



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“Diseño de una Red Híbrida para Comunicación de los Equipos de Seccionamiento
y Maniobra de la Red de Distribución de la Empresa Eléctrica de Azogues”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autores:

KAREM LISBETH HEREDIA QUITO

ALEX FERNANDO CHOCHO ENCALADA

Director:

DANIEL ESTEBAN ITURRALDE PIEDRA PhD

CUENCA, ECUADOR

2022

DEDICATORIA

La culminación de este trabajo la dedico a Dios, a mi padre Delfín Heredia que es mi ejemplo y pilar fundamental en cada una de las etapas de mi vida, mi madre Carmen Quito que con su cariño me ayudado a seguir adelante y no rendirme, a mi hermano Erik, mi hermana Angélica, que me apoyaron, guiaron, aconsejaron en todo este trayecto para seguir adelante cumpliendo mis sueños, me han ayudado a ser lo que soy como mujer, mis principios, mi carácter y ahora gracias a ellos una profesional.

Karem Heredia

DEDICATORIA

Este trabajo esto dedicado a toda mi familia quienes de varias maneras me brindaron la ayuda que necesite durante todo este tiempo. Una dedicatoria especial a mi esposa Fernanda y mi hijas Scarlet y Katherine, que siempre estuvieron para apoyarme indistintamente.

Alex Chocho

AGRADECIMIENTO

Agradezco también al Doctor Edgar Carbajal y la señora Rosita Vanegas por ser parte de cumplir este sueño, por ser mi segunda familia que me apoyaron y me permitieron ser parte de ellos.

Karem Heredia

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por las oportunidades en mi vida, a mis padres por su cuidado y esfuerzo, a mi esposa e hijas por ser el motivo principal para lograr mis metas, a mis profesores por compartir sus conocimientos en las aulas, a mis compañeros por los momentos vividos. Agradecimiento especial al PhD. Daniel Iturralde por guiarnos en el desarrollo de este trabajo.

Alex Chocho

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	20
1.1 Problemática.....	20
1.2 Motivación de la investigación	20
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo general	20
1.3.2 Objetivos específicos:	21
1.4 Metodología	21
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.....	22
2.1 Introducción	22
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.....	24
3.1 Sistemas De Protección.....	24
3.1.1 Características de un sistema de protección:	24
3.2 Reconectores.....	25
3.2.1 Aplicaciones de los Reconectores:	26
3.2.2 Tecnologías y Protocolos de comunicación en Reconectores	26
3.3 Protocolos De Comunicación.....	27
3.3.1 DNP3.....	27
3.3.2 IEC 61850	27

3.3.3	MODBUS.....	28
3.4	Medios De Transmisión	29
3.4.1	Tecnologías Inalámbricas:.....	29
3.4.2	Redes inalámbricas de área personal (WPAN)	30
3.4.3	Redes inalámbricas de área Local (WLAN):	31
3.4.4	Redes inalámbricas de bajo consumo y largo alcance (LPWAN)	33
3.5	Modos básicos de operación de redes inalámbricas:.....	33
3.5.1	Ad-hoc.....	33
3.5.2	Infraestructura	34
CAPÍTULO 4: DESARROLLO		35
4.1	Introducción	35
4.2	Especificaciones y Requisitos Del Sistema De Comunicación.....	35
4.3	Comparativa de Tecnologías de Comunicación.....	37
4.4	Elección del Estándar para la Red Inalámbrica.....	40
4.5	Levantamiento Geográfico de Reconectores y Nodos.	41
4.5.1	Levantamiento geográfico de reconectores	41
4.5.2	Levantamiento Geográfico de Nodos.....	44
4.6	Diseño de la Red Inalámbrica	45
4.6.1	Enlaces Punto Multipunto (PMP).	46
4.6.1.1	Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-1.....	48

4.6.1.1.1.	Estación Rec_Cdla_Chofer1.....	49
4.6.1.1.2.	Estación Rec_Cdla_Chofer2.....	51
4.6.1.1.3.	Estación Rec_INT1.....	53
4.6.1.1.4.	Estación Rec_INT2.....	54
4.6.1.1.5.	Estación Rec_INT3.....	56
4.6.1.1.6.	Estación BID_VI_RECM_QuisQuis.....	57
4.6.1.2	Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-2.....	58
4.6.1.2.1.	Estación Rec_Esc.16_Abril.....	60
4.6.1.2.2.	Estación Rec_Vintimilla y F. Carrasco.....	61
4.6.1.2.3.	Estación REC_IEES.....	63
4.6.1.2.4.	Estación Rec Zhindilig.....	64
4.6.1.2.5.	Estación Rec_Bayas.....	66
4.6.1.2.6.	Estación BID_V_Rec_subterranas.....	67
4.6.1.2.7.	Estación BID_VI_RECM_Molobog.....	69
4.6.1.3	Enlace Punto-Multipunto AP-Quisquis.....	70
4.6.1.3.1.	Estación Rec_Redondel1.....	73
4.6.1.3.2.	Estación Rec_Unae.....	74
4.6.1.3.3.	Estación Rec_Divino Niño.....	76
4.6.1.3.4.	Estación Rec_Capizhum.....	77
4.6.1.3.5.	Estación Rec_Bajada_Unae.....	79
4.6.1.3.6.	Estación Rec_San_Miguel.....	80
4.6.1.3.7.	Estación Rec_Tablon.....	82
4.6.1.3.8.	Estación BID_VI_REC_Zhullin.....	83
4.6.1.3.9.	Estación BID_VI_REC_Tablon.....	85
4.6.1.3.10.	Estación BID_V-REC_Cojitambo.....	86
4.6.1.3.11.	Estación BID_VI_R_Cojitambo-Centro.....	88
4.6.1.3.12.	Estación BID_VI_REC_Pampa_Vintimilla.....	89
4.6.2	Enlaces Punto a Punto (PTP).....	91
4.6.2.1	Enlaces PTP Para Interconexión de Nodos.....	92
4.6.2.1.1.	Enlace PTP Nodo Oficina Matriz-Nodo Quisquis.....	92
4.6.2.1.2.	Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo San Nicolás.....	94
4.6.2.1.3.	Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo Pilzhum.....	96

4.6.2.1.4.	Enlace PTP Nodo Pilzhum-Nodo Santa Rita.....	98
4.6.2.2.	Enlaces PTP para interconexión de Reconectores.....	100
4.6.2.2.1.	Enlace PTP Nodo San Nicolás y Reconector BID_VI_RECM_San_Nicolas. ..	100
4.6.2.2.2.	Enlace PTP Nodo San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos.	102
4.6.2.2.3.	Enlace PTP Nodo San Nicolas- BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti.....	104
4.6.2.2.4.	Enlace PTP Nodo San Nicolas- BID_VI_RECM_Solano_Yolon.	106
4.6.2.2.5.	Enlace PTP Nodo Quiquis-BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero.....	108
4.6.2.2.6.	Enlace PTP Nodo Pilzhum-Rec_Cochahuico.	110
4.6.2.2.7.	Enlace PTP Rec_Cochahuico- BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa.....	112
4.6.2.2.8.	Enlace PTP Nodo Santa Rita-BID_VI_RECM_Rivera.	114
4.6.2.2.9.	Enlace PTP BID_VI_RECM_Rivera- BID_VI_REC_Zhoray_Centro.	116
4.6.2.2.10.	Enlace PTP BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay.....	118
4.6.2.2.11.	Enlace PTP REC_ZHINDILIG-BID_V_Rec_LaVilla.	120
4.7	Diseño Final De la Red Inalámbrica Para Reconectores EEA.	122
4.8	Equipos Sugeridos.....	125
4.9	Análisis Económico.....	126
4.9.1	Introducción	126
4.9.2	Conteo y Cálculo de Equipos y Herramientas	127
4.9.3	Cálculo de Costo por Mano de Obra.....	131
4.9.4	Presupuesto Total del Proyecto	133
CONCLUSIONES		134
RECOMENDACIONES.....		137
REFERENCIAS.....		139
ANEXOS		143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Diagrama de red del sistema eléctrico de Cotopaxi [2].....	22
Figura 2.2	Arquitectura de comunicaciones de la EEA [3]	23
Figura 3.1	Reconectores BOS. NOJA OSM [3]	25
Figura 3.2	Clasificación de tecnologías inalámbricas según su alcance [14].....	30
Figura 4.1	Sistema SCADA de telecontrol, autor: Manuel Otorongo [25]	35
Figura 4.2	Reconector Automático OSM [7].....	36
Figura 4.3	Distribución de reconectores existentes y proyectados para la EEA.....	42
Figura 4.4	Enlaces inalámbricos para repetidoras de Radios Móviles de la EEA.....	44
Figura 4.5	Distribución de nodos existentes de la EEA.	45
Figura 4.6	Reconectores ubicados en la ciudad de Azogues.	47
Figura 4.7	Cobertura Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-1 (ISP Design Center)...	48
Figura 4.8	Enlace estación Rec_Chofer 1 AP-Matriz-1 (Radio Mobile)	50
Figura 4.9	Enlace estación Rec_Chofer 1 AP-Matriz-1(ISP Design Center).....	51
Figura 4.10	Enlace estación Rec_Chofer 2 AP-Matriz-1 (Radio Mobile)	51
Figura 4.11	Enlace estación Rec_Chofer 2 AP-Matriz-1(ISP Design Center).....	52
Figura 4.12	Enlace estación Rec_INT1 AP-Matriz-1 (Radio Mobile).....	53
Figura 4.13	Enlace estación Rec_INT1 AP-Matriz-1(ISP Design Center)	54
Figura 4.14	Enlace estación INT2 AP-Matriz-1 (Radio Mobile).	54
Figura 4.15	Enlace estación INT2 AP-Matriz-1(ISP Design Center).	55

Figura 4.16 Enlace estación Rec_INT3 AP-Matriz-1 (Radio Mobile).....	56
Figura 4.17 Enlace estación Rec_INT3 AP-Matriz-1(ISP Design Center).	57
Figura 4.18 Enlace estación BID_VI_RECM_QuisQuis AP-Matriz-1 (Radio Mobile).	
57	
Figura 4.19 Enlace estación BID_VI_RECM_QuisQuis AP-Matriz-1(ISP Design Center).....	58
Figura 4.20 Cobertura Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-2 (ISP Design Center).	60
Figura 4.21 Enlace estación Rec_Esc.16_Abril AP-Matriz-2 (Radio Mobile).	60
Figura 4.22 Enlace estación Rec_Esc.16_Abril AP-Matriz-2 (ISP Design Center)...	61
Figura 4.23 Enlace estación Rec_Vintimilla y F. Carrasco AP-Matriz-2 (Radio Mobile).	
62	
Figura 4.24 Enlace estación Rec_Vintimilla y F. Carrasco AP-Matriz-2(ISP D. Center).	
63	
Figura 4.25 Enlace estación REC_IEES AP-Matriz-2 (Radio Mobile).....	63
Figura 4.26 Enlace estación REC_IEES AP-Matriz-2 (ISP Design Center).....	64
Figura 4.27 Enlace estación Rec Zhindilig AP-Matriz-2 (Radio Mobile).....	65
Figura 4.28 Enlace estación Rec Zhindilig AP-Matriz-2(ISP Design Center).	66
Figura 4.29 Enlace estación Rec_Bayas AP-Matriz-2 (Radio Mobile).....	66
Figura 4.30 Enlace estación Rec_Bayas AP-Matriz-2 (ISP Design Center).	67
Figura 4.31 Enlace estación BID_V_Rec_subterranas AP-Matriz-2 (Radio Mobile).	68

Figura 4.32 Enlace estación BID_V_Rec_subterranas AP-Matriz-2(ISP Design Center).

69

Figura 4.33 Enlace estación BID_VI_RECM_Molobog AP-Matriz-2 (Radio Mobile).69

Figura 4.34 Enlace estación BID_VI_RECM_Molobog AP-Matriz-2 (ISP Design Center).....70

Figura 4.36 Simulación del enlace PMP AP Quiquis (ISP Desing Center).72

Figura 4.37 Enlace estación Rec_Redondel1 AP-Quisquis (Radio Mobile).73

Figura 4.38 Enlace estación Rec_Redondel1 AP-Quisquis (ISP Design Center).74

Figura 4.39 Enlace estación Rec_Unae AP-Quisquis (Radio Mobile).75

Figura 4.40 Enlace estación Rec_Unae AP-Quisquis (ISP Design Center).76

Figura 4.41 Enlace estación Rec_Divino Niño AP-Quisquis (Radio Mobile).76

Figura 4.42 Enlace estación Rec_Divino Niño AP-Quisquis (ISP Design Center)....77

Figura 4.43 Enlace estación Rec_Capizhum AP-Quisquis (Radio Mobile).78

Figura 4.44 Enlace estación Rec_Capizhum AP-Quisquis (ISP Design Center).79

Figura 4.45 Enlace estación Rec_Bajada_Unae AP-Quisquis (Radio Mobile).79

Figura 4.46 Enlace estación Rec_Bajada_Unae AP-Quisquis (ISP Design Center). .80

Figura 4.47 Enlace estación Rec_San_Miguel AP-Quisquis (Radio Mobile).81

Figura 4.48 Enlace estación Rec_San_Miguel AP-Quisquis (ISP Design Center). ...82

Figura 4.49 Enlace estación Rec_Tablón AP-Quisquis (Radio Mobile).82

Figura 4.50 Enlace estación Rec_Tablón AP-Quisquis (ISP Design Center).83

Figura 4.51 Enlace estación BID_VI_REC_Zhullin AP-Quisquis (Radio Mobile)...	84
Figura 4.52 Enlace estación BID_VI_REC_Zhullin AP-Quisquis (ISP Design Center).	85
Figura 4.53 Enlace estación BID_VI_REC_Tablón AP-Quisquis (Radio Mobile). ..	85
Figura 4.54 Enlace estación BID_VI_REC_Tablón AP-Quisquis (ISP Design Center).	86
Figura 4.55 Enlace estación BID_V-REC_Cojitambo AP-Quisquis (Radio Mobile).	87
Figura 4.56 Enlace estación BID_V-REC_Cojitambo AP-Quisquis (ISP Design Center).	88
Figura 4.57 Enlace estación BID_VI_R_Cojitambo-Centro AP-Quisquis (Radio Mobile).	88
Figura 4.58 Enlace estación BID_VI_R_Cojitambo-Centro AP-Quisquis (ISP Design Center).....	89
Figura 4.59 Enlace estación BID_VI_REC_Pampa_Vintimilla AP-Quisquis (Radio Mobile).....	90
Figura 4.60 Enlace estación BID_VI_REC_Pampa_Vintimilla AP-Quisquis (ISP Design Center).....	91
Figura 4.61 Enlaces PTP interconexión de nodo EEA (Radio Mobile).	92
Figura 4.62 Enlace PTP Oficina Matriz Quisquis (Radio Mobile).....	93
Figura 4.63 Enlace PTP Oficina Matriz-Quisquis (ISP Design Center).....	94
Tabla 9 Enlace PTP Quisquis-San Nicolas	94

Figura 4.64 Enlace PTP Quisquis-San Nicolas (Radio Mobile).....	95
Figura 4.65 Enlace PTP Quisquis-San Nicolas (ISP Design Center).....	95
Figura 4.66 Enlace PTP Quisquis-Pilzhum (Radio Mobile).....	97
Figura 4.67 Enlace PTP Quisquis-Pilzhum (ISP Design Center).....	97
Figura 4.68 Enlace PTP Pilzhum-Santa Rita (Radio Mobile).	99
Figura 4.69 Enlace PTP Pilzhum-Santa Rita (ISP Design Center).....	99
Figura 4.70 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_RECM_San_Nicolas (Radio Mobile).	101
Figura 4.71 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos (ISP Design Center).....	101
Figura 4.72 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos (Radio Mobile). 103	
Figura 4.73 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos (ISP Design Center).....	103
Figura 4.74 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti (Radio Mobile). 105	
Figura 4.75 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti (ISP Design Center).....	105
Figura 4.76 Enlace PTP San Nicolas-BID_VI_RECM_Solano_Yolon (Radio Mobile). 107	
Figura 4.77 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_RECM_Solano_Yolon (ISP Design Center).....	107

Figura 4.78 Enlace PTP Quisquis- BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero (Radio Mobile).
109

Figura 4.79 Enlace PTP Quisquis- BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero (ISP Design Center)..... 109

Figura 4.80 Enlace PTP Pilzhum-Rec_Cochahuico (Radio Mobile). 111

Figura 4.81 Enlace PTP Pilzhum-Rec_Cochahuico (ISP Design Center)..... 111

Figura 4.82 Enlace PTP Rec_Cochahuico- BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa (Radio Mobile)..... 113

Figura 4.83 Enlace PTP Rec_Cochahuico- BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa (ISP Design Center). 113

Figura 4.84 Enlace PTP Santa Rita-BID_VI_RECM_Rivera (Radio Mobile). 115

Figura 4.85 Enlace PTP Santa Rita-BID_VI_RECM_Rivera (ISP Design Center). 115

Figura 4.86 Enlace PTP BID_VI_RECM_Rivera-BID_VI_REC_Zhoray_Centro (Radio Mobile)..... 117

Figura 4.87 Enlace PTP BID_VI_RECM_Rivera-BID_VI_REC_Zhoray_Centro (ISP Design Center). 117

Tabla 21 Enlace PTP BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay. 118

Figura 4.88 Enlace PTP BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay (Radio Mobile).
119

Figura 4.89 Enlace PTP BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay (ISP Design Center)..... 119

Figura 4.90 Enlace PTP REC_ZHINDILIG-BID_V_Rec_LaVilla (Radio Mobile).121

Figura 4.91 Enlace PTP REC_ZHINDILIG-BID_V_Rec_LaVilla (ISP Design Center).

121

Figura 4.92 Diseño final de red inalámbrica para re conectadores EEA (ISP Design

Center).....122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características de Reconectores comerciales en Ecuador.....	26
Tabla 2	Características de tecnologías inalámbricas.....	40
Tabla 3	Ubicación de reconectores EEA.....	43
Tabla 4	Ubicación de Nodos existentes de la EEA.....	45
Tabla 5	Reconectores que conforman el enlace PMP AP-Matriz-1.....	49
Tabla 6	Reconectores que conforman el enlace PMP AP-Matriz-1.....	59
Tabla 7	Reconectores que conforman el enlace PMP AP-Quisquis.	73
Tabla 8	Enlace PTP Matriz-Quisquis.....	92
Tabla 9	Enlace PTP Quisquis-San Nicolas.....	94
Tabla 10	Enlace PTP Quisquis-Pilzhum.....	96
Tabla 11	Enlace PTP Pilzhum-Santa Rita.....	98
Tabla 12	Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_RECM_San_Nicolas.....	100
Tabla 13	Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos.....	102
Tabla 14	Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti.....	104
Tabla 15	Enlace PTP San Nicolas-BID_VI_RECM_Solano_Yolon.....	106
Tabla 16	Enlace PTP Quisquis- BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero.....	108
Tabla 17	Enlace PTP Pilzhum-Rec_Cochahuico.....	110
Tabla 18	Enlace PTP Rec_Cochahuico- BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa.....	112
Tabla 19	Enlace PTP Santa Rita-BID_VI_RECM_Rivera.....	114

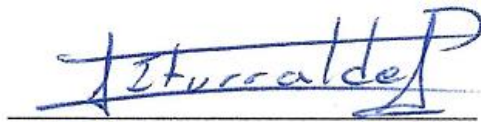
Tabla 20	Enlace PTP BID_VI_RECM_Rivera-BID_VI_REC_Zhoray_Centro.	116
Tabla 21	Enlace PTP BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay.	118
Tabla 22	Enlace PTP REC_ZHINDILIG-BID_V_Rec_LaVilla.	120
Tabla 23	Detalle de enlaces PMP para el diseño.	123
Tabla 24	Detalle de enlaces PTP para el diseño.	124
Tabla 25	Características principales de equipos sugeridos.	126
Tabla 26	Conteo de Equipos y Materiales en Enlaces Punto - Multipunto	128
Tabla 27	Conteo de Equipos y Materiales en Enlaces Punto a Punto.....	129
Tabla 28	Impuestos de materiales importados	130
Tabla 29	Costo de Equipos y Materiales	131
Tabla 30	Conteo Mano de Obra Reconectores y Nodos	132
Tabla 31	Cálculo Mano de Obra	133
Tabla 32	Presupuesto Total.....	133

Diseño de una Red Híbrida para Comunicación de los Equipos de Seccionamiento y Maniobra de la Red de Distribución de la Empresa Eléctrica de Azogues.

RESUMEN

Una de las necesidades de la Empresa Eléctrica de Azogues C.A (EEA), es diseñar una red de comunicación, aprovechando su infraestructura existente, permitiendo la transmisión de datos para integrar los equipos de protección llamados reconectores, distribuidos en el área de concesión, para brindar un servicio de calidad y cumplir con los parámetros exigidos por el ente regulador.

Los reconectores están compuestos con módulos de comunicación para enviar información del reconector hacia el centro de control de la EEA, identificando así la falla al instante. Se propone realizar un estudio en términos de costo beneficio de diferentes tecnologías inalámbricas y elegir la mejor solución.



Ing. Daniel Iturralde Piedra. PhD.

Director de Tesis y Coordinador de carrera



Alex Fernando Chocho Encala

Autor



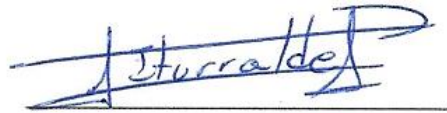
Karem Lisbeth Heredia Quito

Autor

Design of a Hybrid Network for Communication of the Sectioning and Maneuvering Equipment of the Distribution Network of "Empresa Eléctrica de Azogues.

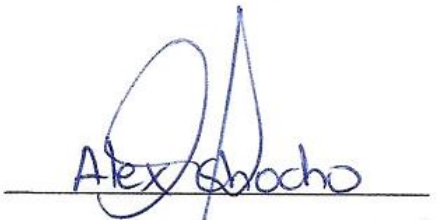
ABSTRACT

One of the needs of “Empresa Eléctrica de Azogues C.A (EEA)” is to design a communication network, taking advantage of its existing infrastructure which allows data transmission to integrate protection equipment called reclosers. These are distributed in the concession area, in order to provide a quality service and comply with the parameters required by the regulatory entity. The reclosers are composed of communication modules to send information from the recloser to the “EEA” control center, to instantly identify the fault. It is proposed to carry out a study in terms of the costs and benefits of different wireless technologies in order to choose the best solution.



Ing. Daniel Iturralde Piedra. PhD.

Thesis Director and School Coordinator



Alex Fernando Chocho Encala

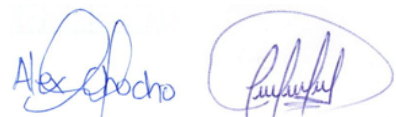
Author



Karem Lisbeth Heredia Quito

Author

Translated by



Alex Chocho and Karem Herdia

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática

Los sistemas de distribución eléctrica de la Empresa Eléctrica de Azogues C.A, experimentan interrupciones o cortes del flujo eléctrico ya sea por mantenimiento o debido a eventos inesperados como fallas en componentes, cortocircuitos, fallas externas, descargas atmosféricas, etc. Debido a esto es necesario tener un control remoto en tiempo real del estado de los reconectores ubicados en diferentes zonas, para poder restablecer el servicio de energía eléctrica automáticamente, logrando así un óptimo servicio.

1.2 Motivación de la investigación

Debido al desarrollo y crecimiento de la tecnología en sistemas de comunicación inalámbricos utilizados en distribución de energía eléctrica, la Empresa Eléctrica de Azogues ha implementado reconectores automáticos eléctricos para dar mejoras en el servicio eléctrico suministrado en la ciudad y sus parroquias, con la finalidad de restablecer el suministro de energía eléctrica a los clientes cuando hay fallas temporales, logrando así el menor tiempo de reconexión del flujo eléctrico. Para esto se busca implementar un diseño de red inalámbrica que facilite la interconexión de los reconectores con el Centro de Control; ya sea de forma directa o a través de repetidores.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de comunicación inalámbrica, para el control de equipos de seccionamiento y maniobra de la red de distribución de la Empresa Eléctrica de Azogues.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Realizar un análisis de los equipos idóneos que cumplan con las características de capacidad y conectividad deseadas y sobre la implementación de redes inalámbricas.

Identificar la ubicación de los reconectores, repetidoras instaladas en la red de distribución de la EEA.

Investigar y analizar las características que presentan las redes inalámbricas mediante el uso del estándar IEEE 802.16x para la comunicación en una red de distribución eléctrica.

Diseñar una red de comunicación inalámbrica WiMAX, que permita la interconexión de los reconectores con el centro de control de la EEA.

Evaluar el funcionamiento del equipo en conjunto dentro de varias zonas escogidas.

1.4 Metodología

Para realizar el proyecto de tesis y completar todas las actividades, se comenzará utilizando una metodología de investigación bibliográfica para obtener toda la información necesaria referente a redes de comunicación inalámbricas aplicadas a redes de distribución eléctrica.

De acuerdo a las simulaciones que se realizarán se obtendrán datos e información a ser analizada, para esto se necesita una investigación analítica, la cual permite establecer la comparación de variables, resultados y filtrar los datos más importantes para continuar con el proyecto.

