espacios en Blanco en Colombia", Agencia nacional del espectro.

[5]ITU. Directrices de política y aspectos económicos de asignación y uso del espectro radioeléctrico. Estados Unidos, 2016.

[6]https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-EF.RAD_SPEC_GUIDE-2016-PDF-S.pdf

[7] "Resolución 711 de 2017: Por la cual se establecen las bandas de frecuencia de libre utilización dentro del territorio nacional y se derogan algunas disposiciones. ", República de Colombia, 2017.

[8] "Resolución 181 de 2019: Por medio de la cual se simplifica el marco normativo relacionado con la planeación y atribución del espectro radioeléctrico", República de Colombia, 2019.

[9] "Resolución ANE 461 de 2017: Por la cual se establecen las bandas de frecuencia de libre utilización dentro del territorio nacional y se derogan algunas disposiciones", estableciendo las condiciones de uso de los espacios en blanco en la banda de 470 MHz a 698 MHz bajo el marco de espectro de libre utilización."

[10]José Luis Cuevas-Riz," Espacios blancos de la TV para zonas rurales", Researchgate. May 2017.

[11]JANE,” ACERCA DE ESPACIOS EN BLANCO EN TELEVISIÓN (TV WHITE SPACES TVWS) EN

COLOMBIA”, Colombia, 2020.

[12]MinTIC en los Medios, (2017, May, 10) [Online]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/51571:Colombia-recibe-premio-por-innovacion-en-uso-del-Espectro>

[13]Dynamic Spectrum Alliance, “Innovative-Use-Cases-for-Dynamic-Spectrum-Access-Technologies”, Jim-Carlson”, Global Summit Bogota, 2016.

[14]Palka, Piotr, “TV white space utility in urban and rural environments”, IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, BMSB, agosto, 2015.

[15]Martinez Alonso, Rodney Plets, David Deruyck, Margot Martens, Luc Guillen Nieto, Glauco Joseph, Wout, “TV White Space and LTE Network Optimization Toward Energy Efficiency in Suburban and Rural Scenarios”, IEEE Transactions on Broadcasting, 2018.

[16]Dhope, Tanuja Satish Simunic, Dina Prasad, Ramjee, “TVWS opportunities and regulation: - Empowering rural India”, 2011 the 14th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications: Communications, Networking and Applications for the Internet of Things, WPMC'11, 2011.

[17]Kennedy, Ronoh George, Kamucha Vitalice, Oduol Okello-Odongo, W. “TV white spaces in Africa: Trials and role in improving broadband access in Africa”, IEEE AFRICON Conference, noviembre, 2015.

[18][1]CURSO ESPACIOS EN BLANCO. youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=k8fLjjwQamM>, 2020.

[19]¿Qué es el espectro radioeléctrico?. (2018). Tomado De https://www.enacom.gob.ar/-que-es-el-espectro-radioelectrico-_p117

[20] A. Singh, K. Krishna Naik, and C. R. S. Kumar, “UHF TVWS operation in Indian scenario utilizing wireless regional area network for rural broadband access,” 2016 International Conference on Next Generation Intelligent Systems, ICNGIS 2016, 2017, doi: 10.1109/ICNGIS.2016.7854030.

[21] M. Ismail, M. Kissaka, and P. Mafole, “Television White Space Opportunities and Challenges: What Next for the Developing Countries?,” 2019

IST-Africa Week Conference, IST-Africa 2019, pp. 1–9, 2019, doi: 10.23919/ISTAFRICA.2019.8764834.

[22] A. Arteaga and A. Navarro, “Availability of TV White Spaces Using Spectrum Occupancy Information and Coverage Maps,” *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14, no. 6, pp. 2588–2591, Jun. 2016, doi: 10.1109/TLA.2016.7555223.

[23] A. Singh, K. Krishna Naik, and C. R. S. Kumar, “UHF TVWS operation in Indian scenario utilizing wireless regional area network for rural broadband access,” Feb. 2017, doi: 10.1109/ICNGIS.2016.7854030.

[24] M. Khalil, J. Qadir, O. Onireti, M. A. Imran, and S. Younis, “Feasibility, architecture and cost considerations of using TVWS for rural Internet access in 5G,” in *Proceedings of the 2017 20th Conference on Innovations in Clouds, Internet and Networks, ICIN 2017*, Apr. 2017, pp. 23–30, doi: 10.1109/ICIN.2017.7899245.

[25] M. M. Kassem, M. K. Marina, and O. Holland, “On the potential of TVWS spectrum to enable a low cost middle mile network infrastructure,” in *2018 10th International Conference on Communication Systems and Networks, COMSNETS 2018*, Mar. 2018, vol. 2018-January, pp. 159–166, doi: 10.1109/COMSNETS.2018.8328193.

[26] Unión Internacional de Telecomunicaciones, *Directrices de política y aspectos económicos de asignación y uso del espectro radioeléctrico*. 2016.

[27] C. C. C. D and R. No, “(Actualizado, 05 de agosto de 2020),” vol. 40, no. 000186, pp. 1–6, 2020.

[28] E. Pietrosevoli and M. Zennaro, “TV white spaces,” no. November 2012, p. 190, 2013.

[29] C. Daza Tache and ANE, “Espacios en Blanco,” no. nivel 1, 2017, [Online]. Available: www.uib.es/catedra_iberamericana/revistas/img/blanco.pdf%0Awww.sitios.ruv.itesm.mx/portales/.../.