Por último, se debe aplicar una investigación evaluativa para analizar los resultados obtenidos en la adquisición de datos de cada nodo hasta la estación de control.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

2.1 Introducción

La Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. implementó un sistema de comunicación, que permite la transmisión de datos en tiempo real, para interconectar los equipos de reconexión hacia el sistema SCADA. El diseño final que obtuvieron está conformado por dos tecnologías, GPRS y tecnología inalámbrica WLAN, las mismas que se encargan de transmitir datos desde los equipos reconectores ubicados en las redes eléctricas de media tensión, hacia una estación central de procesamiento de información ubicada en el edificio matriz de la Centrosur [1].

ELEPCO S.A. para mejorar los índices de calidad de energía, TTIK (Tiempo Total de Interrupción) y FMIK (Frecuencia Media de Interrupción), han instalado reconectores en los alimentadores primarios de distribución del sistema eléctrico de Cotopaxi, con lo cual han incrementado la selectividad del sistema de protección. Creando una Smart Grid con equipos “U-Series with ADVC Controller” de la marca Schneider Electric, capaces de monitorear permanentemente las condiciones de la red eléctrica; de tal manera implementan un sistema de comunicación inalámbrica, que facilita la interconexión de los reconectores con el Centro de Operaciones, garantizando compatibilidad con los protocolos de transmisión de datos de los equipos mencionados para finalmente generar una interface que permita tener una correcta supervisión y control de las estaciones remotas [2].

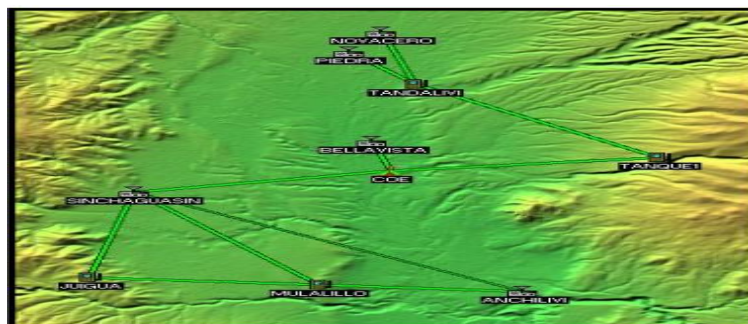


Figura 2.1 Diagrama de red del sistema eléctrico de Cotopaxi [2].

Por último, un artículo de la revista CTU, detalla la metodología de enlace de una red de comunicaciones al sistema SCADA de la Empresa Eléctrica Azogues C.A. (EEA), utilizando reconectores automáticos OSM. Mejorando de esta manera el servicio eléctrico suministrado en la ciudad de Azogues. Implementan una red de comunicaciones que enlaza los nuevos reconectores adquiridos por la empresa, logrando de esta manera ubicar ocho de estos dispositivos, distribuidos en diferentes zonas de la ciudad utilizando en unos casos la red de fibra óptica y en otras alternativas de solución mediante radio enlaces para aquellos que se encuentran en puntos donde la infraestructura de red no permite su fácil acceso físico, con sus respectivos análisis técnicos y financieros [3].

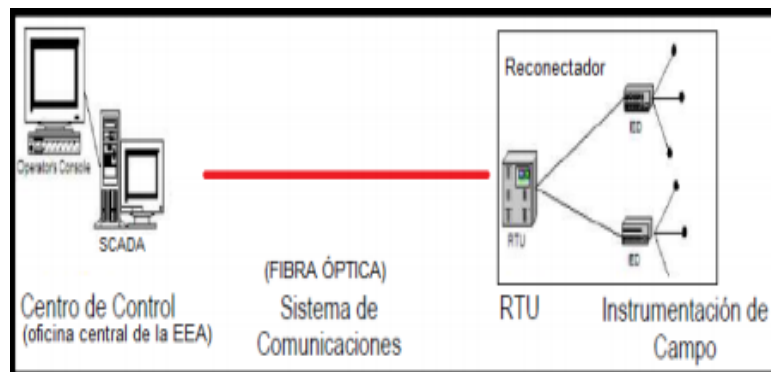


Figura 2.2 Arquitectura de comunicaciones de la EEA [3]

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1 Sistemas De Protección

Una red eléctrica de distribución recibe la energía de los sistemas de transmisión y la entrega a los usuarios, esta debe ser continua y de calidad en su servicio, pero es difícil evitar que se produzcan fallas. Por este motivo el diseño de un sistema eléctrico debe contemplar el hecho de que se van a producir fallas de manera inesperada durante su funcionamiento. Es necesario que, a partir del proceso de generar, transportar y distribuir el flujo eléctrico, se realicen cortes del paso del flujo de corriente en ciertos puntos de la red, ya sea por mantenimiento o protección ante una falla en la red eléctrica.

Para garantizar valores de tensión y frecuencia óptimos para el consumo ante estos eventos que alteran las condiciones de operación normal, las empresas de distribución eléctrica emplean estrategias de detección y aislamiento de zonas de falla y recuperación de zonas que quedan por fuera del servicio, para así disminuir los efectos causados por el fallo y mejorar los indicadores de confiabilidad del sistema [4].

3.1.1 Características de un sistema de protección:

- Un sistema de protección debe ser seguro, confiable, rápido, selectivo y tener respaldo.
- Los equipos deben estar aislados correctamente para seguridad de los operadores.
- El equipo debe funcionar en su totalidad en el tiempo requerido.
- Los equipos deben funcionar en el menor tiempo posible al existir una falla en la red.
- El equipo debe operar ante posibles fallas establecidas.
- Si el equipo principal falla, el equipo de respaldo debe activarse.

3.2 Reconectores

El reconector eléctrico, es un interruptor instalado en las líneas eléctricas para reconectar el flujo de energía a la red al producirse un fallo, desconectando toda la red automáticamente y luego el equipo es capaz de volverlo a conectar automáticamente. Este dispositivo detecta una corriente, la interrumpe y reconecta automáticamente para volver a energizar la línea, estos equipos protegen ante una falla des energizando y el servicio se reactiva energizando nuevamente la línea, manteniendo las condiciones normales de operación para el suministro eléctrico.

Los reconectores se eligen de acuerdo a la aplicación en el exterior, protección de alimentadores de distribución, funciones de automatización y comunicación, peso, tamaño, durabilidad [3]. Los reconectores que se utilizarán para la implementación de esta red de comunicación inalámbrica son los NOJA OSM, debido a que son apropiados para aplicaciones en el exterior, protege los alimentadores de distribución eléctrica, son automáticos y sobre todo proporcionan la facilidad de trabajar con protocolos de comunicación estandarizados. Entre ellos IEC870, DNP3 y Modbus para sistemas SCADA.

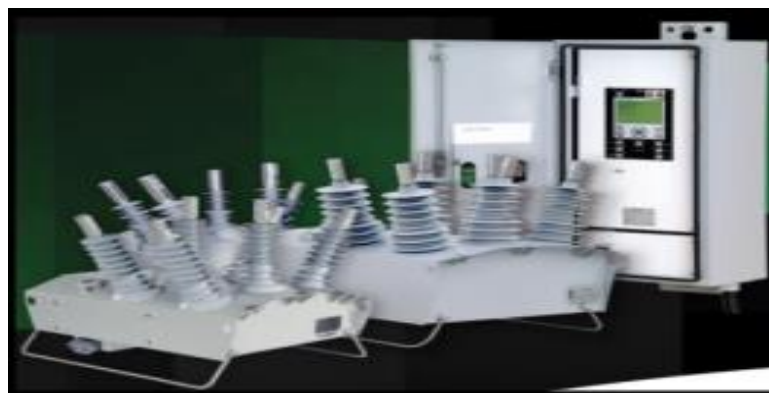


Figura 3.1 Reconectores BOS. NOJA OSM [3]

3.2.1 Aplicaciones de los Reconectores:

Los reconectores pueden ser usados en cualquier punto de un sistema de distribución [2]:

- Como dispositivo de protección del alimentador primario en subestaciones eléctricas.
- Para seccionar alimentadores largos en líneas de distribución alejadas de la subestación, previniendo salidas del alimentador entero ante una falla.
- En subsecciones importantes desde el alimentador principal para proteger el alimentador principal.
- En pequeñas subsecciones monofásicas.

3.2.2 Tecnologías y Protocolos de comunicación en Reconectores

En la tabla 1 se identifican las características en cuanto a protocolos de comunicación y tecnologías de los reconectores para la arquitectura de comunicaciones, basados en los catálogos de las diferentes marcas que se comercializan en el país.

Tabla 1 Características de Reconectores comerciales en Ecuador

Dispositivo	Marca	Controlador	Tecnología de Comunicación	Protocolo de comunicación
Reconector Automático OSM	NOJA POWER	RC15	Tecnología celular GSM, UMT, LTE Wi-Fi Fibra Óptica	DNP3, IEC61850, IEC60870-5- 101/104
Reconector Automático Serie U	Schneider Electric	ADVC	GSM, Fibra óptica	Modbus, DNP3, IEC60870-5- 101/104 NTP
Reconector OVR	ABB	PCD	Radio Satélite	DNP3 nivel 2 Modbus ASCII

Fuente: [21], [22]

3.3 Protocolos De Comunicación

Las comunicaciones entre la subestación y el sistema SCADA son fundamentales para la transmisión de datos en tiempo real, la cual permite el control, supervisión y adquisición de datos de manera remota. Tecnologías como Ethernet, TCP/IP, redes de área amplia, redes de alta velocidad y el bajo costo de dispositivos finales permiten la comunicación dentro de una subestación eléctrica y desde está a un centro de control.

En las subestaciones existen diferentes equipos con protocolos de comunicación propios de cada fabricante, que deben trabajar en conjunto para realizar satisfactoriamente sus funciones, esto trae problemas de interoperabilidad entre los dispositivos ya que al ser de distintos fabricantes no pueden cumplir las mismas funciones, esta dificultad se soluciona cuando se utiliza un estándar común tanto en las subestaciones como en los diferentes equipos de los fabricantes.

3.3.1 DNP3

Este protocolo abierto de SCADA creado por la empresa Westronic, permite la comunicación entre sistemas de adquisición de datos y sistemas de control, utiliza el modelo EPA, que contiene la capa física, la capa de enlace de datos, la capa pseudo transporte, esta última sirve para sobrepasar la máxima longitud dada por el IEC 60870-5-1. DNP3 trabaja en interfaces serie RS232, RS485, también trabaja a través de redes IP y Ethernet, como medio de comunicación utiliza la fibra óptica, radio enlace o satélite [23].

3.3.2 IEC 61850

El estándar IEC 61850 se centra en la comunicación a nivel de subestaciones eléctricas para proporcionar interoperabilidad entre dispositivos de diferentes proveedores. Describe los dispositivos presentes en el sistema de automatización de subestaciones, sus funciones,

interoperabilidad, comunicaciones de alta velocidad entre los dispositivos, interfaces de comunicación entre ellos, intercambio de información en la red, y soporte de configuración.

Con la arquitectura abierta, se puede asignar funciones sin importar cuales son los fabricantes de los equipos, permite asumir la tecnología de comunicación futuro, lo que permite salvaguardar la inversión del cliente a largo plazo.

Entre las principales características se tienen [24]:

- Comunicación cercana a los equipos de potencia.
- Comunicación, adquisición de datos y control.
- Reducción de cableado convencional.
- Uso de LAN en reemplazo de múltiples cables de cobre.
- Es un sistema a prueba de futuro, es decir su estructura robusta permite mantenerse a pesar de los rápidos cambios tecnológicos.
- Está diseñado para seguir tanto el progreso en las tecnologías de comunicación como los requerimientos que envuelven a los sistemas.

3.3.3 MODBUS

Protocolo de comunicación de capa 7 del modelo OSI, con arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor; muy utilizado para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las características por las cuales el protocolo Modbus sobresale a otros protocolos de comunicaciones son:

- Es público.
- Implementarlo es sencillo y de poco desarrollo.
- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones.

La tecnología Modbus sirve para conectar un ordenador de control con una unidad remota (RTU) en sistemas de control de adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP) [25].

3.4 Medios De Transmisión

Existen sistemas que se conectan mediante medios cableados, de acuerdo a la ubicación geográfica estos podrían tener un costo de inversión alta, o bien, se puede realizar mediante sistemas inalámbricos con ayuda de diferentes tecnologías como Wi-Fi, WiMAX y otras que han ido apareciendo, ya que este sistema evita instalar cableado, lo cual permite un ahorro en costo significativo.

3.4.1 Tecnologías Inalámbricas:

Las comunicaciones inalámbricas transmiten información entre dispositivos en el espacio libre mediante ondas de radiofrecuencia (RF), sobre el espectro electromagnético, sin necesidad de utilizar cables de ningún tipo.

Las tecnologías inalámbricas permiten un rango de cobertura en que el usuario puede tener movilidad sin perder conexión de la red, facilidad de implementar una red inalámbrica, reducción de costo en el mantenimiento e implementación, facilidad en la escalabilidad de la red según la necesidad del usuario.

Así mismo, las redes inalámbricas presentan pérdidas de señal o interferencias ya sea por campos electromagnéticos o equipos que trabajen en un mismo rango de frecuencia, estas redes alcanzan velocidades de transmisión máxima de 54 Mbps lo cual comparado con una red cableada hay una gran desventaja, las redes inalámbricas son más vulnerables en cuestión de seguridad comparada a una red cableada.

El medio de transmisión de una red inalámbrica puede ser: ondas de radio, microondas terrestres, satélites e infrarrojos de acuerdo al rango de frecuencias utilizado para la transmisión y recepción de la información [12].

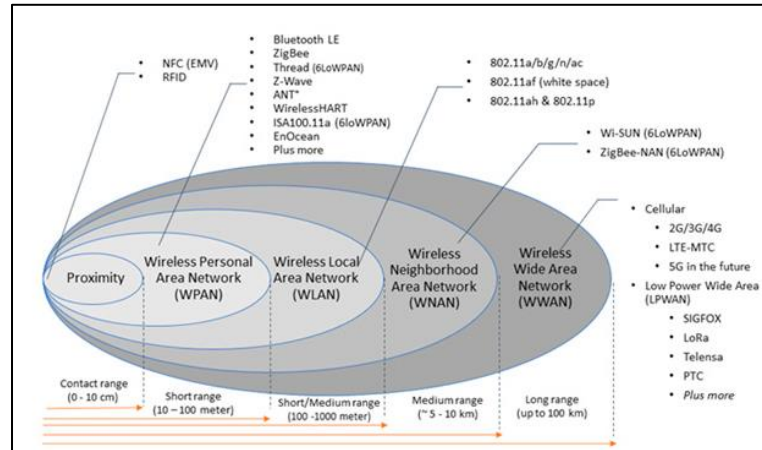


Figura 3.2 Clasificación de tecnologías inalámbricas según su alcance [14].

3.4.2 Redes inalámbricas de área personal (WPAN)

Se basan en el estándar IEEE 802.15, permiten una comunicación en un rango muy pequeño de distancia alrededor de 10 m, su velocidad de transmisión está limitada ya que alcanza hasta 1 Mbps y por lo general la infraestructura necesaria es poca o ninguna.

Las tecnologías más relevantes en esta categoría son:

Z-Wave: Tecnología inalámbrica patentada, protocolo de comunicación de reducido alcance y baja latencia, trabaja en una banda sub-1 GHz, la banda varía en muchos países lo que causa complicaciones al ser usada, en EEUU opera a 908 MHz, Europa en 868 MHz en otros países utiliza desde 865 MHz hasta 921 MHz, la transmisión de datos es baja puede alcanzar los 40 Kbps por lo que este protocolo es utilizado para enviar y recibir señales de control. Puede trabajar en un rango de transmisión hasta de 30 m en condiciones ideales, su topología es de tipo malla y cada módulo es un nodo que puede ser receptor o emisor, tiene un bajo consumo eléctrico.

ZigBee: También conocida como tecnología IEEE 802.15.4, es una tecnología de comunicación abierta, ZigBee opera en bandas libres, en Europa 868 MHz con velocidad de transmisión de 20 Kbps, Estados Unidos 915 MHz con velocidad de transmisión de 40 Kbps, operando en la frecuencia más baja, su alcance puede llegar a un rango de 10 a 100 m a una tasa de 20 a 250 Kbps para la banda de 2.4 GHz por lo que tiene una baja transferencia de datos, su consumo de energía es muy bajo.

En una red ZigBee se puede llegar hasta 255 nodos, utiliza varias topologías de red: estrella, en malla o en árbol, es un protocolo seguro ya que permite encriptación y autenticación al momento de la comunicación, es capaz de manejar redes de gran densidad, logrando un mayor número de nodos y a su vez más rutas alternas [15].

3.4.3 Redes inalámbricas de área Local (WLAN):

Es utilizado como alternativa a las redes LAN, utiliza tecnología de radiofrecuencia, estas redes permiten la comunicación de diferentes dispositivos mediante direccionamiento IP asignada a cada uno sea esta fija o dinámica, trabaja en bandas de frecuencias libres de operación,

Wi-Fi: Estándar 802.11 fue creado para reemplazar a las capas físicas y MAC (Medium Access Control) de la norma 802.3 (Ethernet), diferenciándose en la manera de transmisión de paquetes, el estándar 802.11 tiene una distancia aproximada de 100 m, una velocidad original de 2 Mbps utilizando transmisión FHSS y la banda de frecuencia ISM

Trabaja en las bandas de frecuencia 2.4 GHz, 5 GHz.

802.11b: Soporta velocidades de transmisión más altas, permite 5.5 Mbps y 11 Mbps operando en la frecuencia 2.4 GHz con transmisión DSSS.

802.11a: Opera en velocidades de 54 Mbps bajo condiciones ideales y trabaja en frecuencias de 5 GHz, utiliza OFDM, es menos susceptible a interferencias la señal es más limpia y tiene mayor velocidad de transmisión de datos.

802.11g: Puede llegar a 54 Mbps en condiciones ideales, trabajando en frecuencia de 2.4 GHz y OFDM.

Es compatible con el estándar 802.11b proporcionando rutas de migración para redes 802.11b con una tecnología compatible en frecuencia y mayor velocidad de transmisión de datos.

802.11n: La meta del estándar 802.11n es aumentar la distancia (250 m) y mejor la velocidad de transmisión de datos de los anteriores estándares de 54 Mbps a 600 Mbps en condiciones ideales mediante tecnología MIMO (Múltiple Entrada Múltiple Salida) y canales de 40 MHz, funciona en la banda de frecuencias 2.4 GHz o 5 GHz.

802.11ac Tiene un alcance similar a el estándar 802.11n, pero la velocidad de transmisión de datos es superior.

Trabaja en la banda de frecuencia 5 GHz e incorpora tecnología de formación de haz, múltiples antenas y banda ancha, permitiendo velocidades de hasta 1.3 Gbps.

IEEE 802.16 WiMAX: Sistema de acceso inalámbrico de banda ancha, largo alcance, puede entregar grandes cantidades de información de forma económica y se utiliza para ofrecer cobertura a zonas de difícil acceso.

WiMAX maneja redes con cobertura de 50 km por celda, basada en modulación OFDM y tasas de transmisión de hasta 75 Mbps por canal. Ofrece acceso a internet a aquellas empresas que se encuentran fuera del alcance del DSL o que no son parte del cableado estructurado. Esta tecnología soporta una gran cantidad de usuarios por canal, funciona en las bandas 2.5 GHz y 3.5 GHz, para las que se necesita una licencia, y en la banda 5.8 GHz para la que no se necesita tenerla.

3.4.4 Redes inalámbricas de bajo consumo y largo alcance (LPWAN)

Son redes inalámbricas para comunicación de largo alcance, bajo consumo, bajo costo de implementación. Soporta un elevado número de nodos por estación, se aplica a procesos que requieran de un bajo volumen de datos.

LoRa: Es una modulación inalámbrica en capa física, tecnología de bajo costo, amplia área de cobertura, tiene modulación Chip Spread Spectrum, esta modulación es resistente a interferencias permitiendo una transmisión de paquetes con una mínima pérdida al llegar a su destino, LoRa tiene una velocidad de transmisión baja (300 bps y 11 Kbps) pero en ventaja el envío de datos es constante, el tiempo de vida de la batería es muy largo ya que su consumo de energía es bajo [13].

La tecnología LoRa en cuanto a frecuencia de comunicación no tiene un rango designado oficialmente, pero puede usar las bandas ISM (Industrial, Científica, Médica), estas frecuencias no tienen licencia por lo que no requiere permisos de la entidad reguladora del espectro electromagnético.

LoRa trabaja en América del Norte en 915 MHz, y en Europa 868 MHz, puede trabajar en varias bandas incluso por debajo de 1 GHz es decir bandas libres de licencia en diferentes continentes.

3.5 Modos básicos de operación de redes inalámbricas:

3.5.1 Ad-hoc

También conocido como modo peer-to-peer, en este modo los terminales se comunican libremente entre sí en el modo de comunicación punto a punto y no se requiere de puntos de acceso para la comunicación entre dispositivos.

3.5.2 *Infraestructura*

El modo infraestructura conecta equipos inalámbricos a una red Ethernet ya existente, utiliza un equipo de interconexión como puente entre la red inalámbrica y Ethernet, a esta conexión se le conoce como Punto de Acceso (AP) [14].

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

4.1 Introducción

Este capítulo se enfocará en el análisis de las tecnologías que se consideran más relevantes para el diseño de la red requerida en la EEA, teniendo en cuenta las características de los equipos que se conectarán a la red para garantizar la conexión a los reconectores en una posible futura implementación del diseño.

Se realizará la selección de la tecnología más apropiada basada en un estudio minucioso de diferentes parámetros como el volumen de datos, el tipo de información, el tipo de red, protocolos de comunicación para enlazar los reconectores de la EEA al sistema SCADA, ancho de banda necesario, infraestructuras de comunicaciones existente y que se puede utilizar para comunicar cada reconector, la frecuencia de transmisión, la cobertura, tiempo de conexión, etc.

4.2 Especificaciones y Requisitos Del Sistema De Comunicación

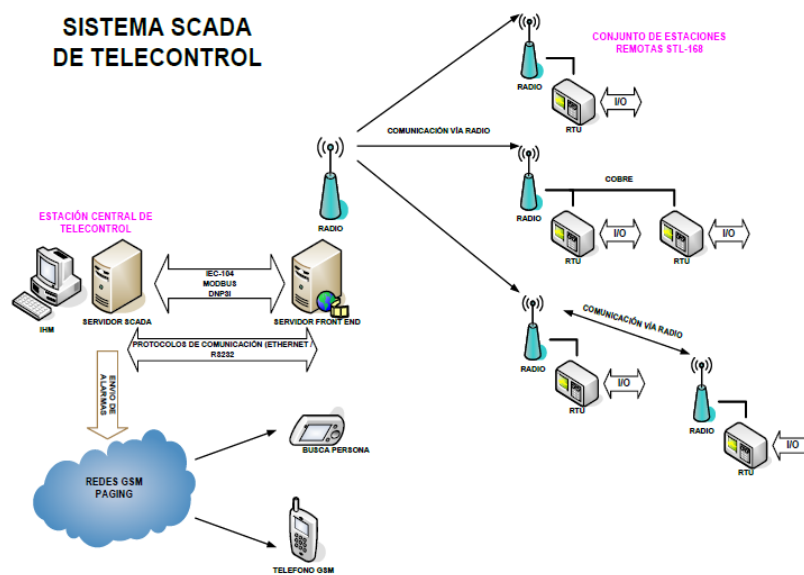


Figura 4.1 Sistema SCADA de telecontrol, autor: Manuel Otorongo [25]

El sistema SCADA para la red de distribución en la Empresa Eléctrica Azogues está conformada por reconectores (RTUs) Noja OSM, que poseen un módulo de control de dos tipos, el módulo RC10 y el módulo RC15 los cuales ofrecen las siguientes características:

- RC10: Para Sistemas de Control de Adquisición de Datos ofrece los protocolos de comunicación que permiten el monitoreo y control remoto:

DNP3, DNP3-SA, DNP3 sobre IP, IEC 618650 MMS y GOOSE, IEC60870-5-101/104 y protocolos de propiedad de NOJA Power.

- Puertos hábiles de comunicación: RS485, RS232, Módulo Wireless, Módulo Ethernet, Módulo de Radio.

- RC15: Todo lo anterior, más una antena Wi-Fi, GPS integrado para una marca de tiempo precisa, Módem 3G alternativo 4G integrado.

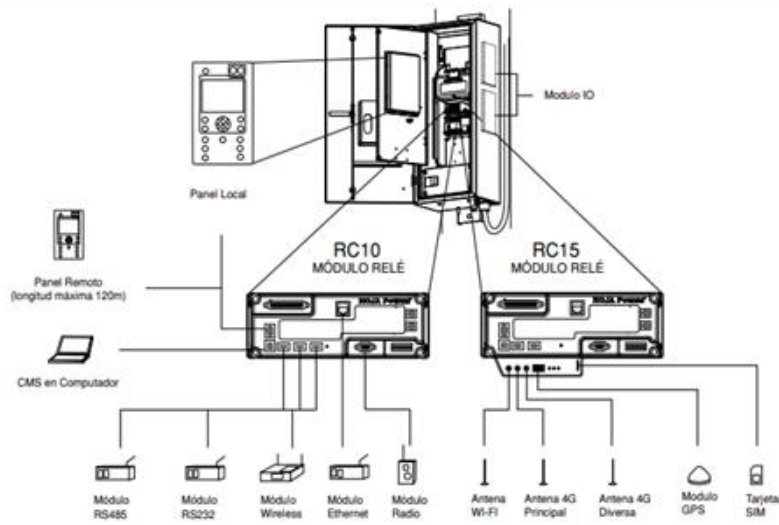


Figura 4.2 Reconector Automático OSM [7].

La comunicación de la subestación con el centro de control de la Empresa Eléctrica de Azogues se diseñaría por medio de enlaces de radio con la tecnología inalámbrica seleccionada.

Los dispositivos se comunican a través de protocolos como DNP3, IEC618650, IEC60870-5 101/104, que utilizan las interfaces RS232 o RS485, Ethernet como medio físico, para conectarse a los equipos de control.

Estos dispositivos envían toda la información a un Gateway; este transforma toda la información proporcionada que llega a él, para fijar un protocolo común de comunicación. Después de pasar por el Gateway se comunican a través de enlaces de radio con el centro de control de la Empresa Eléctrica de Azogues, posterior a este proceso en el sistema SCADA se almacena toda la información y mediciones de los reconectores en la subestación de la EEA [7].

4.3 Comparativa de Tecnologías de Comunicación

Existen variedad de tecnologías inalámbricas que se pueden implementar permitiendo la comunicación y adquisición de datos. El presente análisis está basado en las características y ventajas más relevantes de cada una de las tecnologías de comunicación y que más se aproximan a lo requerido para el diseño a presentar.

Ante lo mencionado en el capítulo 3 y en la investigación indicada en el documento, se presenta una tabla comparativa de las diferentes tecnologías inalámbricas con sus características principales, lo que permitirá establecer las conclusiones correspondientes. La primera tecnología inalámbrica en ser analizada es ZigBee, al ser un protocolo abierto no se generan costos en licencias, a diferencia de Z-Wave que es un estándar que requiere una licencia para el uso de sus frecuencias ya que es propiedad de Silicon Labs para.

Si bien Z-Wave y ZigBee pueden implementar redes tipo malla, Z-Wave tiene ventaja sobre el radio de cobertura al que los dispositivos pueden llegar ya que es mucho mayor al de ZigBee. ZigBee sería la opción más recomendada para distancias muy cortas y para un gran

número de dispositivos, al contrario, Zwave maneja mayor cobertura, pero menos dispositivos conectados.

Como conclusión las tecnologías de comunicación ZigBee y Z-Wave no cumplirían con la cobertura y costos necesarios para el diseño de la red inalámbrica para la comunicación de los Equipos de Seccionamiento y Maniobra de la Red de Distribución de la EEA.

La tecnología LoRa es una tecnología con modulación de radio LoRaWAN que utiliza conectividad inalámbrica para conectarse entre los nodos y las puertas de enlace. LoRaWAN es el protocolo de control de acceso que utiliza direcciones MAC para enviar mensajes entre el servidor de red LoRaWAN y el nodo.

Los Gateway envían mensajes LoRaWAN a través de la interfaz inalámbrica utilizando el protocolo de mensajes de la puerta de enlace.

Esta tecnología es ideal para conexiones a grandes distancias, bajo consumo de energía, y es de estándar abierto; Pero no es óptima para aplicaciones con RTUs en tiempo real, debido a su arquitectura de red, ya que no cuenta con interfaces seriales o Ethernet a nivel de IP, y para el sistema de control de adquisición de datos debe contar con protocolos de comunicación DNP3 sobre TCP/IP, IEC618650, IEC60870, por lo que esta tecnología no cumpliría con los requisitos solicitados.

Una red local inalámbrica 802.11 (Wi-Fi) es compatible con todos los servicios de las redes locales de cable Ethernet, lo cual permite trabajar con los protocolos de comunicación requerido por los reconectores (DNP3 sobre TCP/IP) para la comunicación con el sistema SCADA.

IEEE 802.11 utiliza bandas de frecuencia no reguladas por lo que no se necesitan licencias para poder operar en estas, lo que hace más fácil la implementación de este tipo de servicios. El

estándar 802.11 (Wi-Fi) tiene algunas variantes: 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac y 802.11ax creadas para obtener mayores velocidades de transmisión de datos.

La cobertura con el estándar 802.11 va a depender del tipo de antena y la potencia del transmisor que se seleccione, permitiendo crear una red Wi-Fi de varios kilómetros de distancia entre enlaces punto multipunto o punto a punto.

IEEE 802.16 (WiMAX) es un estándar de transmisión inalámbrica de datos, diseñada para áreas de cobertura de varios kilómetros, trabaja en bandas de frecuencias licenciadas (2.5 GHz y 3.5 GHz) y no licenciadas (5.8 GHz) , según los estándares de la IEEE entre las características más importantes de la tecnología WiMAX son: alta velocidad de transmisión debido a la modulación OFDM, largo alcance, rangos de frecuencia, funcionamiento sin línea de vista (LOS) directa con la estación base (BTS), soporta cientos de usuarios por canal, entre otras.

La tecnología WiMAX difícilmente puede esquivar obstáculos o interferencias grandes como montañas, cerros, lomas, edificios, etc. Cuando se dan estos tipos de obstáculos el rendimiento puede disminuir notablemente.

Comparando el estándar 802.11 y el estándar 802.16, Wi-Fi tiene cobertura solo con línea de vista en enlaces punto a punto; mientras WiMAX tiene cobertura sin línea de vista, pero con menor alcance y disminuye su rendimiento.

El alcance de Wi-Fi es aproximadamente 500 m, pero para implementaciones de radio enlaces con esta tecnología se han diseñado dispositivos con potencia de transmisión y ganancia suficiente para dar cobertura en un radio de varios kilómetros, inclusive existen marcas que comercializan productos capaces de establecer enlaces con distancias de hasta 100 Km; WiMAX es de largo alcance llegando hasta 50 km de cobertura solo con línea de vista directa.

Wi-Fi utiliza un rango de frecuencias que no requieren una licencia, aspecto muy esencial en este diseño; WiMAX trabaja en frecuencias licenciadas y no licenciadas.

WiMAX permite altos niveles de potencia y amplia cobertura funcionando solo en bandas de frecuencia licenciadas, es una tecnología costosa, la mayoría de los equipos trabajan en bandas licenciadas, existen muy pocos equipos certificados en el mercado; Wi-Fi es de bajo costo, tiene una amplia gama de equipos certificados, proporciona velocidades suficientes para la aplicación deseada.

Tabla 2 Características de tecnologías inalámbricas

Tecnología	Wi-Fi	WiMAX	Z-Wave	ZigBee	LoRa
Ancho de Banda	20 - 450 Mbps(Alto)	75 Mbps	9,6 - 40 Kbps(bajo)	250Kbps/ 2.4 GHz 40kbps/ 915 MHz 20 kbps / 868 MHz (bajo)	50kbps
Bandas de Operación	2.4 Ghz 5Ghz	2.5GHz y 3.5GHz (Licencia) 3.5GHz y 5GHz(Sin Licencia)	900 MHz	2,4 GHz, 868 MHz, 915 MHz	433MHz (Asia) 868MHz (Europa) 915 MHz (EEU)
Estandar	IEE 802.11	IEEE 802.16	ITU-T G.9959	IEEE 802.15.4	
Alcance	100m	50 Km	30m	< 50 m	5km (urbano) 20km(rural)
Seguridad	WEP, WPA y WPA2	AES		AES	AES
Topología Lógica	Malla	Malla	Malla	Malla, estrella, arbol	Estrella
Modulación	BPSK,QPSK,16-,64-QAM	QPSK, QAM 16, QAM 64	FSK	DSSS	CSS
Costo	Precio medio	precio alto	precio reducido medio	precio reducido medio	precio reducido medio
Espectro	Sin licencia	Con y sin licencia	Con licencia	Sin licencia	Sin licencia
Consumo de Energía	Baja y media	Baja y media	Bajo	Bajo	Bajo

4.4 Elección del Estándar para la Red Inalámbrica

Para elegir el estándar a utilizar en el diseño para la red de la Empresa Eléctrica de Azogues, se analizaron los puntos anteriores en el presente documento, el ancho de banda necesario para que la red soporte aplicaciones de datos.

Según la investigación realizada WiMAX sería una de las tecnologías tentativas para este diseño por su alcance, pero también se debe recalcar la variedad de antenas direccionales y sectoriales

con diferentes ganancias que trabajan con la tecnología Wi-Fi las cuales permiten crear redes de gran alcance y a un bajo costo.

Todo lo anteriormente expuesto lleva a concluir que la tecnología inalámbrica más conveniente para el diseño de la red de comunicación de los equipos de seccionamiento y maniobra de la red de distribución de la Empresa Eléctrica de Azogues es Wi-Fi (IEEE 802.11).

4.5 Levantamiento Geográfico de Reconectores y Nodos.

4.5.1 Levantamiento geográfico de reconectores

Al inicio de este trabajo la EEA contaba con 19 reconectores en operación, sin embargo, uno de los requerimientos fue que se diera cobertura a los nuevos reconectores que se encontraban ya proyectados, algunos de ellos incluso en proceso de instalación. Es por este motivo que para el diseño se consideran un total de 36 reconectores (17 nuevos).

La figura 4.3 tomada de Google Earth muestra la ubicación general de todos los reconectores considerados para el diseño de la red inalámbrica.

En dicha imagen se puede apreciar que para el centro urbano de la ciudad de Azogues existen la mayor cantidad de reconectores; ubicados especialmente en las zonas sur y norte. También están presentes en los sectores de San Miguel, Capizhum, Tablón, Universidad Nacional de Educación y Zhullin.

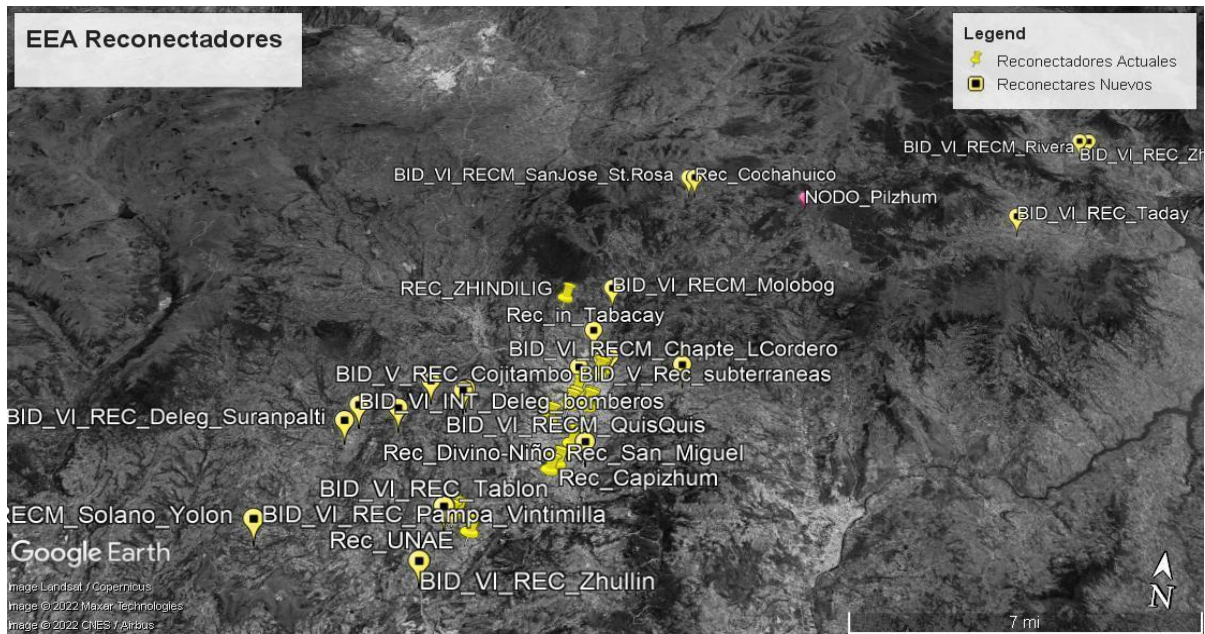


Figura 4.3 Distribución de reconectores existentes y proyectados para la EEA.

Para las parroquias más alejadas del centro urbano como Cojitambo, Deleg, Cochahuico, Rivera y Taday también existen reconectores, pero en un número más reducido, contando con 1 o 2 como máximo por parroquia.

La Tabla 3 describe la ubicación de cada uno de los reconectores mostrados en la Figura 4.5.1. La ubicación de estos dispositivos está dada en grados decimales para facilitar la posterior utilización de estos datos en los softwares de simulación.

Tabla 3 Ubicación de reconectores EEA

N°	Nombre	Latitud	Longitud
1	Rec_Cdla-Chofer2	-2.753634	-78.845918
2	Rec_Cdla_Chofer1	-2.752811	-78.845722
3	INT1	-2.753473	-78.851753
4	INT2	-2.752016	-78.851046
5	INT3	-2.746943	-78.850408
6	BID_VI_RECM_QuisQuis	-2.772875	-78.842161
7	Rec_Esc.16_Abril	-2.738832	-78.844299
8	Rec_Vintimilla y F. Carrasco	-2.735971	-78.842497
9	REC_IEES	-2.735942	-78.841302
10	REC_ZHINDILIG	-2.703945	-78.860643
11	Rec_Bayas	-2.734636	-78.839101
12	BID_V_Rec_subterranas	-2.740287	-78.848999
13	BID_VI_RECM_Molobog	-2.701427	-78.842289
14	Rec_Redondell	-2.760372	-78.857342
15	Rec_UNAE	-2.807062	-78.873982
16	Rec_Divino-Niño	-2.769948	-78.848496
17	Rec_Capizhum	-2.780952	-78.853907
18	Rec_Bajada_UNAE	-2.801403	-78.879378
19	Rec_San_Miguel	-2.778154	-78.851799
20	Rec_Tablon	-2.802763	-78.881173
21	BID_VI_REC_Zhullin	-2.822875	-78.884086
22	BID_VI_REC_Tablon	-2.803206	-78.881289
23	BID_V_REC_Cojitambo	-2.758532	-78.884984
24	BID_VI_REC_Cojitambo_Centro	-2.757618	-78.884266
25	BID_VI_REC_Pampa_Vintimilla	-2.803188	-78.881281
26	BID_VI_RECM_Chapte_LCordero	-2.737176	-78.814004
27	BID_VI_RECM_San_Nicolas	-2.768485	-78.904351
28	BID_VI_INT_Deleg_bomberos	-2.768048	-78.917901
29	BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti	-2.774861	-78.920767
30	BID_VI_RECM_Solano_Yolon	-2.815953	-78.93625
31	BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa	-2.636737	-78.819433
32	Rec_Cochahuico	-2.636407	-78.817159
33	BID_VI_REC_Zhoray_Centro	-2.576945	-78.65382
34	BID_VI_RECM_Rivera	-2.576458	-78.649839
35	Rec_in_Tabacay	-2.722228	-78.846388
36	BID_V_Rec_LaVilla	-2.756256	-78.896316

4.5.2 Levantamiento Geográfico de Nodos.

Además de los datos de los reconectores, la empresa eléctrica cuenta con enlaces inalámbricos para las repetidoras de los radios móviles, los cuales servirán como referencia para el diseño de la red inalámbrica pues muestran puntos geográficos factibles para la instalación de enlaces PTP (Punto a Punto) o PMP (Punto Multipunto) según se requiera. Los enlaces inalámbricos mencionados se pueden observar en la figura 4.4 obtenida del software Radio Mobile.

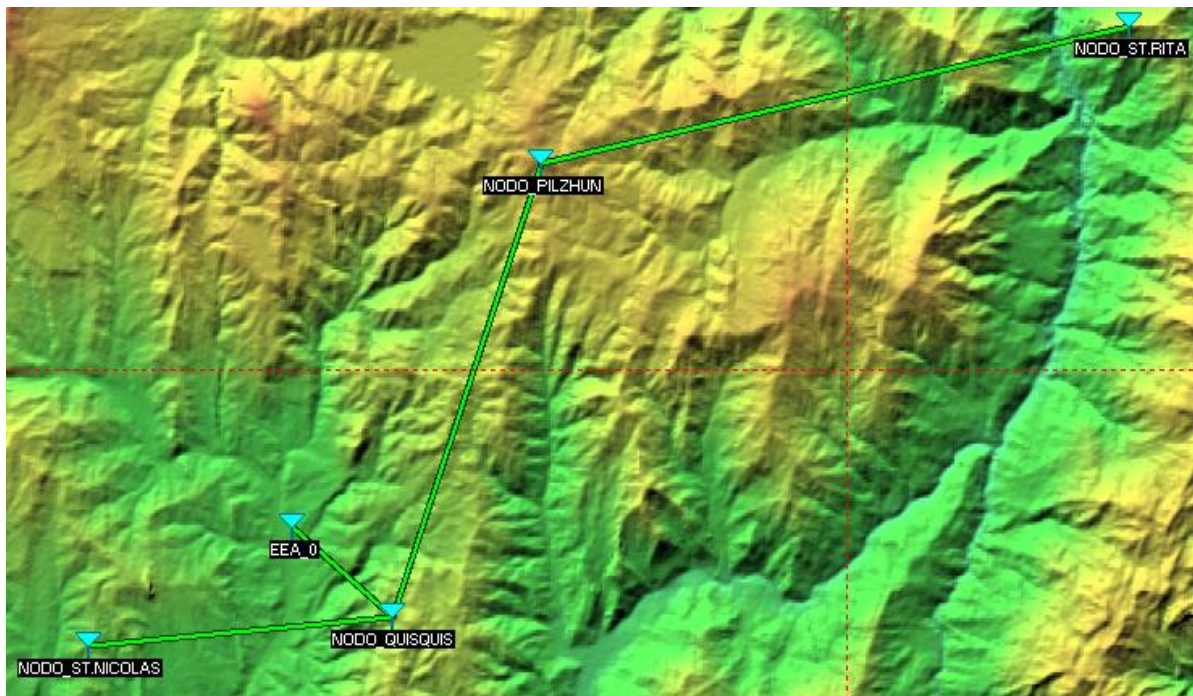


Figura 4.4 Enlaces inalámbricos para repetidoras de Radios Móviles de la EEA.

La Figura 4.4 muestra un enlace entre la oficina matriz de la EEA y el nodo ubicado en el sector Quisqui, Quisquis que es el punto de interconexión de los nodos San Nicolás y Pilzhum. Además, Pilzhum sirve como punto de conexión de un nodo ubicado en Santa Rita. La Figura 4.5 obtenida de Google Earth muestra la ubicación de dichos puntos denominados nodos. Estos son muy importantes pues ayudarán a consolidar ciertos enlaces inalámbricos.

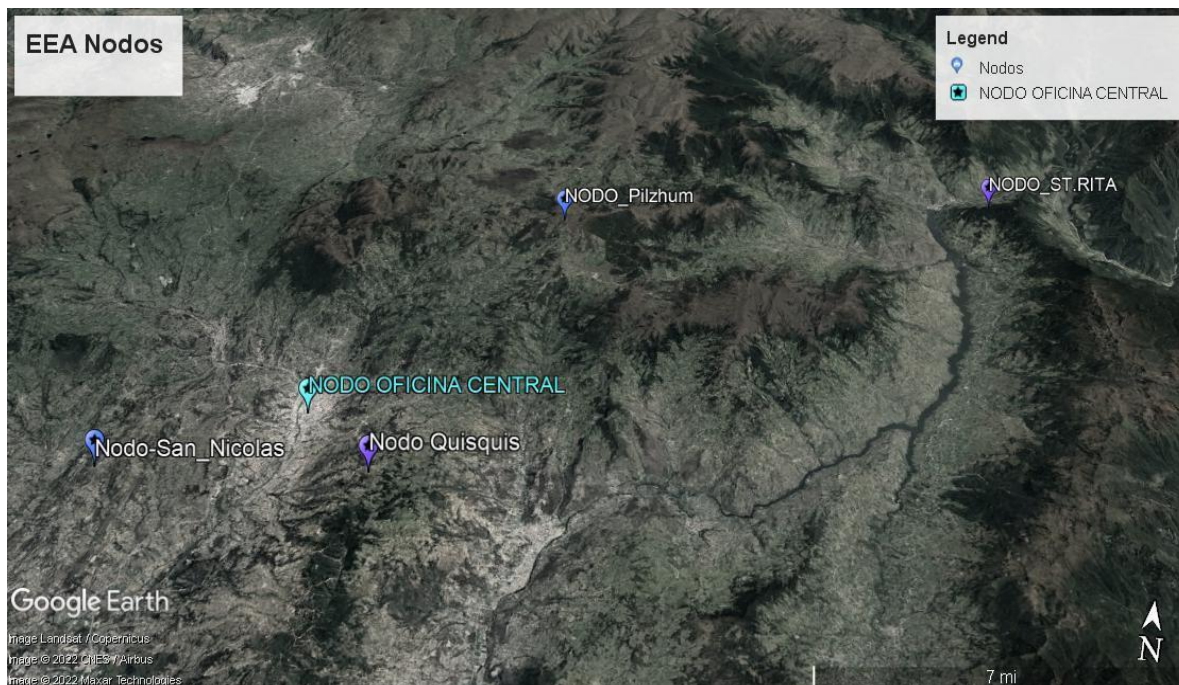


Figura 4.5 Distribución de nodos existentes de la EEA.

La tabla 4 describe la ubicación geográfica de cada uno de los nodos mostrados en la Figura 4.5

Tabla 4 Ubicación de Nodos existentes de la EEA.

Nombre	Latitud	Longitud
Nodo Oficina Matriz	-2.743573	-78.84675
Nodo Quisquis	-2.768724	-78.81724
Nodo Pilzhum	-2.642486	-78.77384
Nodo St Rita	-2.604809	-78.60339
Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.90568

4.6 Diseño de la Red Inalámbrica

Como se revisó en el capítulo 3, los enlaces inalámbricos Wi-Fi requieren línea de vista entre los puntos a enlazar, sin esta el enlace no es factible. Como parte de los requerimientos de la EEA está ocupar toda infraestructura existente para el diseño, es decir, para el diseño no se puede considerar ninguna otra ubicación en donde se consideren la colocación de antenas que no sean

los nodos mencionados en la sección 4.5 de este capítulo, básicamente porque la EEA no está interesada en desplegar nuevos nodos de interconexión.

El software ocupado para el análisis de los parámetros de cada uno de los radioenlaces es Radio Mobile, un software de uso libre y gratuito, además, para tratar de llevar más a la realidad la factibilidad de cada enlace también se realizó la simulación del diseño en la suite de diseño de una de las marcas de productos para radioenlaces más conocidas como Ubiquiti Networks Inc llamado ISP Design Center.

El diseño considera la utilización de Puntos de Acceso (Access Point) para dar cobertura a un mayor número de reconfiguradores concentrados en una zona en específico. También existen enlaces Punto a Punto para enlazar nodos o reconfiguradores ubicados en zonas alejadas donde obviamente no exista un número considerable de dispositivos.

4.6.1 Enlaces Punto Multipunto (PMP).

La primera parte del diseño se centra en dar cobertura a los reconfiguradores ubicados en la ciudad de Azogues. Los reconfiguradores a dar cobertura son los números 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11,12 de la tabla 3 y se muestran en la figura 4.6.

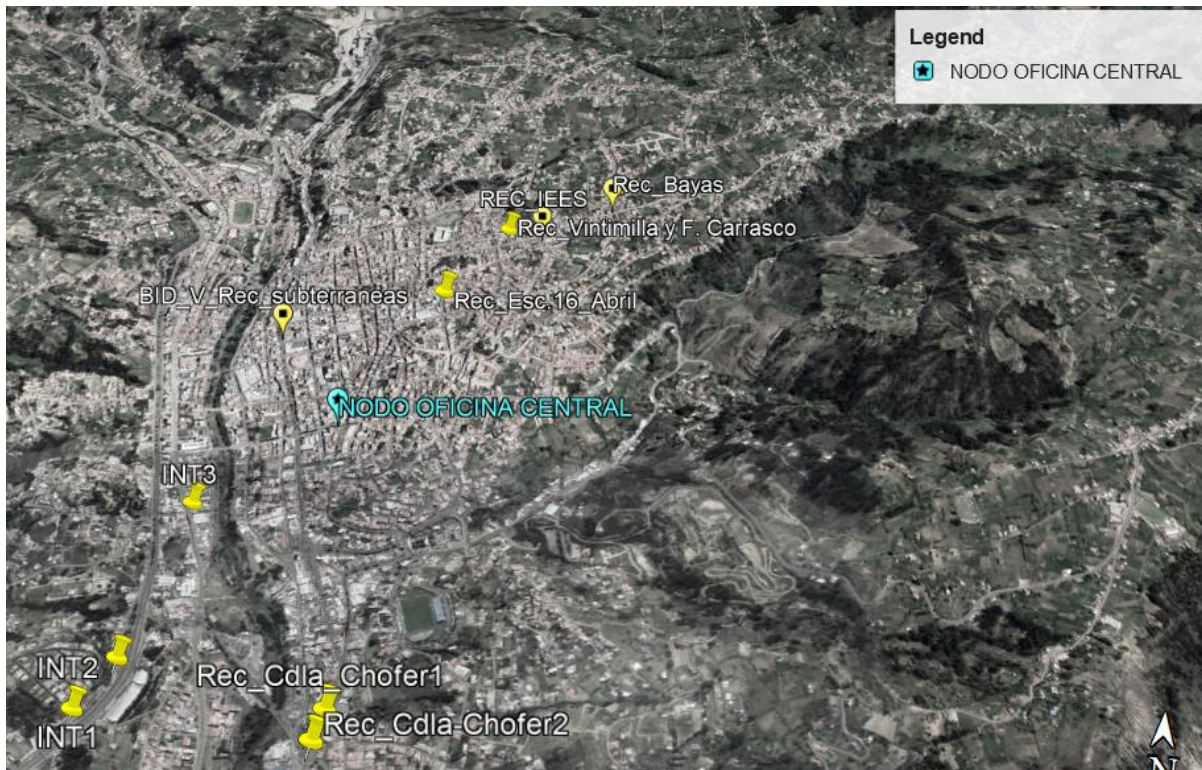


Figura 4.6 Reconectores ubicados en la ciudad de Azogues.