[30] I. de Telecomunicaciones, “PROYECTO FINAL DE CARRERA.”

[31] U. Francisco and J. de Caldas, “MODELO INTELIGENTE DE DECISIÓN DE ESPECTRO QUE MEJORA EL DESEMPEÑO EN REDES DE RADIO COGNITIVA CRISTIAN CAMILO BERNAL ARIZA.”

[32] H. René, B. Gil, M. Samuel, and M. Sánchez, “Redes de Radio Cognitiva ‘Año del 53 aniversario del triunfo de la Revolución.’”

[33] Semana (2021,Abr 29) Aprueban proyecto de ley para declarar el internet como un servicio público esencial y universal, [Online]. Available:<https://www.semana.com/economia/macroeconomia/articulo/aprueban-proyecto-de-ley-para-declarar-el-internet-como-un-servicio-publico-esencial-y-universal/202125/#:~:text=En%20el%20%C3%BAltimo%20debate%2C%20la,Partido%20Liberal%20pasa%20a%20conciliaci%C3%B3n.&text=La%20Plenaria%20del%20Senado%20de,de%20car%C3%A1cter%20esencial%20y%20universal>

[34] Senado LEY DE INTERNET COMO SERVICIO PÚBLICO, ESENCIAL Y UNIVERSAL "O" POR MEDIO DE LA CUAL SE MODIFICA LA LEY 1341 DE 2009 Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES [Online]. Available: <http://leyes.senado.gov.co/proyectos/index.php/proyectos-ley/cuatrenio-2018-2022/2020-2021/article/325-ley-de-internet-como-servicio-publico-esencial-y-universal-o-por-medio-de-la-cual-se-modifica-la-ley-1341-de-2009-y-se-dictan-otras-disposiciones>

[35] N.Tellez Tejada (2021,Abr) Internet avanza como servicio público esencial en Colombia, no sin discusiones, [Online]. Available: <https://www.telesemana.com/blog/2021/04/30/internet-avanza-como-servicio-publico-esencial-en-colombia-no-sin-discusiones/>

[36] MINTIC (2021,Mar 6) Listo primer proyecto que busca conectar mil poblaciones a Internet, [Online]. Available: <https://www.mintic.gov.co/porta/inicio/Sala-de-Prensa/MinTIC-en-los-Medios/89245:Listo-primer-proyecto-que-busca-conectar-mil-poblaciones-a-Internet>

[37] Computerworld (2020, Ene 26) Nuevo proyecto de conectividad rural, [Online]. Available: <https://computerworld.co/nuevo-proyecto-de-conectividad-rural/>

[38] MINTIC (2020, Ene 24) Gobierno avanza en el programa de conectividad rural más grande en la historia del país, [Online]. Available: <https://www.mintic.gov.co/porta/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/125632:Gobierno-avanza-en-el-programa-de-conectividad-rural-mas-grande-en-la-historia-del-pais>

[39] MINTIC, El Tiempo (2020, Dic 9) Adjudican contrato del Mintic para la creación de centros digitales, [Online]. Available: <https://mintic.gov.co/porta/inicio/Sala-de-Prensa/MinTIC-en-los-Medios/161014:Adjudican-contrato-del-Mintic-para-la-creacion-de-centros-digitales>

- [40] MINTIC (2020,Ene 1) LISTADO CENTROS DIGITALES, [Online]. Available: https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-160694_recurso_1.pdf
- [41] C. L. Vargas “ESTUDIO DE DISPONIBILIDAD DE HUECOS ESPECTRALES EN TELEVISIÓN EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS OFICIALES EN COLOMBIA“ UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, 2020
- [42] Upcommons (2016, Jun) MANUAL DE USO DE RADIO MOBILE,[Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6989/Anexo%2016.pdf>
- [43] ve2dbe Radio Mobile download in Various Languages ,[Online]. Available: <https://www.ve2dbe.com/download/download.html>
- [44] Nick Weise dmtronix instaladores ,[Online]. Available: <https://dmtronix.wixsite.com/dmtronix/instaladores>
- [45] Qgis (2021, Mar) Documentación QGIS ,[Online]. Available: <https://www.qgis.org/es/docs/index.html>
- [46] Tim Sutton (2021,May) Una Introducción fácil a GIS,[Online]. Available: https://docs.qgis.org/3.16/es/docs/gentle_gis_introduction/preamble.html
- [47] Qgis.org (2021,May) Descarga QGIS para tu plataforma ,[Online]. Available: <https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>
- [48] Google Maps Recursos de ayuda populares ,[Online]. Available: <https://www.google.com/maps>
- [49] Google Maps Local Guides ,[Online]. Available: <https://maps.google.com/localguides/>
- [50] Graciela Marker Archivos XLSX: ¿Qué son? ¿Cómo abrirlos?,[Online]. Available: <https://www.tecnologia-informatica.com/archivos-xlsx-abrirlos/>
- [51] Claudia P. Báez,” Estudio técnico para validar la posibilidad de conectar, por medio de TVWS, sedes educativas oficiales ubicadas en zonas rurales con centros poblados.”, Tesis, Universidad Santo Tomas, 2021
- [52] Universitat Politècnica de València - UPV (2012,Ene) ,Radio Mobile | | UPV ,[Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=g8n5ZJzP-YU>