Como se observa en la figura 4.6 los reconectores en la ciudad de Azogues están distribuidos al norte y al sur de la oficina matriz de la EEA (Nodo oficina Central).

En un principio se consideró la colocación de una antena AP capaz de emitir radiación en 360° para dar cobertura a todos los reconectores mencionados. Sin embargo, el patrón de radiación de este tipo de antenas no es el apropiado para este caso, pues como se observa en la figura 4.5.4 los reconectores no están ubicados alrededor del Nodo Oficina Matriz, sino más bien están concentrados en cierta ubicación específica cómo se menciona anteriormente al norte y al sur del nodo. Para optimizar el rendimiento de la red inalámbrica se considera el uso de antenas sectoriales conocidas también como direccionales capaces de concentrar su potencia de transmisión en un ángulo fijo, garantizando la cobertura en una zona en específico, el desempeño de estas antenas mejora según decrece el ángulo de radiación, por este motivo son la mejor opción para utilizarlas en el diseño.

La tabla 5 muestra la lista de reconectores que conforman este enlace PMP, además de su geolocalización y la distancia del enlace inalámbrico.

Tabla 5 Reconectores que conforman el enlace PMP AP-Matriz-1.

Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-1			
Nombre	Latitud	Longitud	Distancia al AP(Km)
Rec Cdla Chofer1	-2.752811	-78.845722	1.03
Rec Cdla-Chofer2	-2.753634	-78.845918	1.12
INT1	-2.753473	-78.851753	1.24
INT2	-2.752016	-78.851046	1.05
INT3	-2.746943	-78.850408	0.55
BID VI RECM QuisQuis	-2.772875	-78.842161	3.30

A continuación, se muestra el análisis de cada uno de los enlaces listados en la tabla 5, para este análisis de los parámetros de cada enlace con la antena AP se utilizó el software Radio Mobile. A cada antena ubicada en los reconectores de la tabla anterior se conoce como estación.

4.6.1.1.1. Estación Rec_Cdla_Chofer1.

Este reconector está ubicado en la Ciudadela del Chofer y según la información de Google Earth y Radio Mobile tiene una altitud de 2464.5 msnm. La figura 4.8 muestra la simulación del enlace según Radio Mobile.

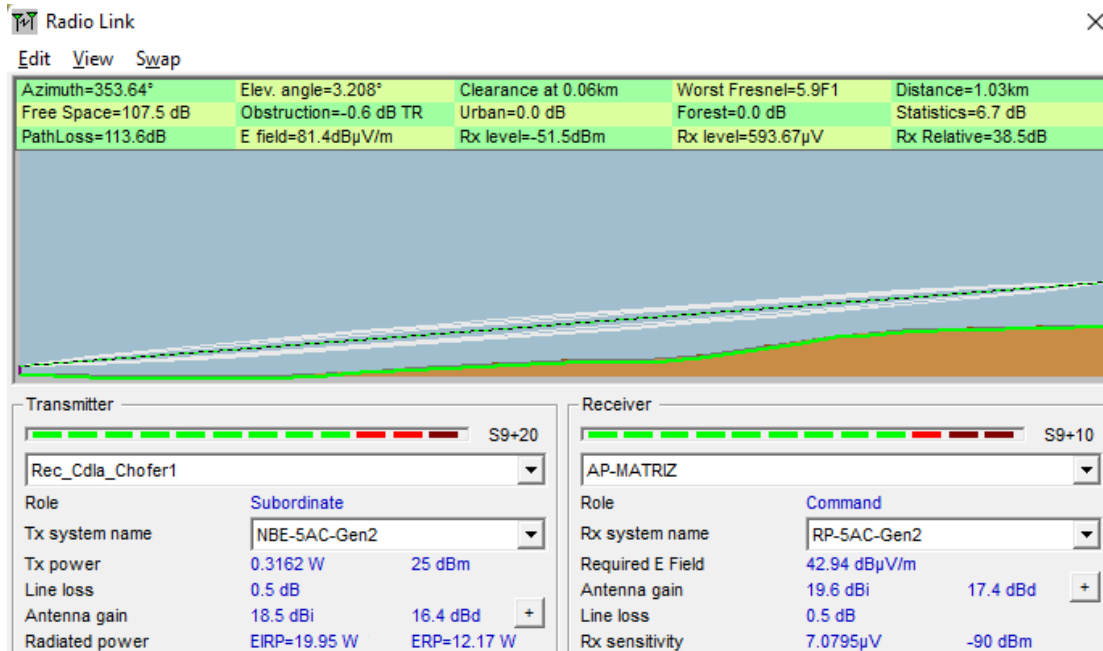


Figura 4.8 Enlace estación Rec_Chofer 1 AP-Matriz-1 (Radio Mobile)

La distancia del enlace es de 1.03 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo como peor obstáculo un valor de 5.9 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 353.64° y una elevación de 3.2°, obteniendo según la simulación un nivel de señal de recepción de -51.5 dBm y 38.5 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 107.5 dB.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. Lo cual se puede comparar con los resultados obtenidos con el simulador de Ubiquiti, la figura 4.9 muestra los resultados de este simulador. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace incluso se puede apreciar la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz, que es el ancho de canal más estable.

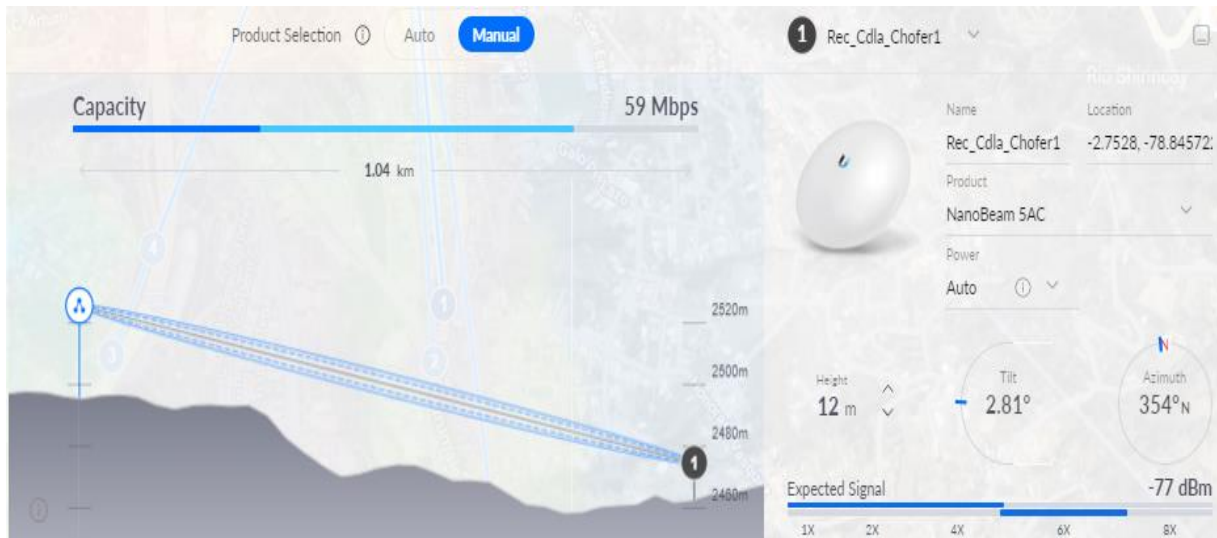


Figura 4.9 Enlace estación Rec_Chofer 1 AP-Matriz-1(ISP Design Center)

4.6.1.1.2. Estación Rec_Cdla_Chofer2.

La Figura 4.10 detalla la simulación para el enlace entre el reconector Cdla Chofer y AP-Matriz-1.

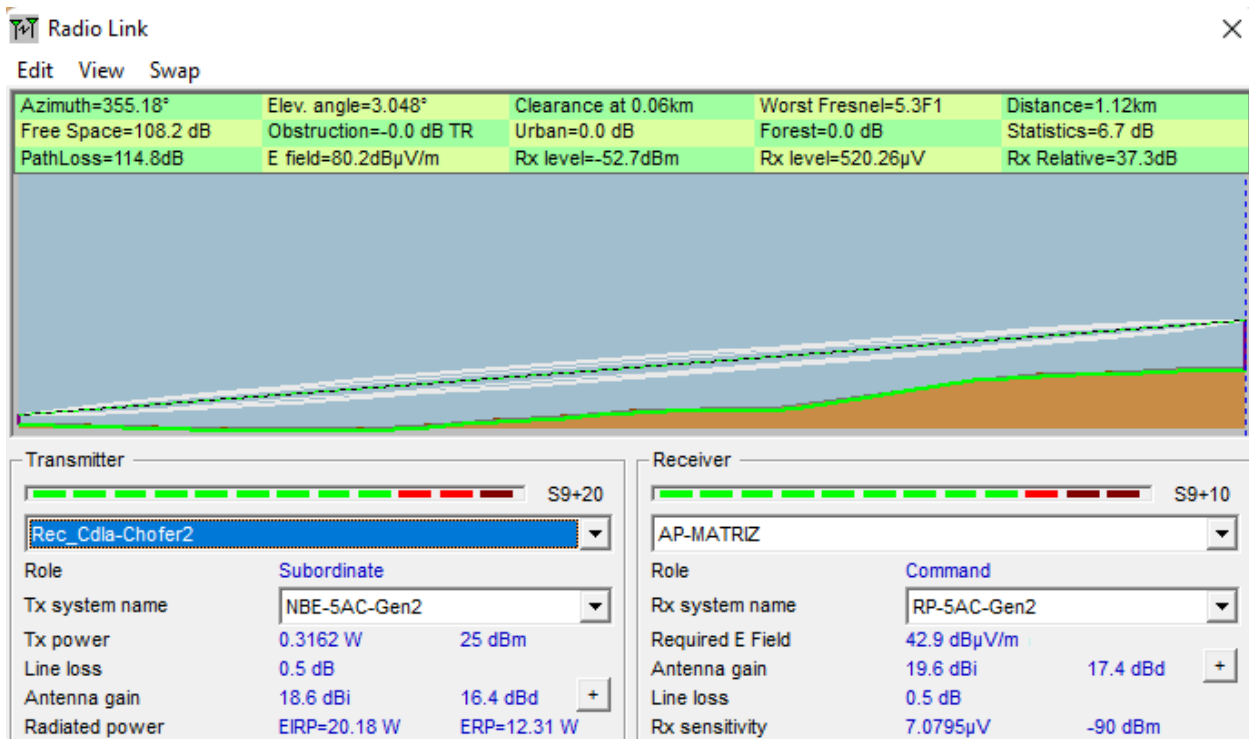


Figura 4.10 Enlace estación Rec_Chofer 2 AP-Matriz-1 (Radio Mobile)

Este reconfigurador está ubicado en la Ciudadela del Chofer tiene una altitud de 2462.8 msnm. La distancia del enlace es de 1.12 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 5.3 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 355.18° y una elevación de 3.04° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -52.7 dBm y 37.3 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 108.2 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.11 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

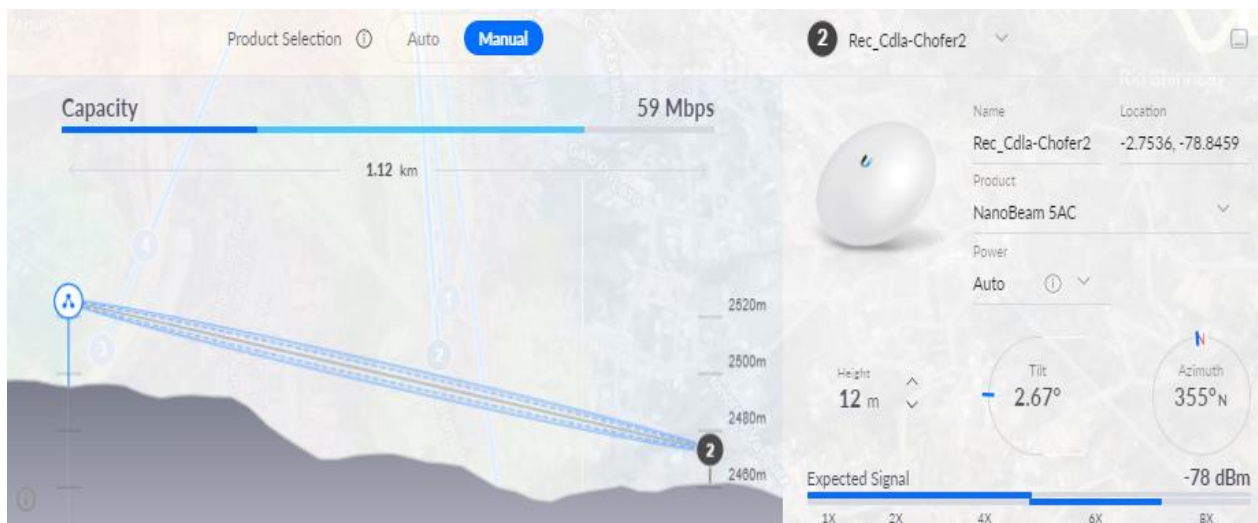


Figura 4.11 Enlace estación Rec_Chofer 2 AP-Matriz-1(ISP Design Center)

4.6.1.1.3. Estación Rec_INT1.

Este reconector está ubicado en la autopista Cuenca Azogues y según la información Radio Mobile tiene una altitud de 2498.7 msnm. La figura 4.12 muestra la simulación del enlace según Radio Mobile.

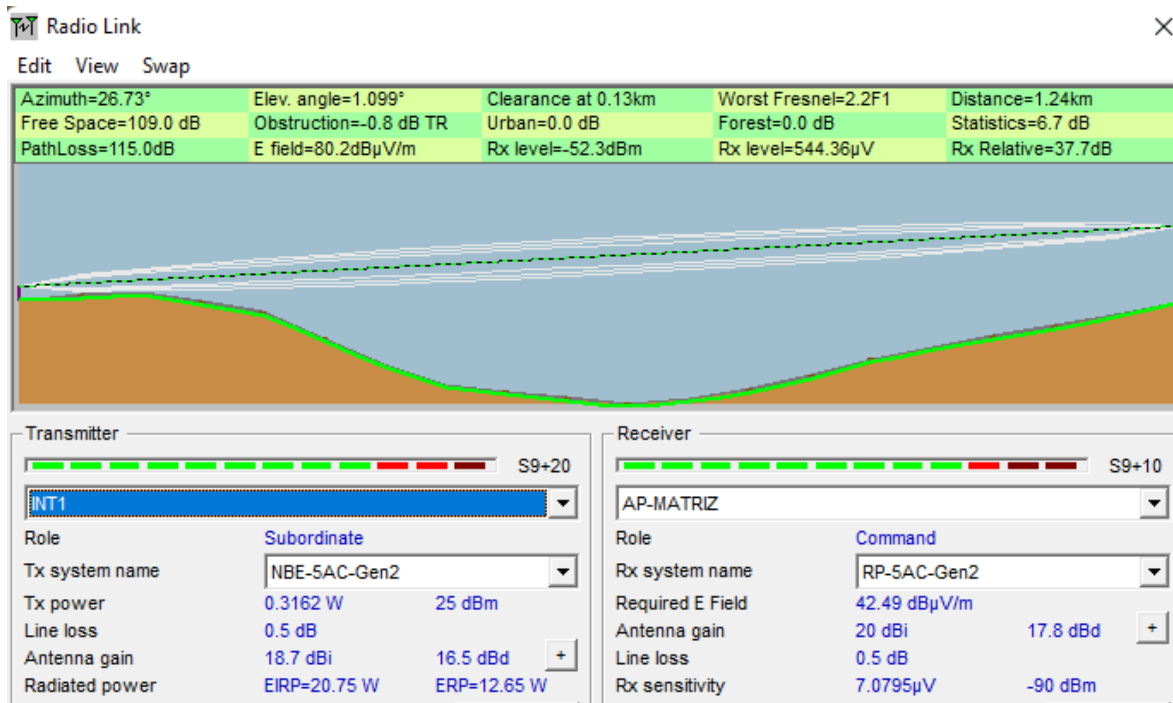


Figura 4.12 Enlace estación Rec_INT1 AP-Matriz-1 (Radio Mobile)

La distancia del enlace es de 1.24 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo como peor obstáculo un valor de 2.2 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 26.73° y una elevación de 1°, obteniendo según la simulación un nivel de señal de recepción de -52.3 dBm y 37.7 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 109 dB.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. Lo cual se puede comparar con los resultados obtenidos con el simulador de Ubiquiti, la figura 4.13 muestra los resultados de este simulador. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace incluso se

puede apreciar la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

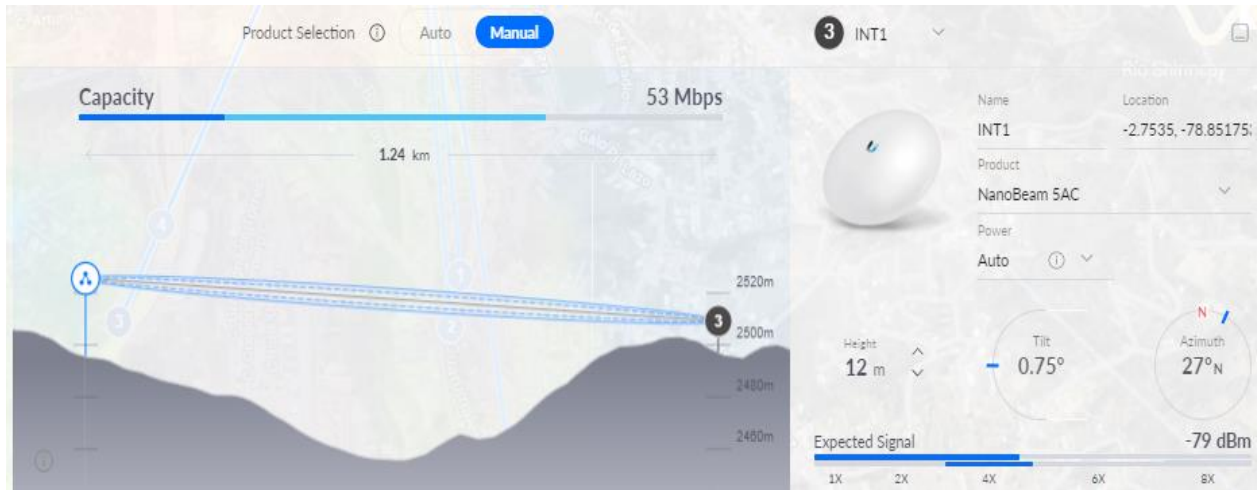


Figura 4.13 Enlace estación Rec_INT1 AP-Matriz-1(ISP Design Center)

4.6.1.1.4. Estación Rec_INT2.

La Figura 4.14 detalla la simulación para el enlace entre el reconector INT2 y AP-Matriz-1.

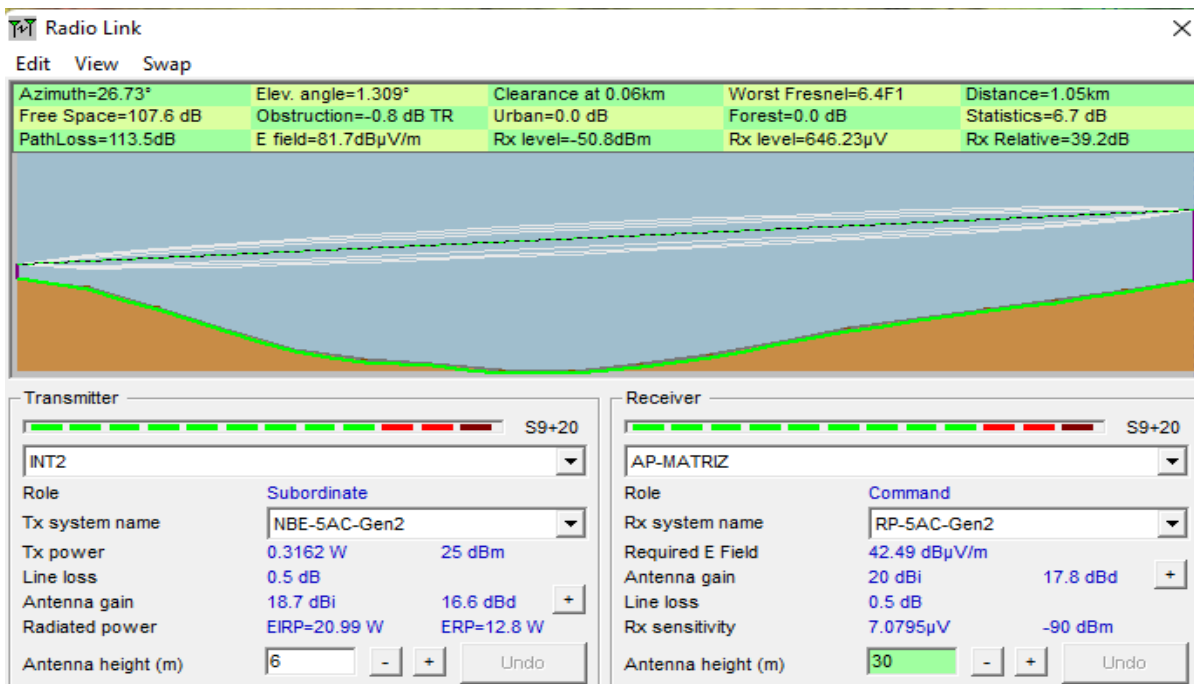


Figura 4.14 Enlace estación INT2 AP-Matriz-1 (Radio Mobile).

Este reconector está ubicado en la autopista Cuenca Azogues y tiene una altitud de 2498.4 msnm.

La distancia del enlace es de 1.05 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 6.4 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 26.73° y una elevación de 1.3° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -50.8 dBm y 39.2 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 107.6 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.15 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad el enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

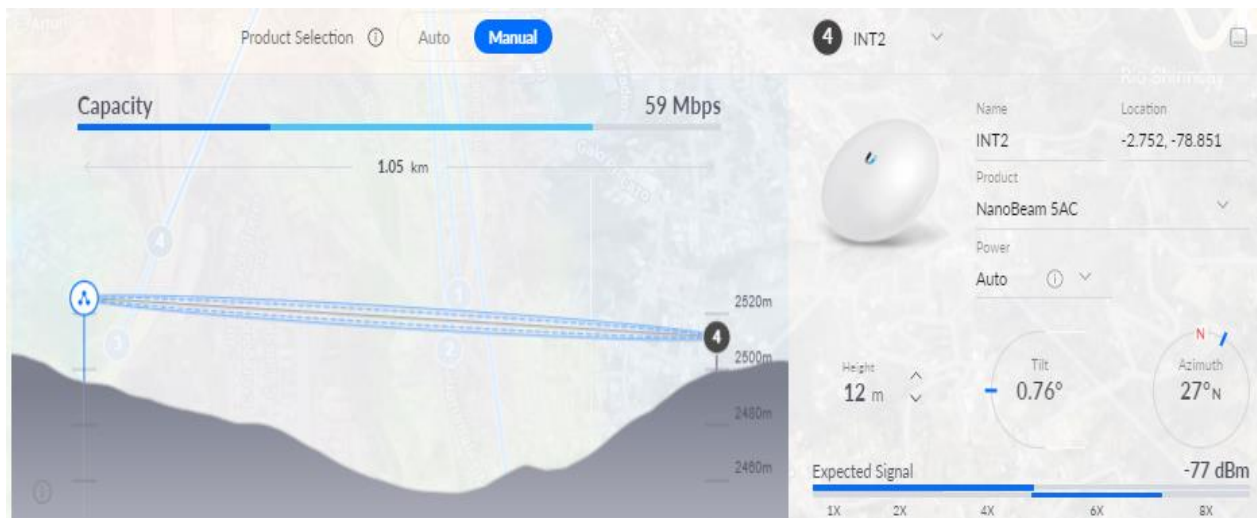


Figura 4.15 Enlace estación INT2 AP-Matriz-1(ISP Design Center).

4.6.1.1.5. Estación Rec_INT3.

Este reconector está ubicado en la autopista Cuenca Azogues y según la información Radio Mobile tiene una altitud de 2464.4 msnm. La figura 4.16 muestra la simulación del enlace según Radio Mobile.

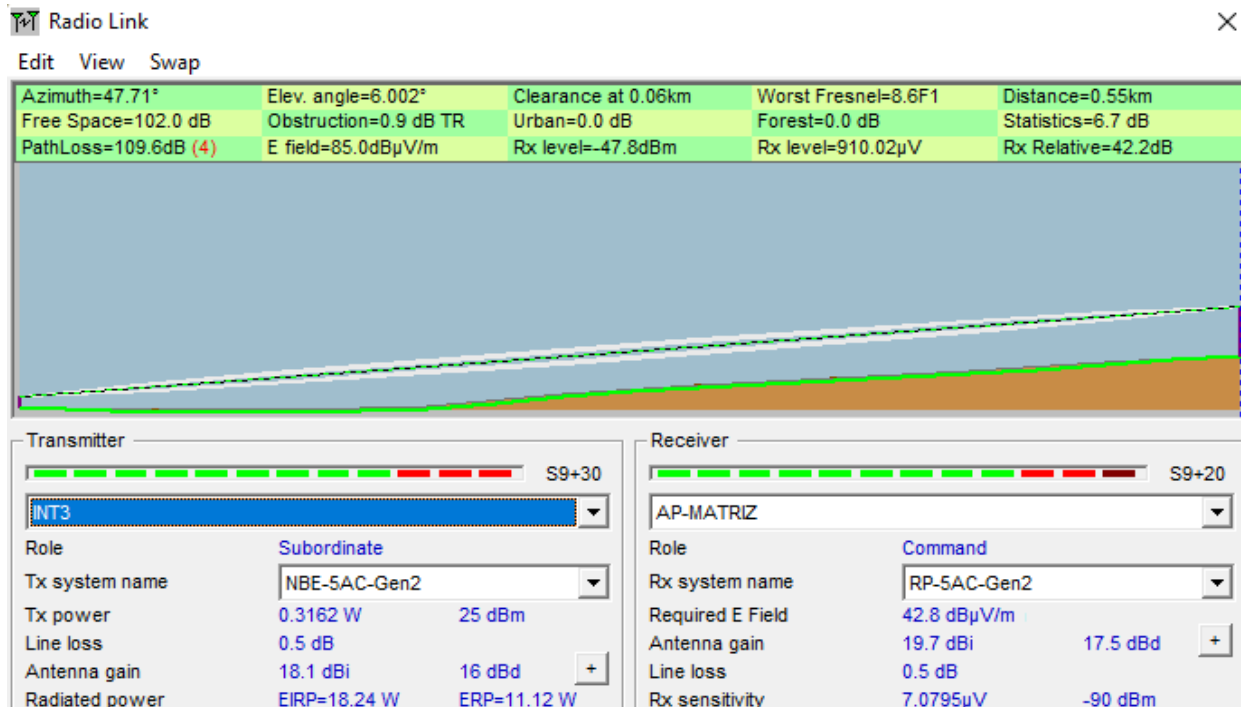


Figura 4.16 Enlace estación Rec_INT3 AP-Matriz-1 (Radio Mobile).

La distancia del enlace es de 0.55 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo como peor obstáculo un valor de 8.6 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 47.71° y una elevación de 6°, obteniendo según la simulación un nivel de señal de recepción de -47.8 dBm y 42 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 109.6 dB.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. Lo cual se puede comparar con los resultados obtenidos con el simulador de Ubiquiti, la figura 4.17 muestra los resultados de este simulador. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace incluso se

puede apreciar la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

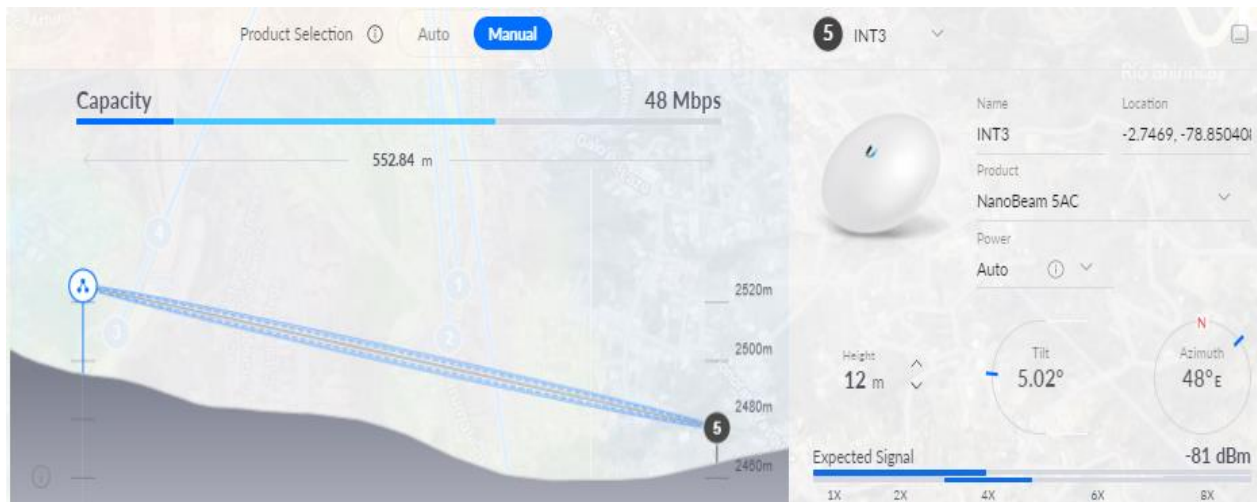


Figura 4.17 Enlace estación Rec_INT3 AP-Matriz-1(ISP Design Center).

4.6.1.1.6. Estación BID_VI_RECM_QuisQuis.

Este reconector está ubicado en el sector conocido como Quisquis y según la información Radio Mobile tiene una altitud de 2481.8 msnm. La figura 4.18 muestra la simulación del enlace según Radio Mobile.

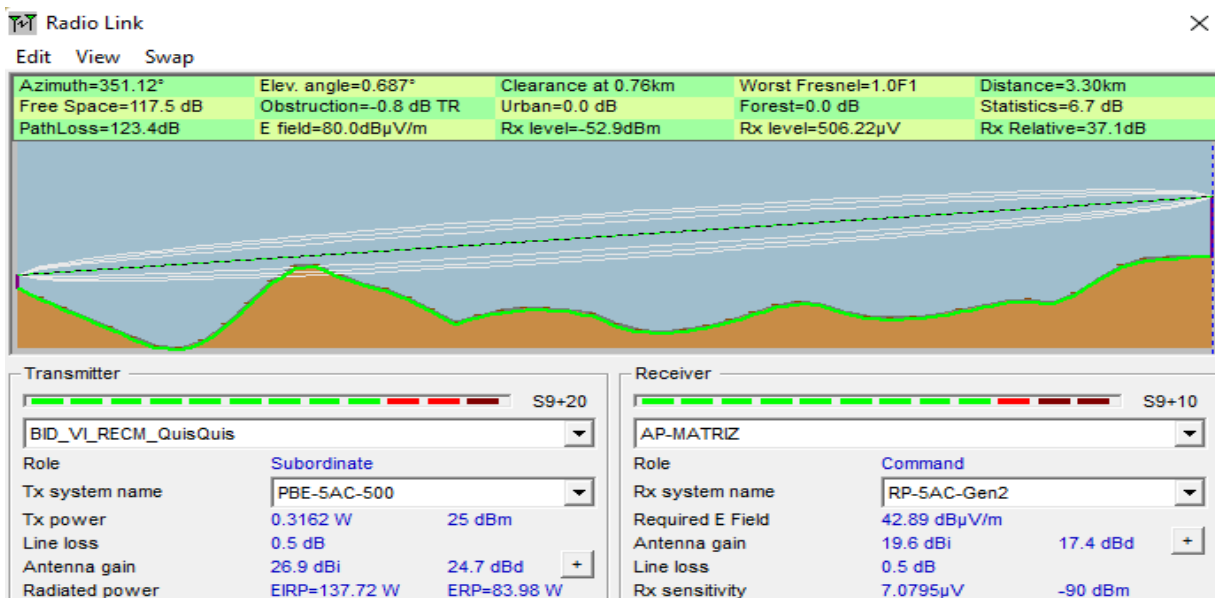


Figura 4.18 Enlace estación BID_VI_RECM_QuisQuis AP-Matriz-1 (Radio Mobile).

La distancia del enlace es de 3.3 Km y se puede apreciar un potencial obstáculo de la zona de Fresnel teniendo en este punto 1.0 veces la primera zona de Fresnel despejada. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 351° y una elevación de 0.6° , obteniendo según la simulación un nivel de señal de recepción de -52.9 dBm y 37.1 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 117.5 dB.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. Lo cual se puede comparar con los resultados obtenidos con el simulador de Ubiquiti, la figura 4.19 muestra los resultados de este simulador. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace incluso se puede apreciar la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

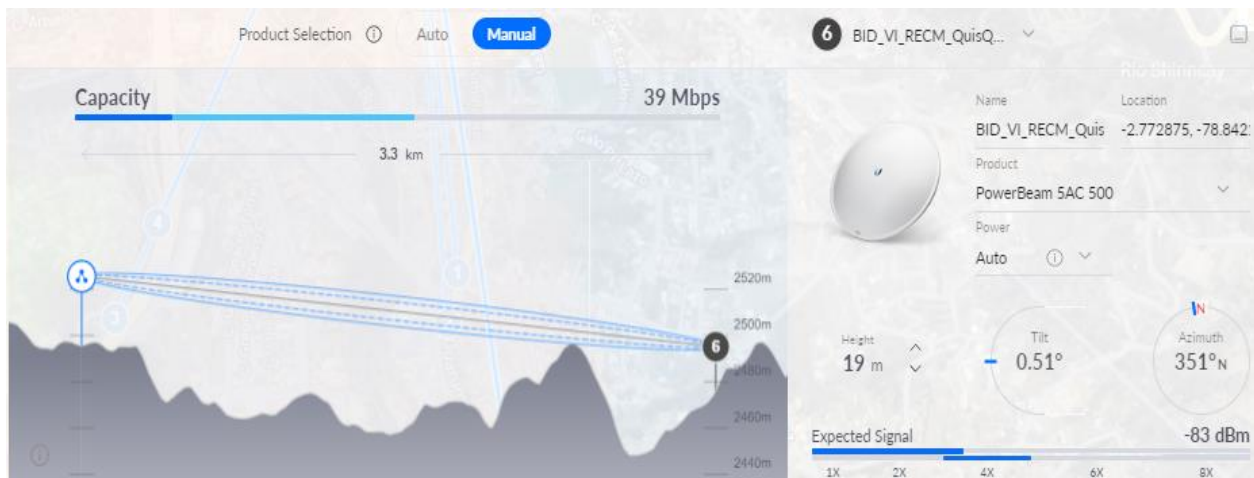


Figura 4.19 Enlace estación BID_VI_RECM_QuisQuis AP-Matriz-1(ISP Design Center).

4.6.1.2 Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-2.

Basados en el análisis del enlace PMP anterior, se procede a crear el segundo enlace PMP llamado Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-2 que dará cobertura a la zona norte de la ciudad cubriendo en un inicio los reconectores Rec_Esc.16_Abril, Rec_Vintimilla y F. Carrasco, REC_IEES, REC_ZHINDILIG, Rec_Bayas, BID_V_Rec_subterranas y

BID_VI_RECM_Molobog. Este AP tiene una antena sectorial de 90° que permite dar cobertura a todas las estaciones mencionadas.

La figura 4.20 muestra la simulación de cobertura que daría dicha antena, permitiendo interconectar cada uno de los reconectores de la zona norte.

La diferencia más notoria con respecto al enlace PMP anterior es que existen 2 reconectores que se encuentran a mayor distancia que el resto, es por eso que para los reconectores más distantes se considera otro modelo de antena que presente mayor ganancia.

Este AP tendrá 7 estaciones conectadas permitiendo la conexión de los reconectores antes mencionados. Similar al enlace PMP anterior, la antena AP estará situada en la terraza del 3er piso del edificio de la EEA y contará con una altura aproximada de 25-30 metros.

De la misma manera se presenta un breve análisis para cada enlace entre la estación de cada reconector y el AP en las oficinas de la EEA.

La tabla 6 muestra la lista de conectores que conforman este enlace PMP, además de su geolocalización y la distancia del enlace inalámbrico.

Tabla 6 Reconectores que conforman el enlace PMP AP-Matriz-1.

Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-2			
Nombre	Latitud	Longitud	Distancia al AP(Km)
Rec Esc.16 Abril	-2.738832	-78.844299	0.59
Rec Vintimilla y F. Carrasco	-2.735971	-78.842497	0.97
REC IEES	-2.735942	-78.841302	1.04
REC ZHINDILIG	-2.703945	-78.860643	4.67
Rec Bayas	-2.734636	-78.839101	1.31
BID V Rec subterranas	-2.740287	-78.848999	0.44
BID VI RECM Molobog	-2.701427	-78.842289	4.71

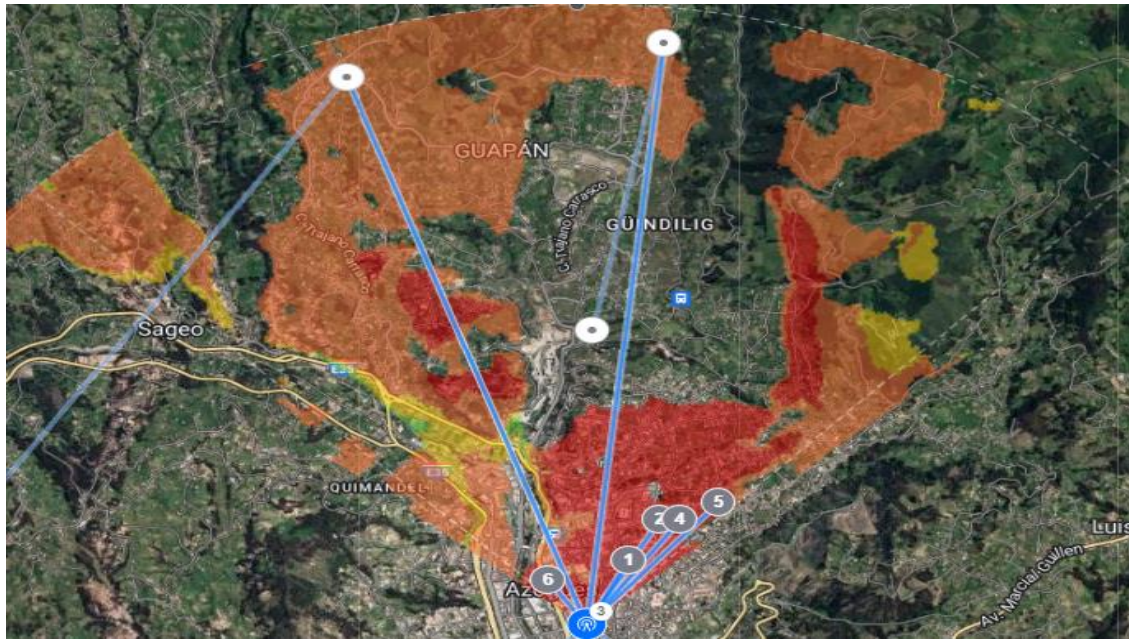


Figura 4.20 Cobertura Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-2 (ISP Design Center)

4.6.1.2.1. Estación Rec_Esc.16_Abril.

La Figura 4.21 detalla la simulación para el enlace entre el reconector Rec_Esc.16_Abril y AP-Matriz-2.

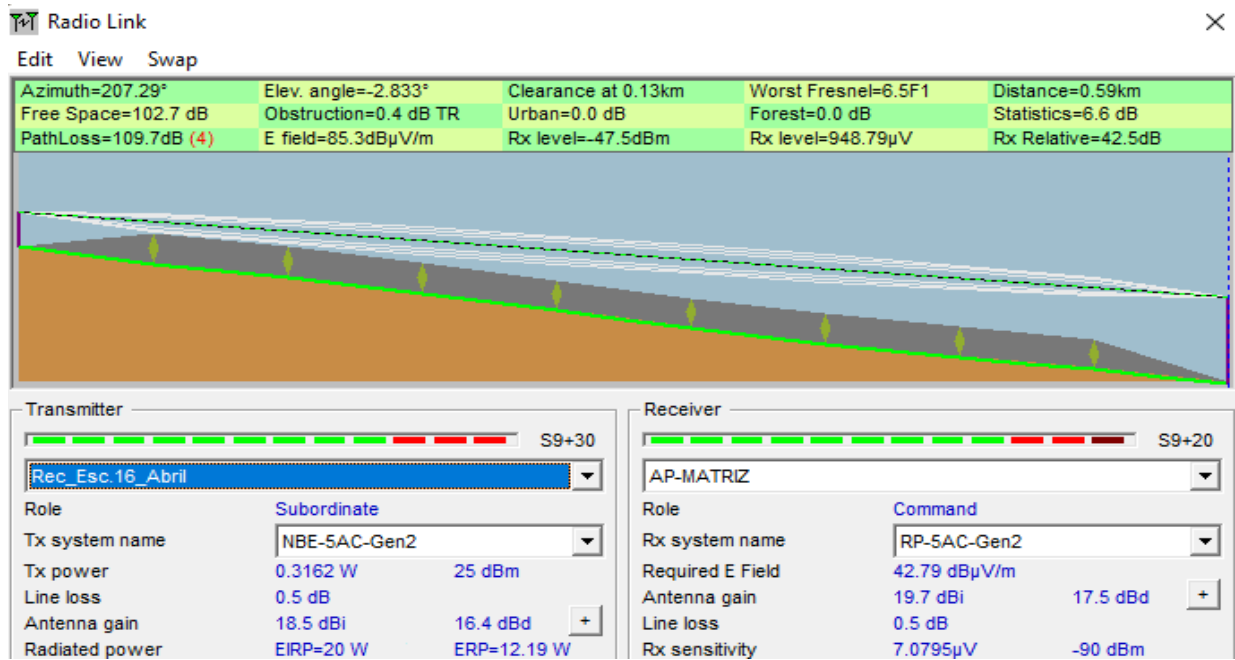


Figura 4.21 Enlace estación Rec_Esc.16_Abril AP-Matriz-2 (Radio Mobile).

Este reconector está ubicado por el sector de la Escuela 16 de Abril tiene una altitud de 2545.4 msnm.

La distancia del enlace es de 0.59 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 6.5 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 207.29° y una elevación de -2.8° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -47.5 dBm y 42.5 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 109.7 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.22 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

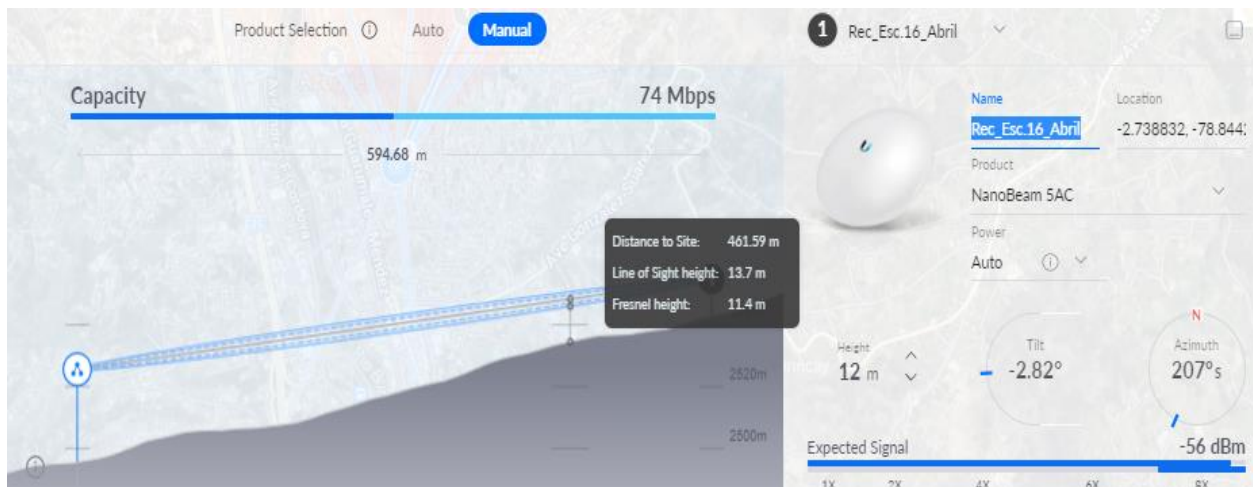


Figura 4.22 Enlace estación *Rec_Esc.16_Abril* AP-Matriz-2 (ISP Design Center).

4.6.1.2.2. Estación *Rec_Vintimilla* y *F. Carrasco*.

Según la información Radio Mobile este reconector tiene una altitud de 2568.6 msnm. La figura 4.23 muestra la simulación del enlace según Radio Mobile.

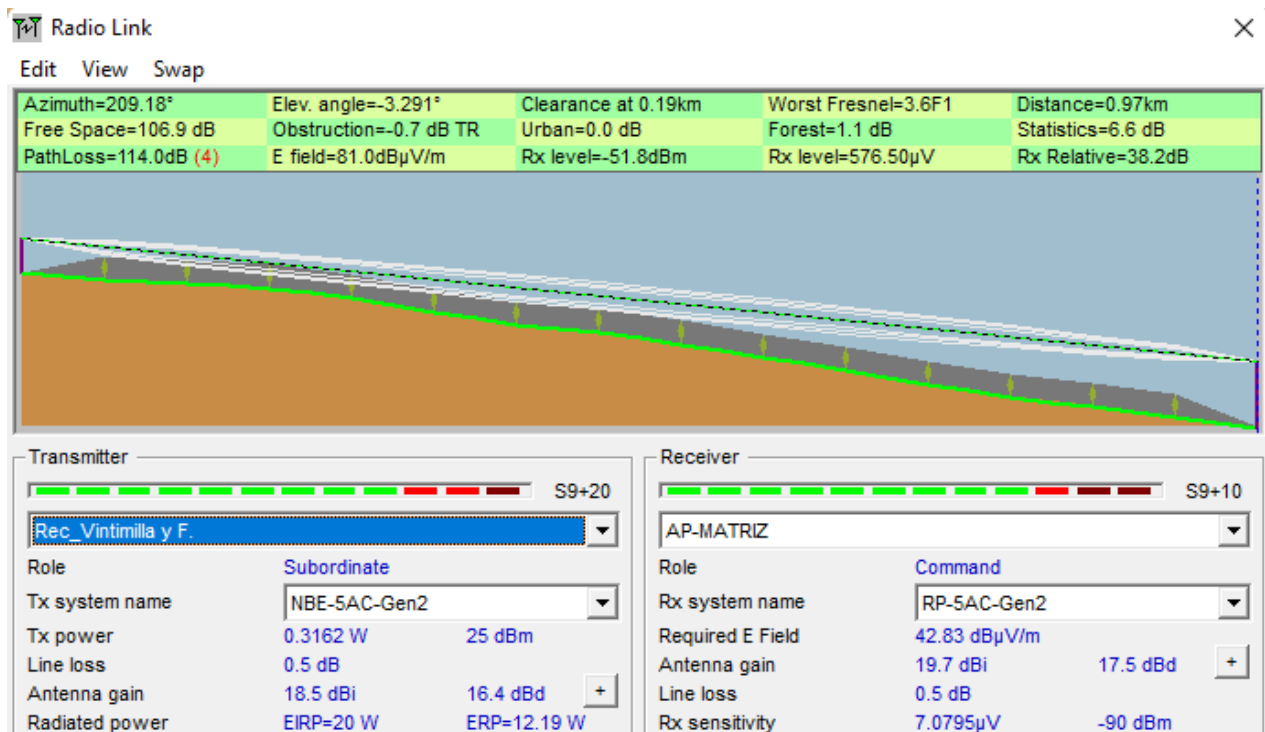


Figura 4.23 Enlace estación Rec_Vintimilla y F. Carrasco AP-Matriz-2 (Radio Mobile).

La distancia del enlace es de 0.97 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo como peor obstáculo un valor de 3.6 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 209.18° y una elevación de -3.3°, obteniendo según la simulación un nivel de señal de recepción de -51.8 dBm y 38.2 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 114 dB.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. Lo cual se puede comparar con los resultados obtenidos con el simulador de Ubiquiti, la figura 4.24 muestra los resultados de este simulador. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace incluso se puede apreciar la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

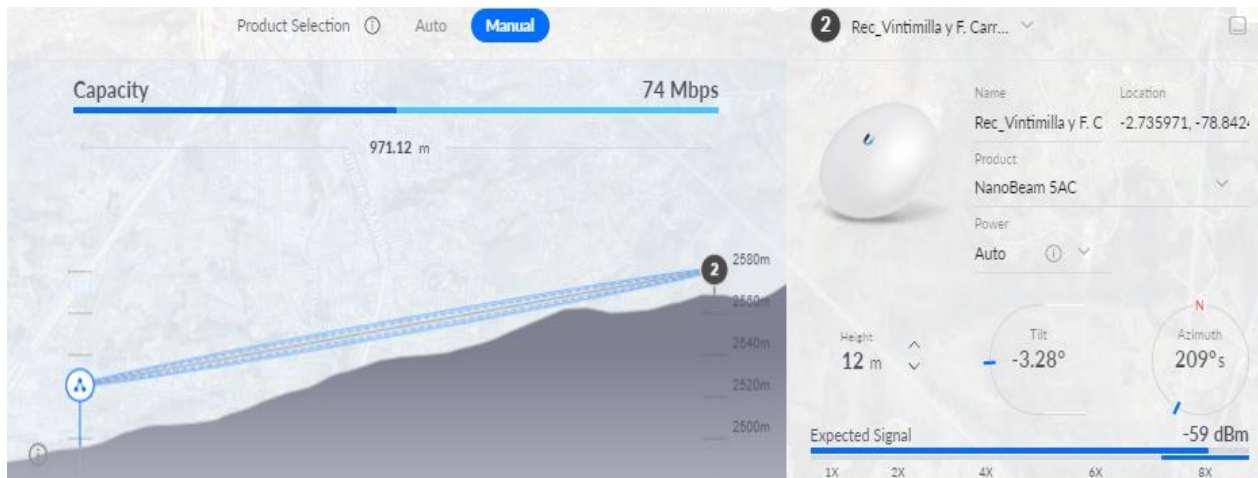


Figura 4.24 Enlace estación Rec_Vintimilla y F. Carrasco AP-Matriz-2(ISP D. Center).

4.6.1.2.3. Estación REC_IEES.

La Figura 4.25 detalla la simulación para el enlace entre el reconector Rec_IESS y AP-Matriz-2.

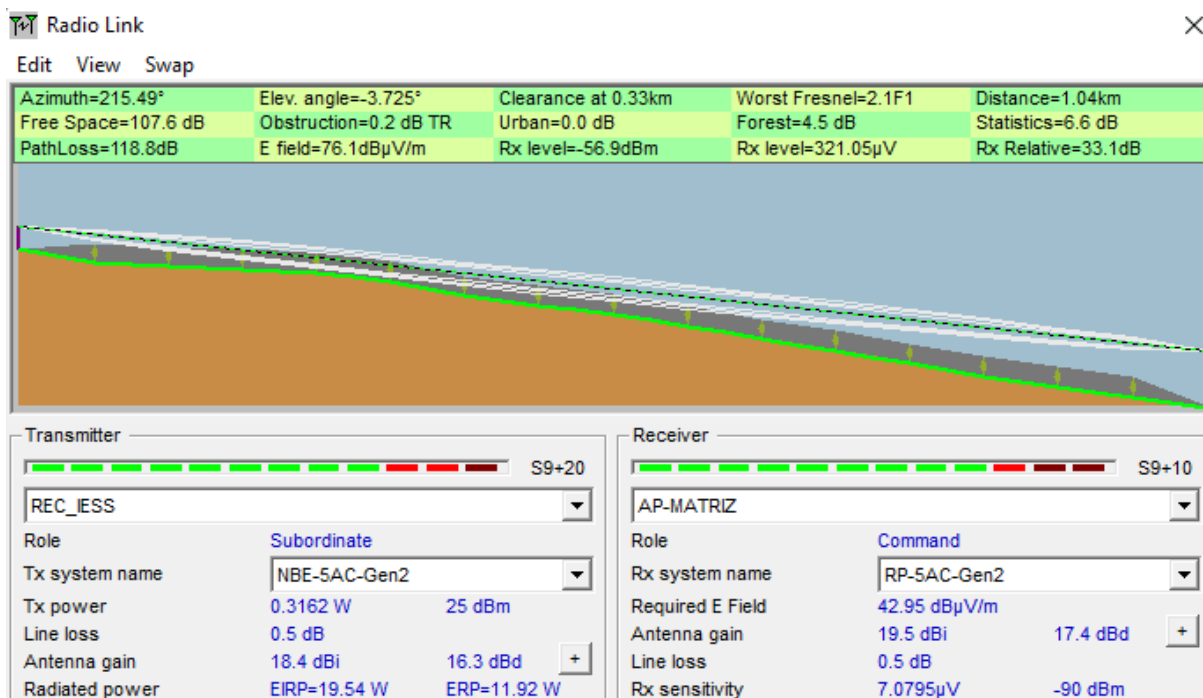


Figura 4.25 Enlace estación REC_IEES AP-Matriz-2 (Radio Mobile).

Este reconector está ubicado por el sector del Hospital del IEES y tiene una altitud de 2583.8 msnm.

La distancia del enlace es de 0.59 Km y se puede apreciar posible obstáculo en la zona de Fresnel, aunque la simulación muestra que en este punto existe valor de 2.1 veces despejada la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 215.45° y una elevación de -3.7° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -57 dBm y 33 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 118.8 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.26 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

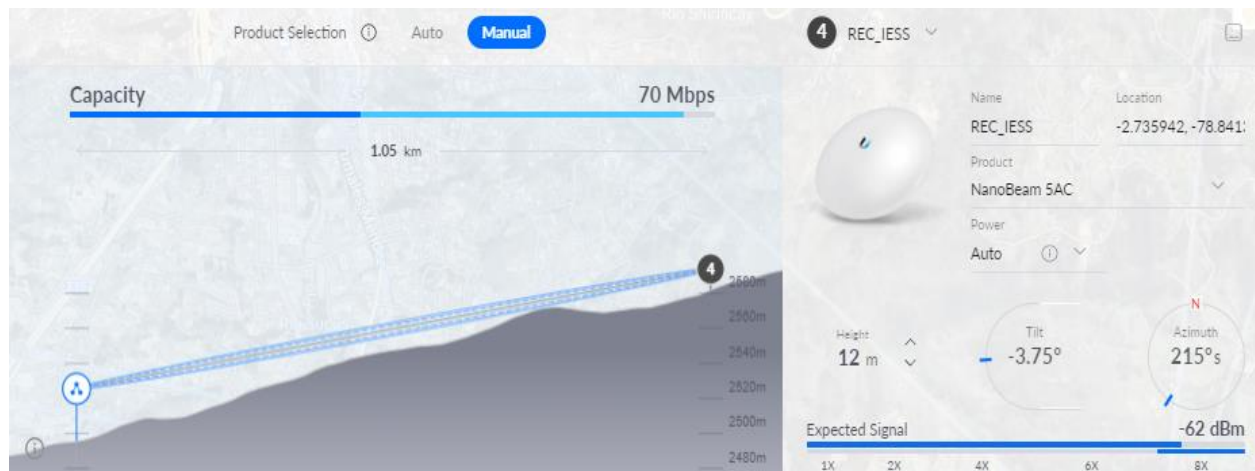


Figura 4.26 Enlace estación REC_IEES AP-Matriz-2 (ISP Design Center).

4.6.1.2.4. Estación Rec Zhindilig.

Este reconector está ubicado en Zhindilig y según la información Radio Mobile tiene una altitud de 2826.4 msnm. La figura 4.27 muestra la simulación del enlace según Radio Mobile.

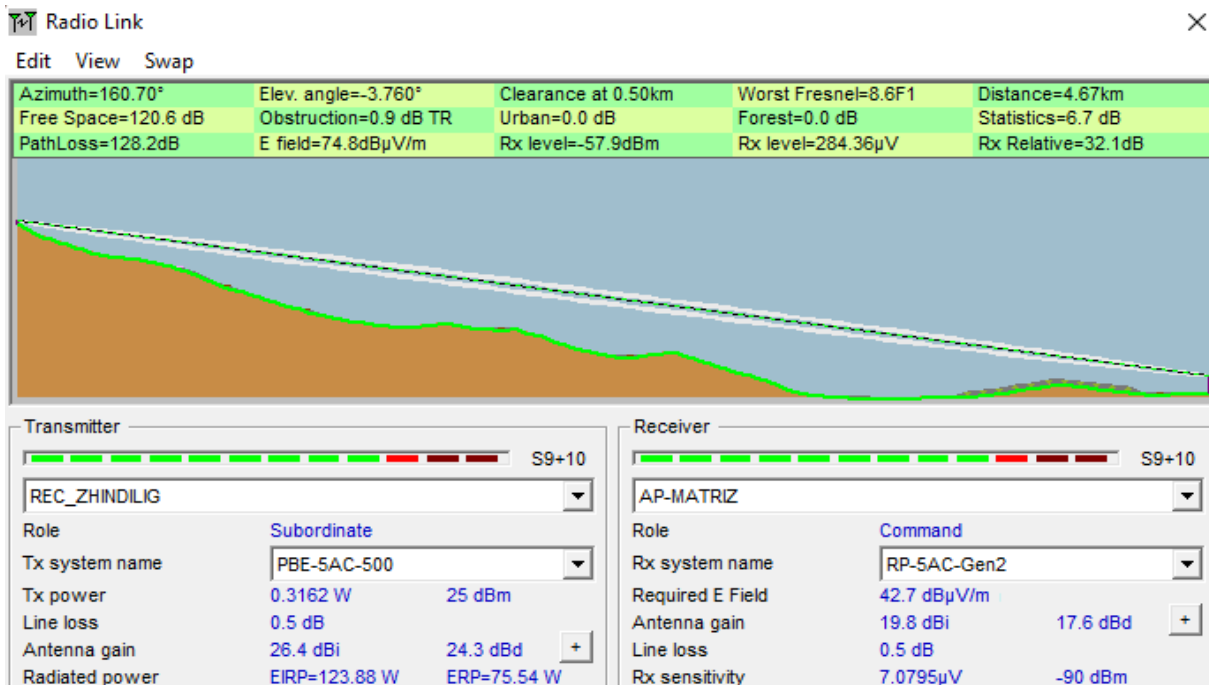


Figura 4.27 Enlace estación Rec Zhindilig AP-Matriz-2 (Radio Mobile).

La distancia del enlace es de 4.67 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo como peor obstáculo un valor de 8.6 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 160.7° y una elevación de -3.7°, obteniendo según la simulación un nivel de señal de recepción de -57.9 dBm y 32.1 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 128.2 dB.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. Lo cual se puede comparar con los resultados obtenidos con el simulador de Ubiquiti, la figura 4.28 muestra los resultados de este simulador. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace incluso se puede apreciar la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

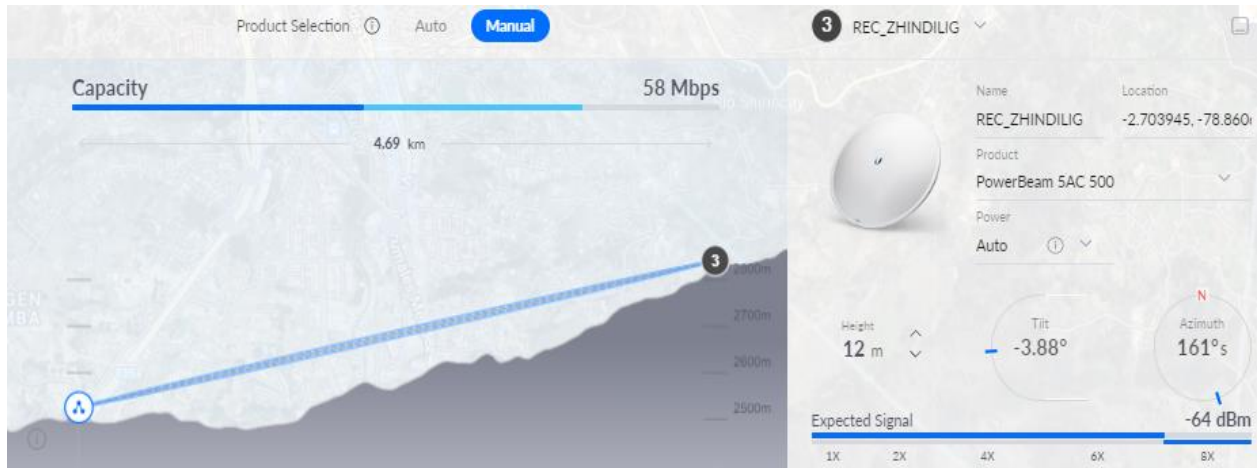


Figura 4.28 Enlace estación Rec Zhindilig AP-Matriz-2(ISP Design Center).

4.6.1.2.5. Estación Rec_Bayas.

La Figura 4.29 detalla la simulación para el enlace entre el reconector Rec_Bayas y AP-Matriz-2.

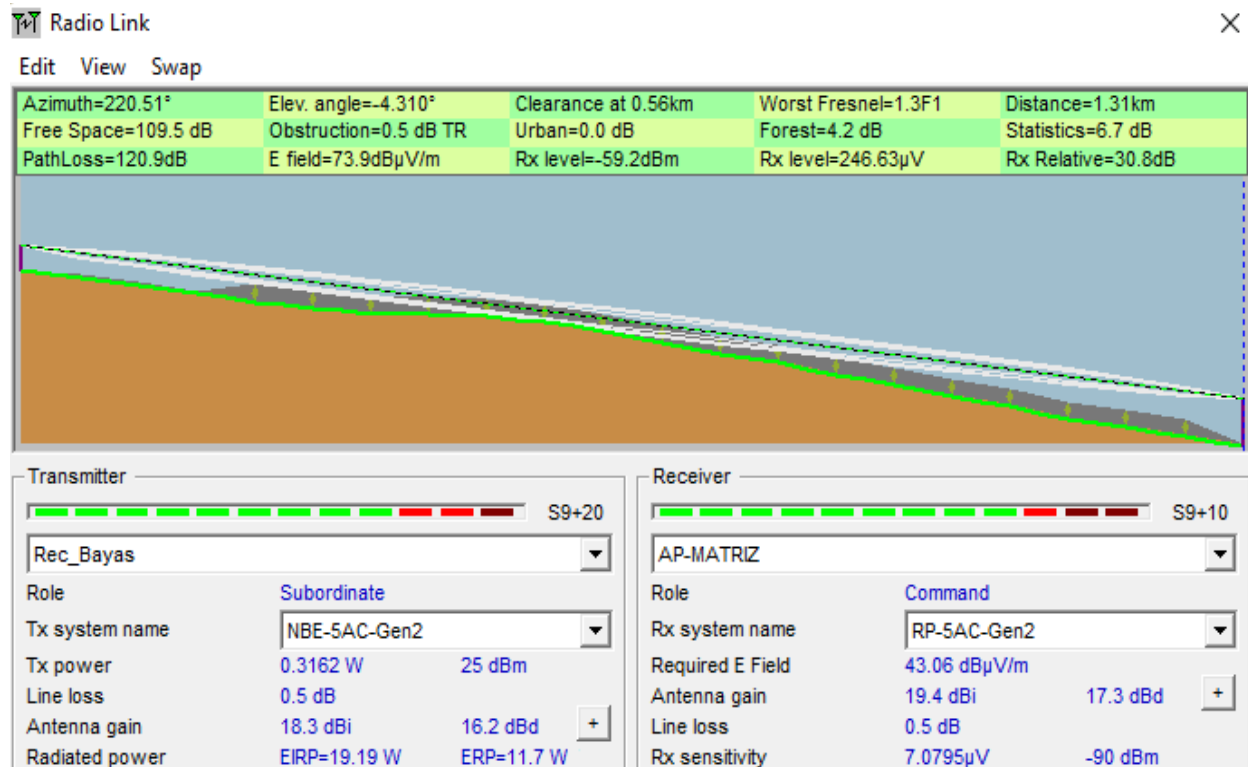


Figura 4.29 Enlace estación Rec_Bayas AP-Matriz-2 (Radio Mobile).

Este reconfigurador está ubicado por el sector del subcentro de Bayas y tiene una altitud de 2611.4 msnm.

La distancia del enlace es de 1.31 Km y se puede apreciar posible obstáculo en la zona de Fresnel, aunque la simulación muestra que en este punto existe un valor de 1.3 veces despejada la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 220.51° y una elevación de -4.3° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -59 dBm y 30.8 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 120.9 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.30 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

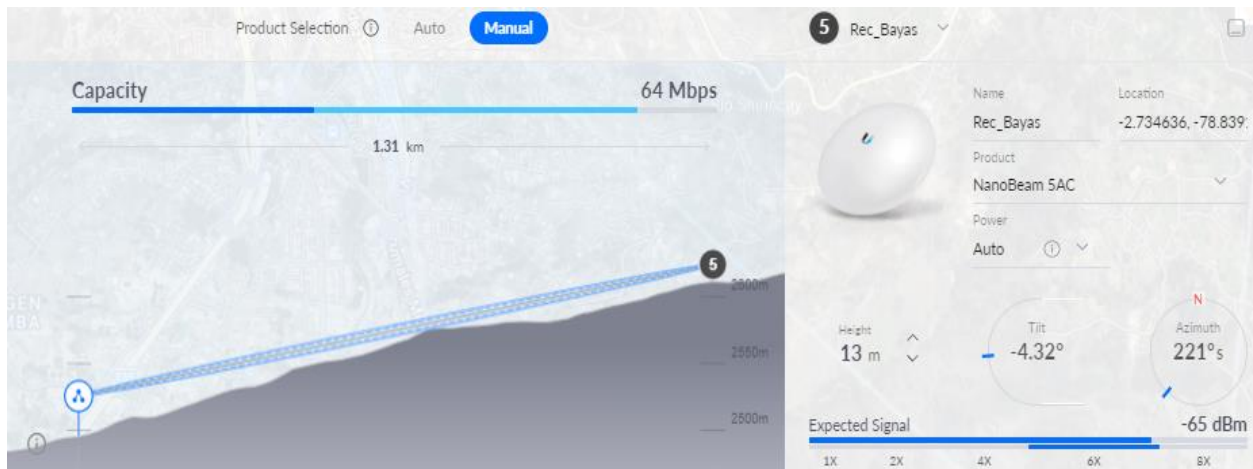


Figura 4.30 Enlace estación Rec_Bayas AP-Matriz-2 (ISP Design Center).

4.6.1.2.6. Estación BID_V_Rec_subterrneas.

Según la información de Radio Mobile la ubicación del reconfigurador tiene una altitud de 2502.4 msnm. La figura 4.31 muestra la simulación del enlace según Radio Mobile.

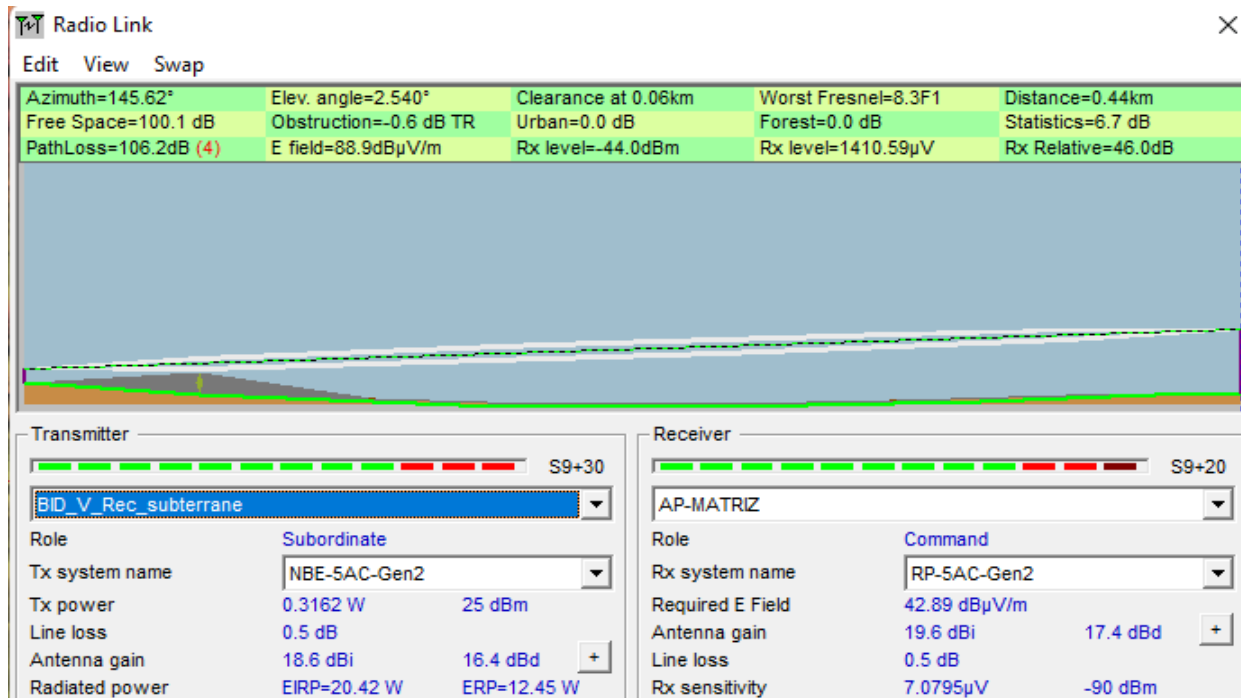


Figura 4.31 Enlace estación BID_V_Rec_subterraneas AP-Matriz-2 (Radio Mobile).

La distancia del enlace es de 0.44 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo como peor obstáculo un valor de 8.3 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 145.6° y una elevación de 2.5°, obteniendo según la simulación un nivel de señal de recepción de -44 dBm y 46 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 106.2 dB.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. Lo cual se puede comparar con los resultados obtenidos con el simulador de Ubiquiti, la figura 4.32 muestra los resultados de este simulador. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace incluso se puede apreciar la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

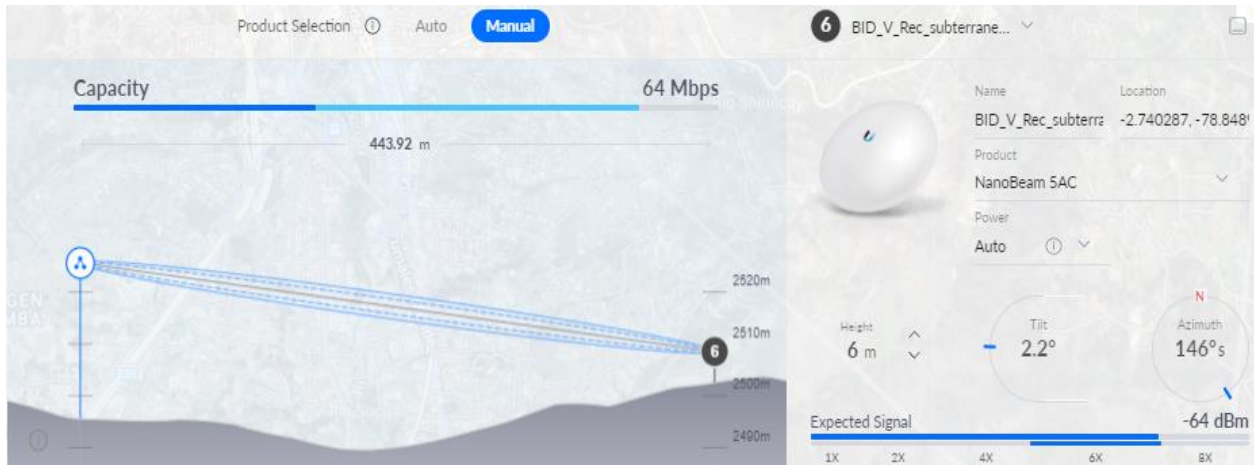


Figura 4.32 Enlace estación BID_V_Rec_subterraneas AP-Matriz-2(ISP Design Center).

4.6.1.2.7. Estación BID_VI_RECM_Molobog.

La Figura 4.33 detalla la simulación para el enlace entre el reconector BID_VI_RECM_Molobog y AP-Matriz-2.

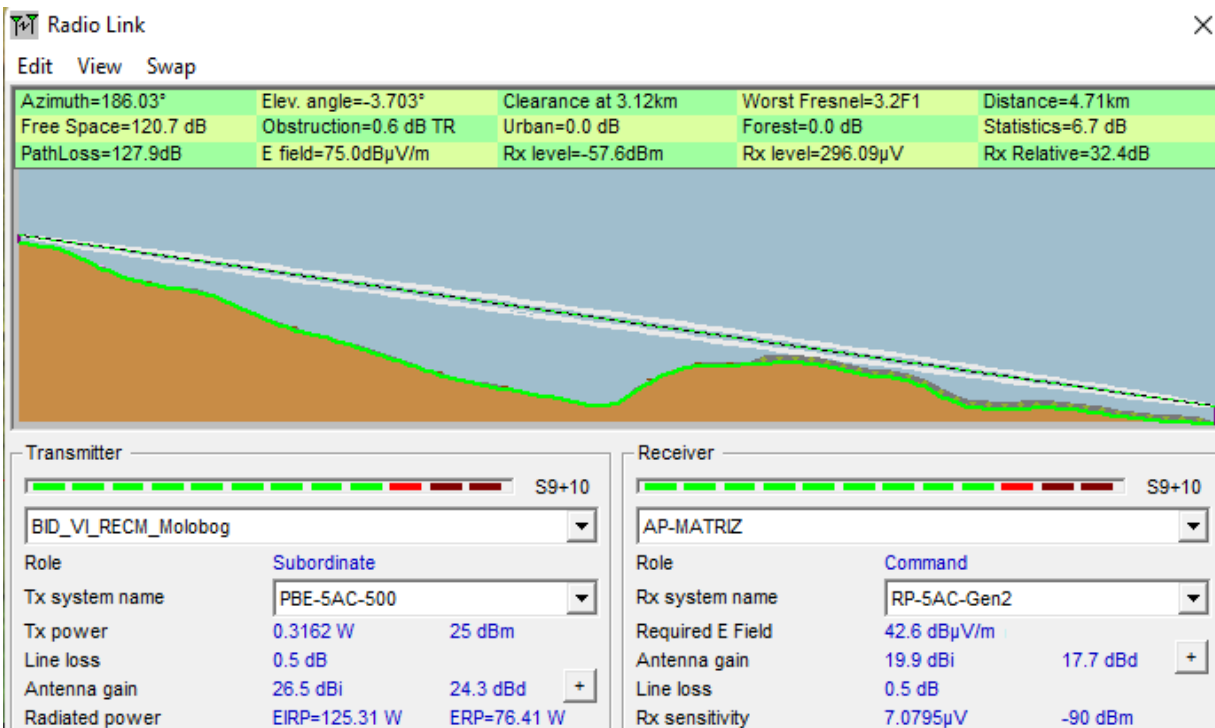


Figura 4.33 Enlace estación BID_VI_RECM_Molobog AP-Matriz-2 (Radio Mobile).

Este reconector está ubicado en el sector de Colobo tiene una altitud de 2818.4 msnm.

La distancia del enlace es de 4.71 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 3.2 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 186° y una elevación de -3.7° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -57.6 dBm y 34.2 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 129.7 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.34 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

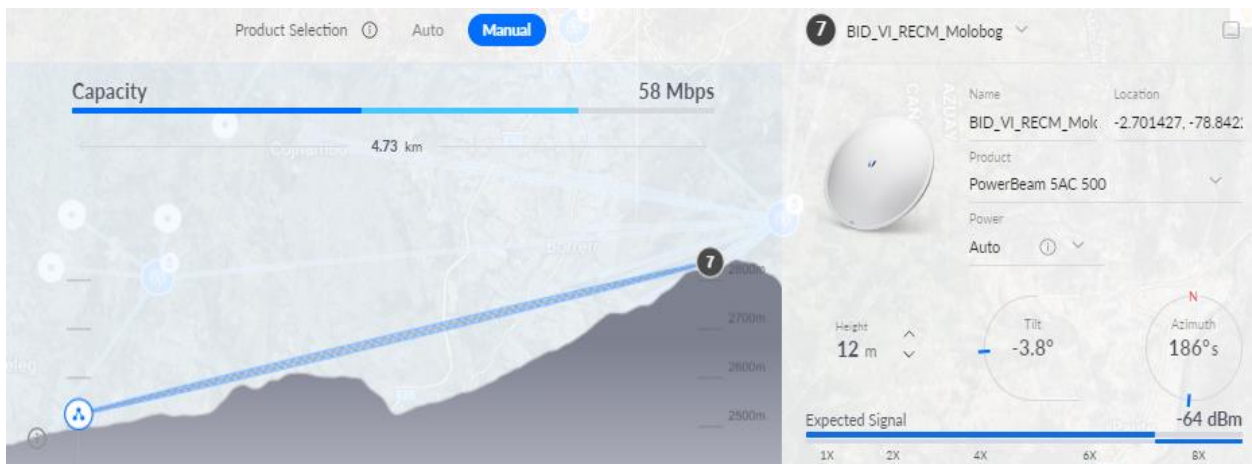


Figura 4.34 Enlace estación BID_VI_RECM_Molobog AP-Matriz-2 (ISP Design Center).

4.6.1.3 Enlace Punto-Multipunto AP-Quisquis.

El siguiente enlace Punto-Multipunto pretende dar cobertura a los reconectores ubicados en los sectores de Tablón, San Miguel, Redondel de la Autopista, Capizhum, Universidad Nacional de Educadores, y Cojitambo. Como se mencionó con anterioridad la EEA tiene un Nodo de comunicación ubicado en el sector Quisquis ubicado específicamente en las coordenadas $-2.768724, -78.817235$. Este punto servirá para la ubicación de un nuevo punto de acceso para los reconectores de los sectores antes listados. Este nodo está a una altura de 2994.5 msnm.

La figura 4.35 tomada de Google Earth permite observar la distribución de los reconectores que se conectarán al AP Quisquis, en total este punto de acceso contará con 11 estaciones conectadas, esto permite dar cobertura a los reconectores faltantes ubicados en la ciudad de Azogues.

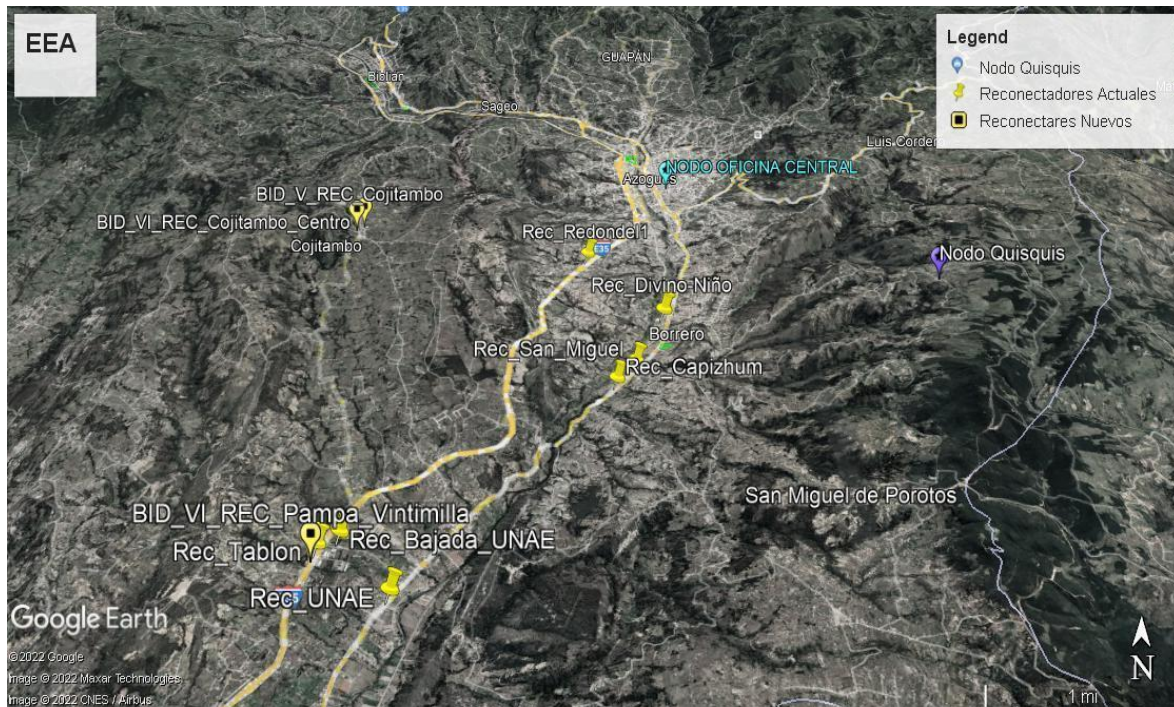


Figura 4.35 Ubicación de reconectores enlace PMP AP Quisquis.

Con la ayuda del simulador de Ubiquiti se puede tener una clara idea de la zona de cobertura colocando un AP en Quisquis y simulando los enlaces para cada estación (reconector) considerado en el diseño.

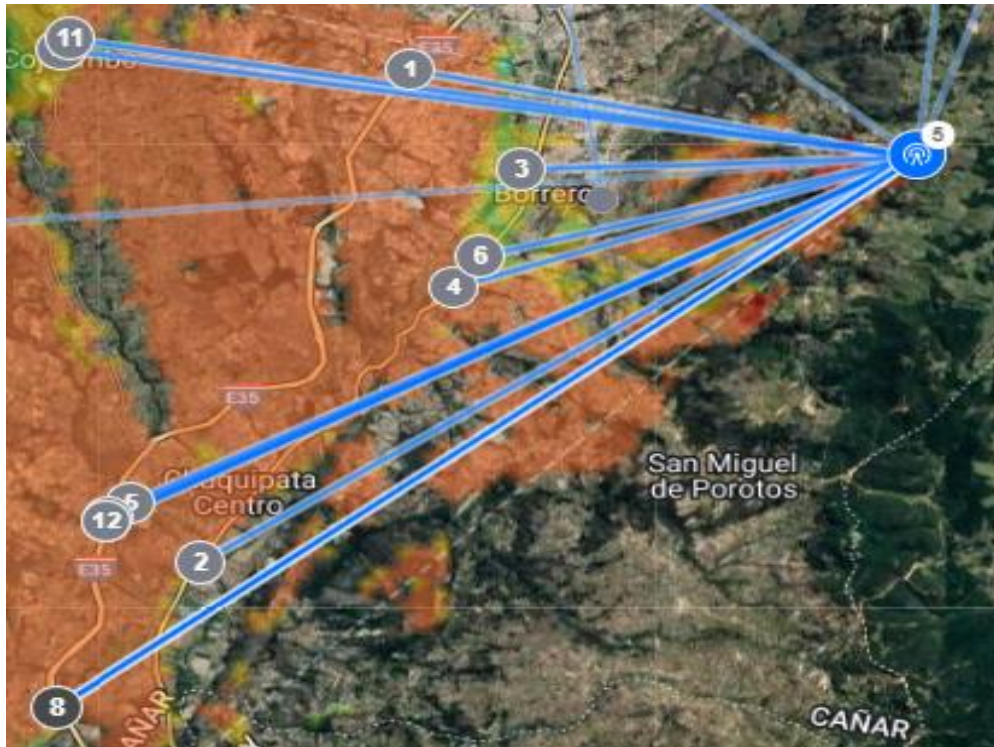


Figura 4.36 Simulación del enlace PMP AP Quiquis (ISP Design Center).

La figura 4.36 tomada del simulador de Ubiquiti muestra cual sería la zona de cobertura al colocar un AP con una antena sectorial de 60°, permitiendo dar cobertura a todos los reconectores involucrados. Mientras que la tabla 7 detalla las 11 estaciones a conectarse al AP Quisquis. Como se observa en los valores de la tabla estos enlaces son de distancias considerables, por lo cual se utilizan antenas con mejores características para las estaciones en los reconectores.

Tabla 7 Reconectores que conforman el enlace PMP AP-Quisquis.

Enlace Punto-Multipunto AP-Quisquis			
Nombre	Latitud	Longitud	Distancia al AP(Km)
Rec Redondell	-2.760372	-78.857342	4.55
Rec UNAE	-2.807062	-78.873982	7.60
Rec Divino-Niño	-2.769948	-78.848496	3.47
Rec Capizhum	-2.780952	-78.853907	4.29
Rec Bajada UNAE	-2.801403	-78.879378	7.80
Rec San Miguel	-2.778154	-78.851799	3.98
Rec Tablon	-2.802763	-78.881173	8.04
BID VI REC Zhullin	-2.822875	-78.884086	9.52
BID VI REC Tablon	-2.803206	-78.881289	8.08
BID V REC Cojitambo	-2.758532	-78.884984	7.60
BID VI REC Cojitambo Centro	-2.757618	-78.884266	7.54
BID VI REC Pampa Vintimilla	-2.803188	-78.881281	8.07

4.6.1.3.1. Estación Rec_Redondell.

La Figura 4.37 detalla la simulación para el enlace entre el reconector Rec_Redondell y AP-Quisquis.

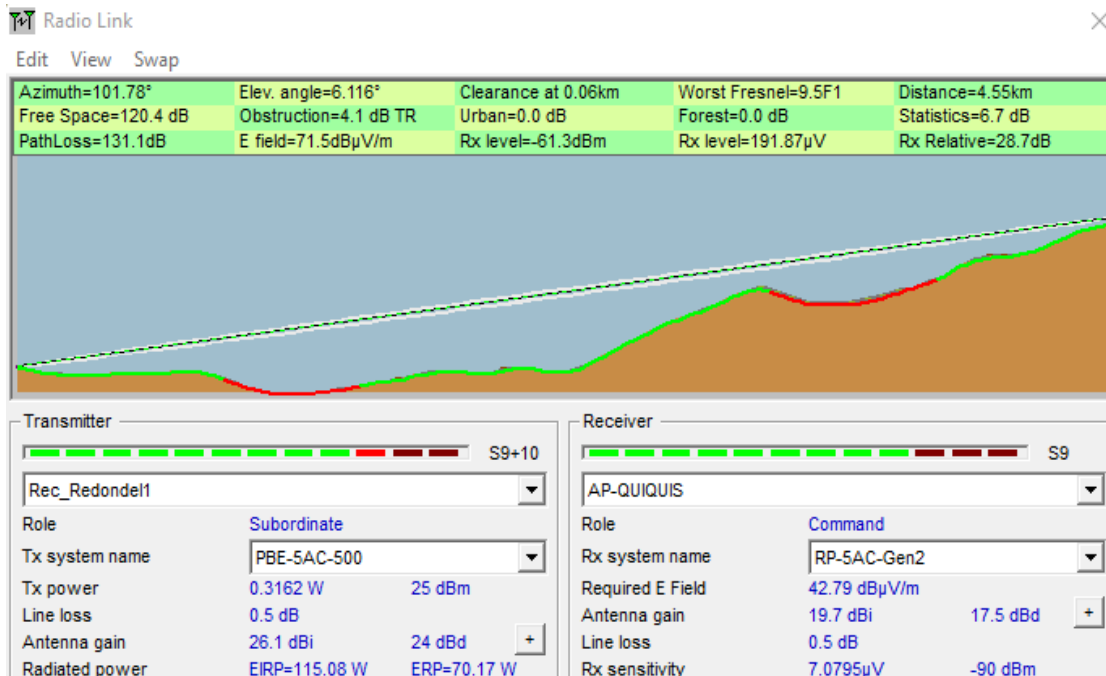


Figura 4.37 Enlace estación Rec_Redondell AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2513.2 msnm. La distancia del enlace es de 4.55 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 9.5 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 101.78° y una elevación de 6.1° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -61.3 dBm y 28.7 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 131.1 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.38 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

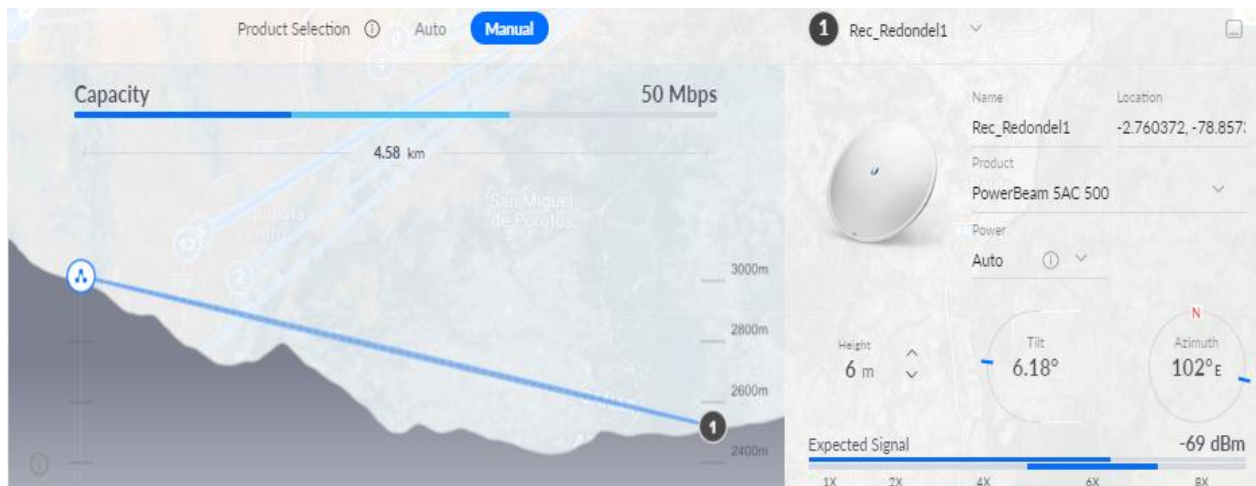


Figura 4.38 Enlace estación Rec_Redondel1 AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.1.3.2. Estación Recuña.

La Figura 4.39 detalla la simulación para el enlace entre el reconector Rec_Unae y AP-Quisquis.

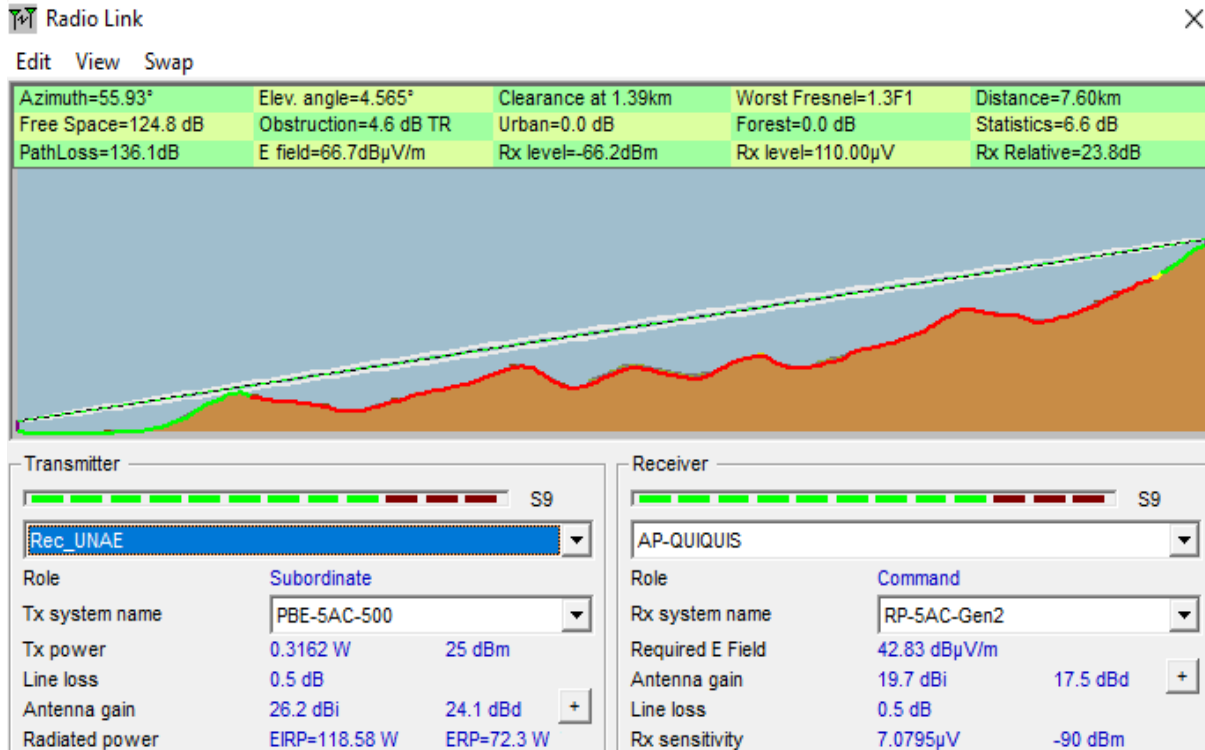


Figura 4.39 Enlace estación Rec_Unae AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2367.4 msnm. La distancia del enlace es de 7.6 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 1.3 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 55.93° y una elevación de 4.5°, obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -66.2 dBm y 23.8 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 136.1 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.40 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

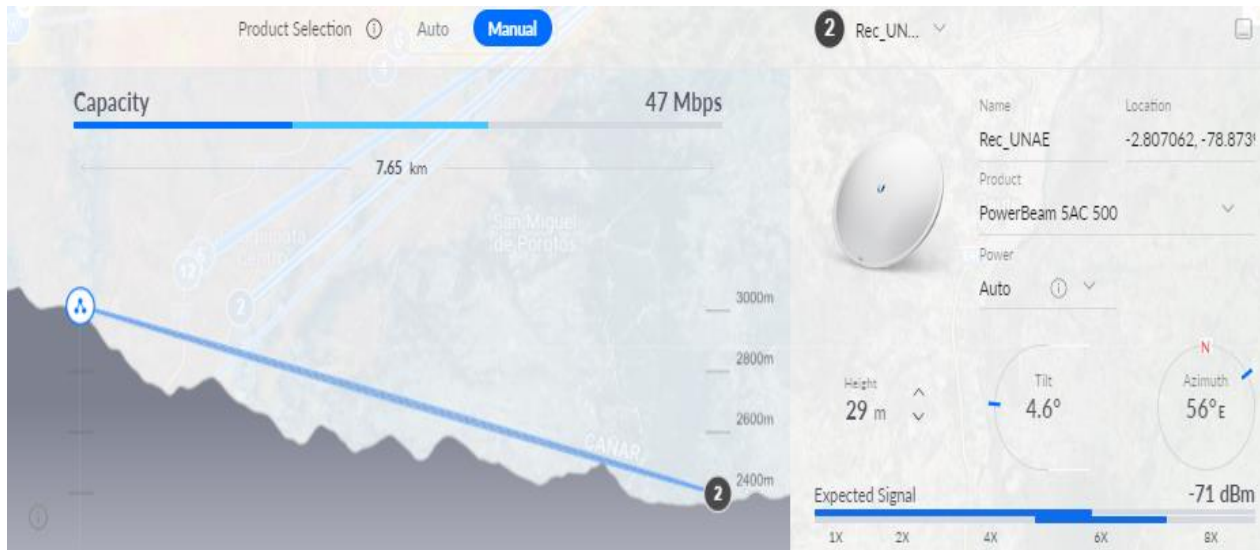


Figura 4.40 Enlace estación Rec_Unae AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.1.3.3. Estación Rec_Divino Niño.

La Figura 4.41 detalla la simulación para el enlace entre el reconector Rec_Divino Niño y AP-Quisquis.

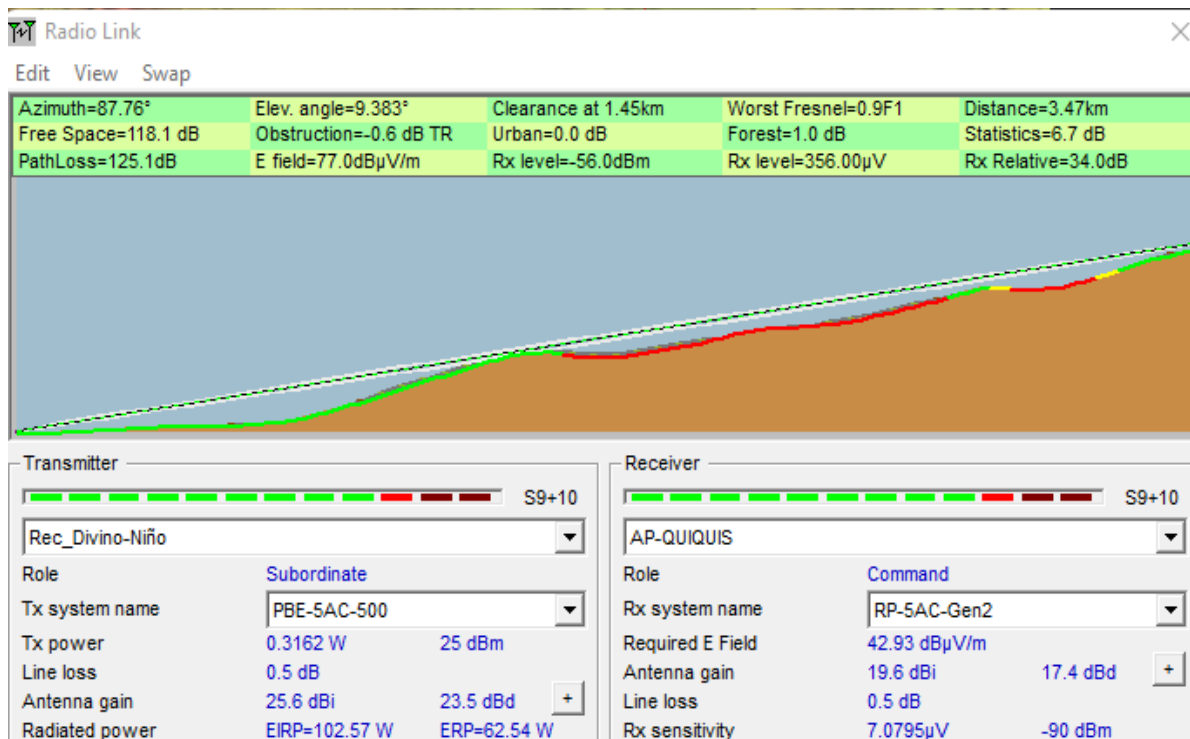


Figura 4.41 Enlace estación Rec_Divino Niño AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2427.6 msnm. La distancia del enlace es de 3.47 Km y se puede apreciar una posible obstrucción para el enlace. Aproximadamente a 1.4 km solamente se tiene un despeje de 0.9 veces la primera zona de Fresnel. Sin embargo, el simulador determina que el enlace es factible. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 87.7° y una elevación de 9.3°, obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -56 dBm y 34 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 125.1 dB aproximadamente.

La figura 4.42 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

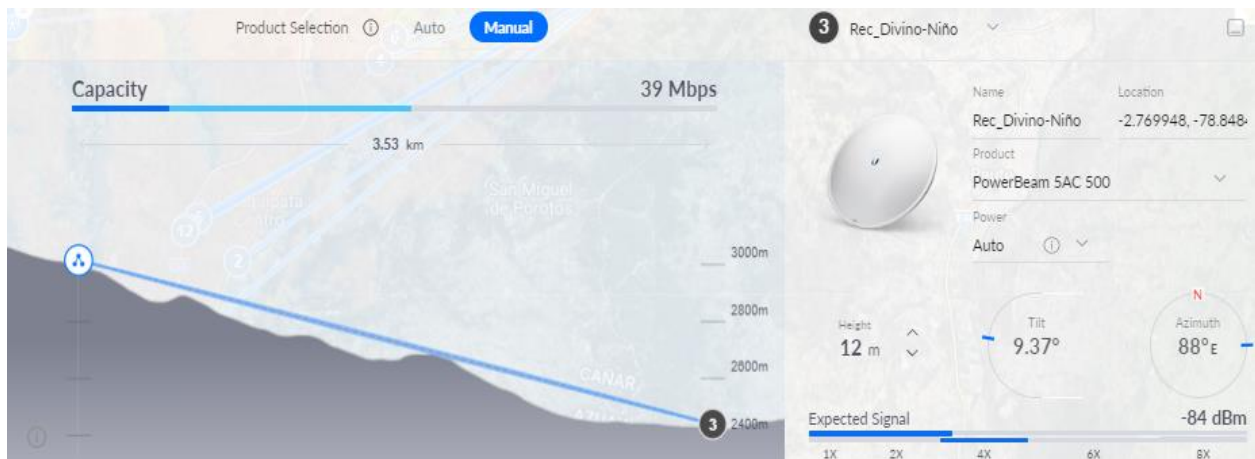


Figura 4.42 Enlace estación Rec_Divino Niño AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.1.3.4. Estación Rec_Capizhum.

La Figura 4.43 detalla la simulación para el enlace entre el reconector Rec_Capizhum y AP-Quisquis.

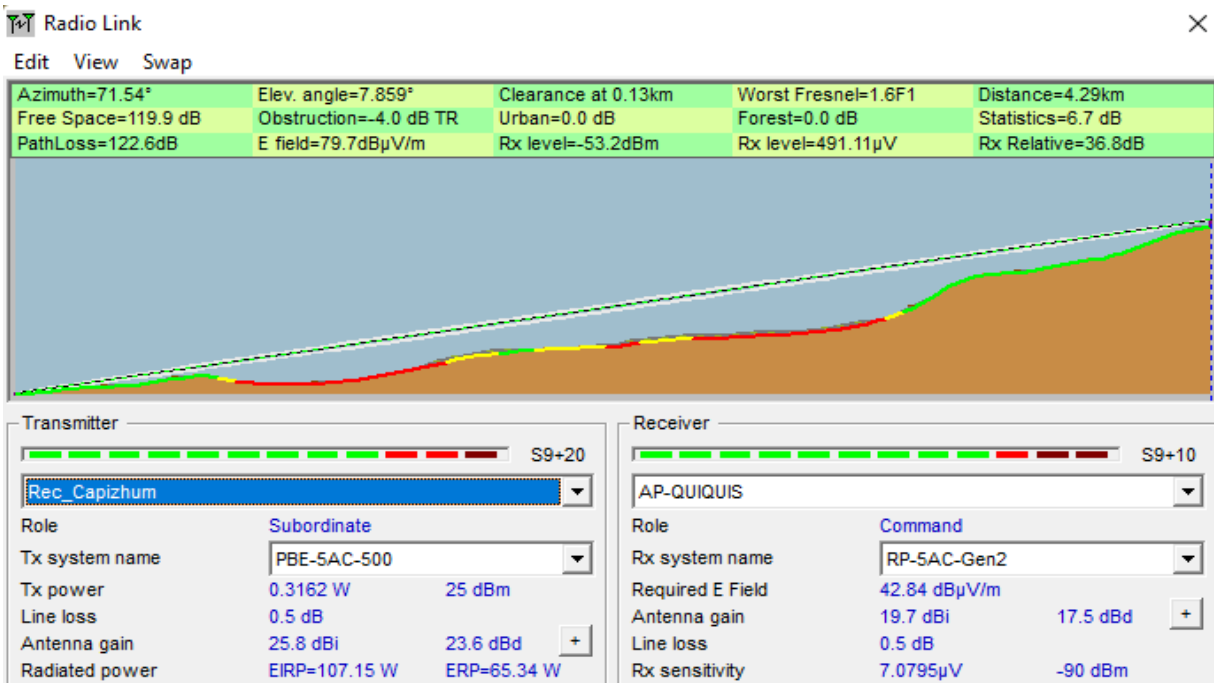


Figura 4.43 Enlace estación Rec_Capizhum AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2408.9 msnm. La distancia del enlace es de 4.29 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 1.6 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 71.5° y una elevación de 7.85°, obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -53.2 dBm y 36.8 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 122.6 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.44 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

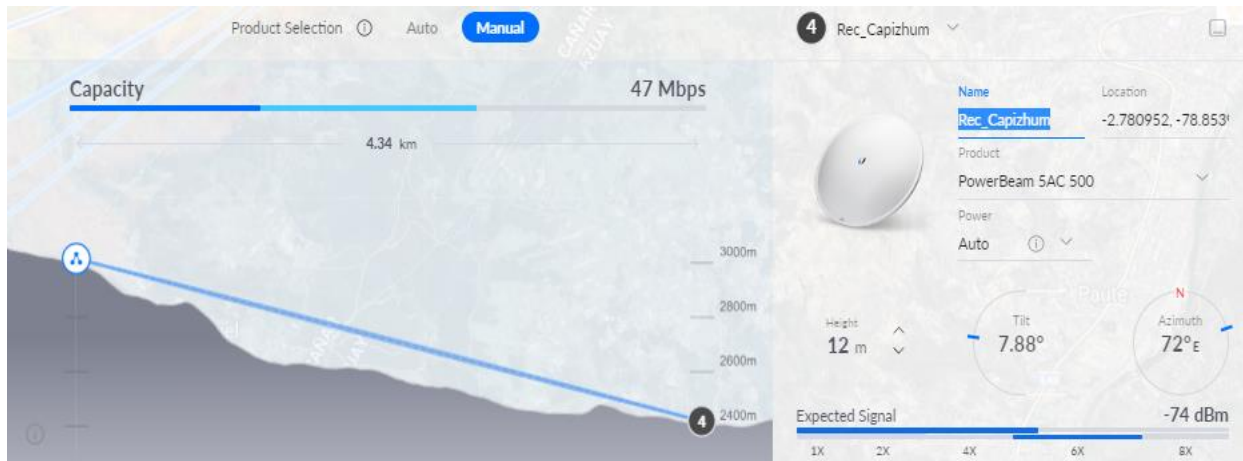


Figura 4.44 Enlace estación Rec_Capizhum AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.1.3.5. Estación Rec_Bajada_Unae.

La Figura 4.45 detalla la simulación para el enlace entre el reconectador Rec_Bajada_Unae y AP-Quisquis.

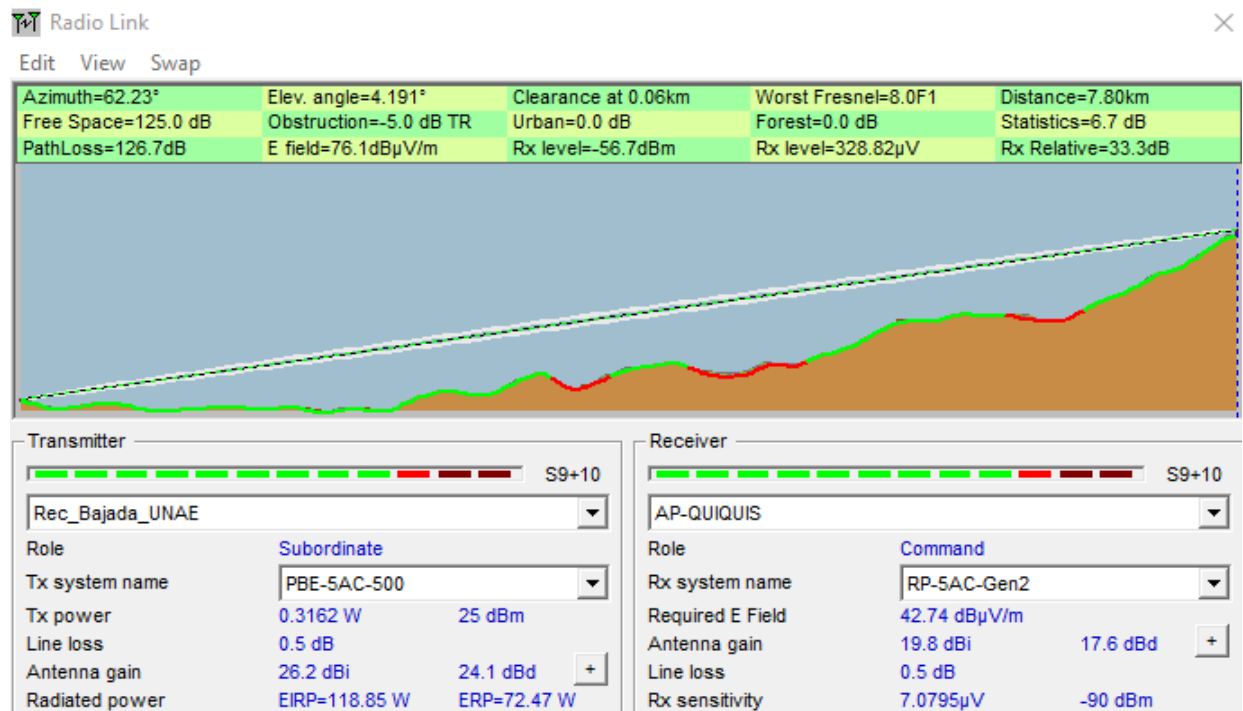


Figura 4.45 Enlace estación Rec_Bajada_Unae AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconectador tiene una altitud de 2427.5 msnm. La distancia del enlace es de 7.8 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un

valor de 8 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 62.2° y una elevación de 4° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -56.7 dBm y 33.3 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 126.7 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.46 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

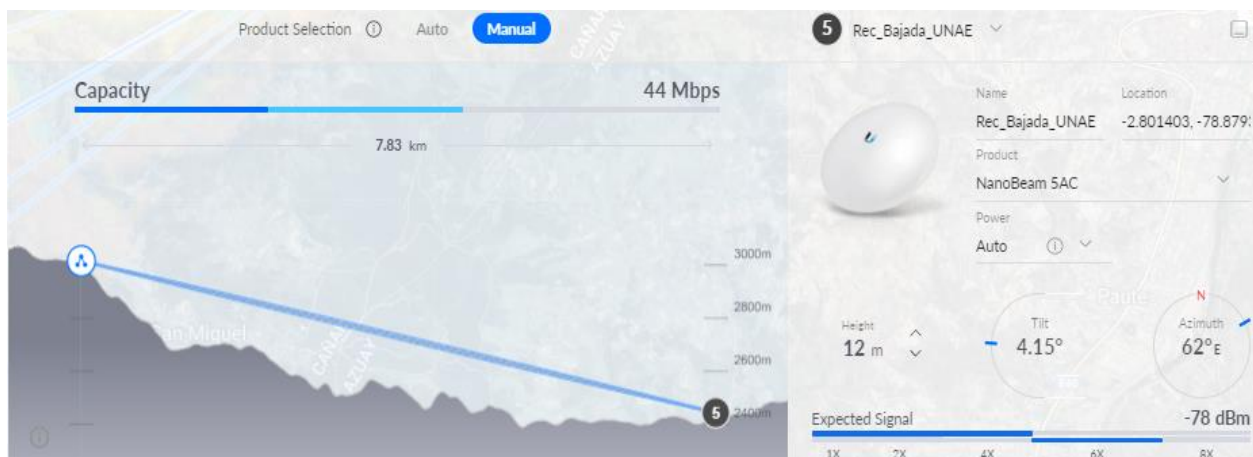


Figura 4.46 Enlace estación *Rec_Bajada_Unae AP-Quisquis (ISP Design Center)*.

4.6.1.3.6. Estación *Rec_San_Miguel*.

La Figura 4.47 detalla la simulación para el enlace entre el reconector *Rec_San_Miguel* y *AP-Quisquis*.

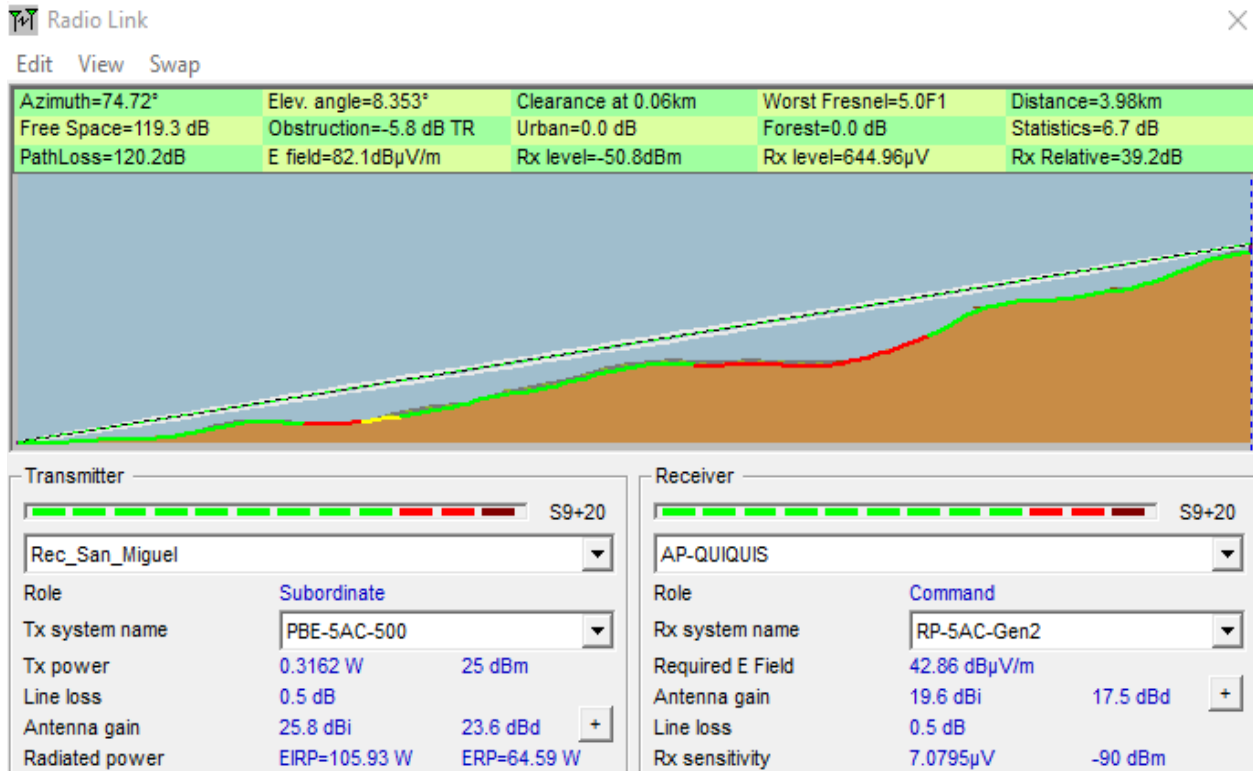


Figura 4.47 Enlace estación Rec_San_Miguel AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2513.2 msnm. La distancia del enlace es de 3.98 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 5 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 74.7° y una elevación de 8.3°, obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -61.3 dBm y 28.7 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 120.2 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.48 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.



Figura 4.48 Enlace estación Rec_San_Miguel AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.1.3.7. Estación Rec_Tablon.

La Figura 4.49 detalla la simulación para el enlace entre el reconectador Rec_Tablon y AP-Quisquis.

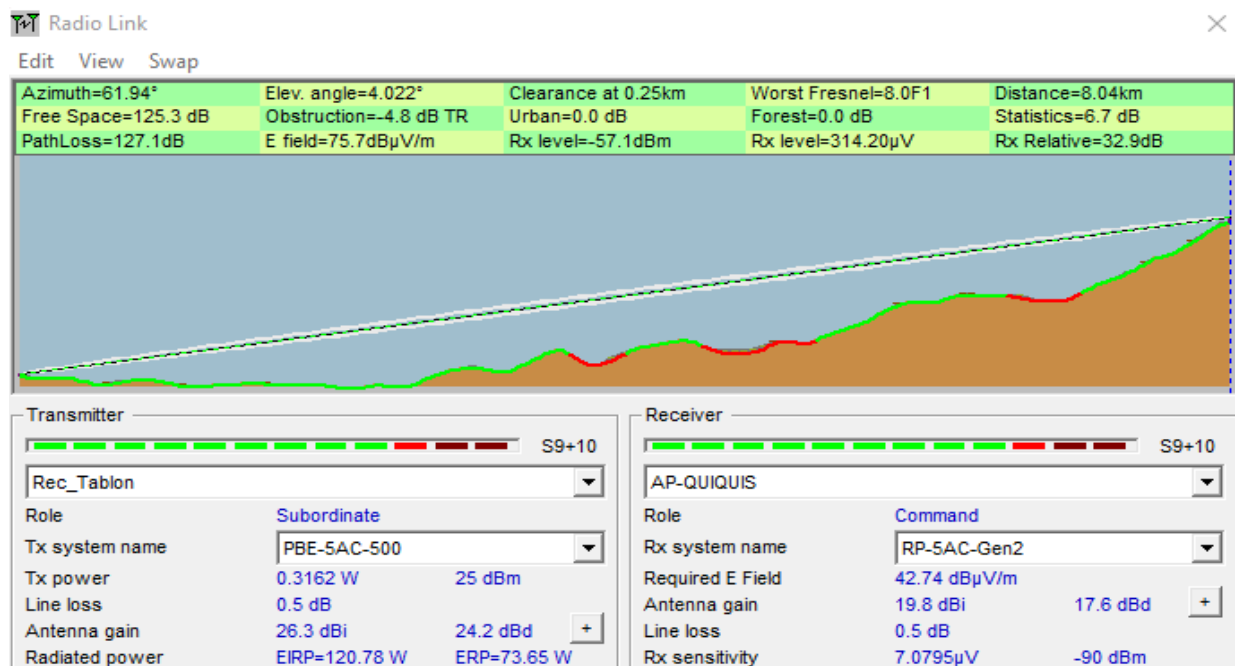


Figura 4.49 Enlace estación Rec_Tablon AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconectador tiene una altitud de 2433 msnm. La distancia del enlace es de 8.04 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 8 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una

orientación en su ángulo azimut de 61.94° y una elevación de 4° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -57.1 dBm y 32.9 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 127.1 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.50 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

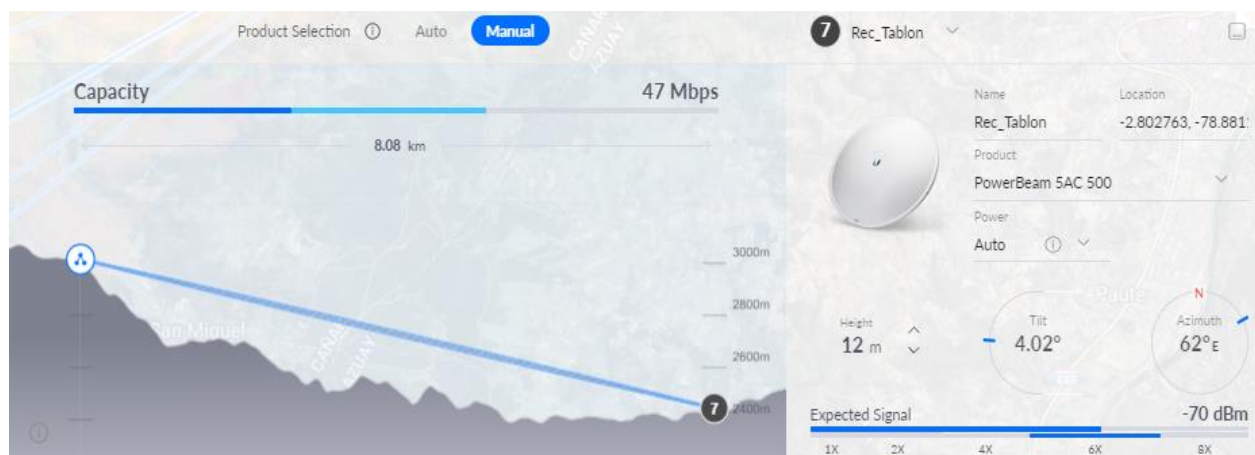


Figura 4.50 Enlace estación Rec_Tablon AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.1.3.8. Estación BID_VI_REC_Zhullin.

La Figura 4.51 detalla la simulación para el enlace entre el reconector BID_VI_REC_Zhullin y AP-Quisquis.

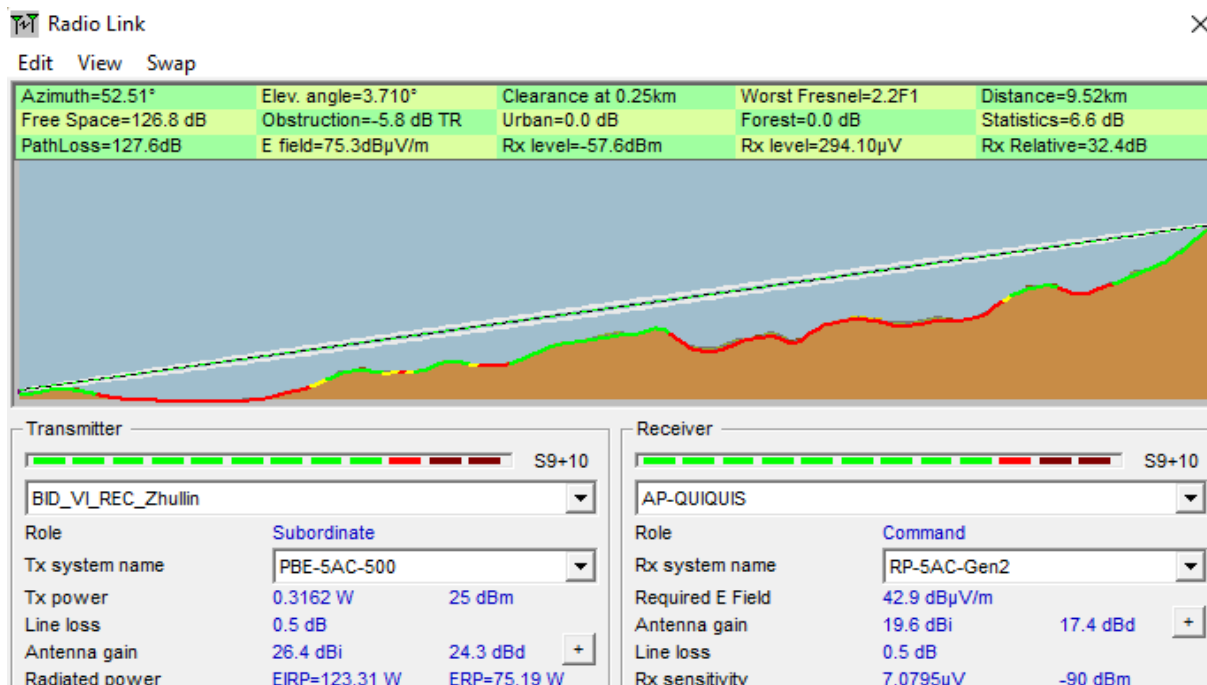


Figura 4.51 Enlace estación BID_VI_REC_Zhullin AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2375.8 msnm. La distancia del enlace es de 9.52 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 2.2 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 52.5° y una elevación de 3.7°, obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -57.6 dBm y 32.4 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 127.6 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.52 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

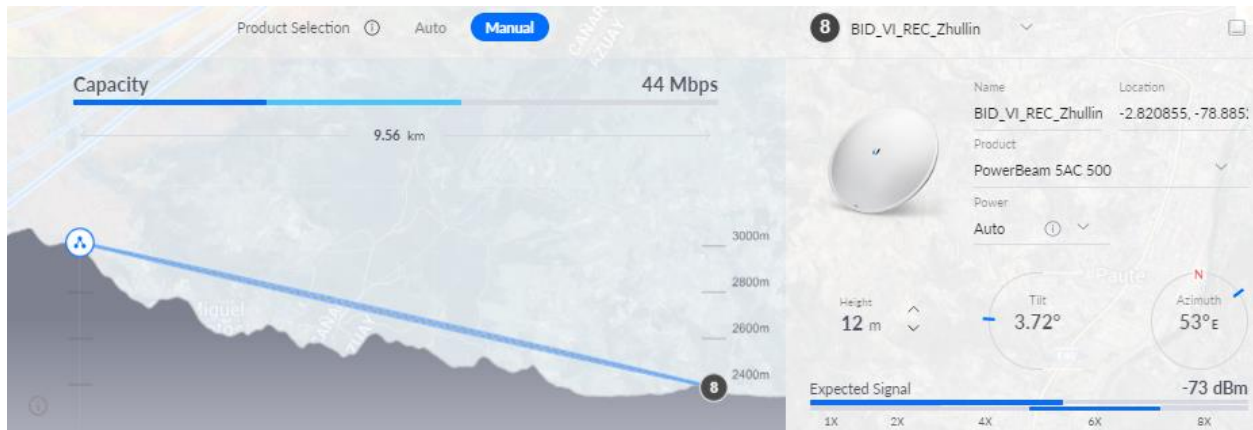


Figura 4.52 Enlace estación BID_VI_REC_Zhullin AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.1.3.9. Estación BID_VI_REC_Tablón.

La Figura 4.53 detalla la simulación para el enlace entre el reconector BID_VI_REC_Tablón y AP-Quisquis.

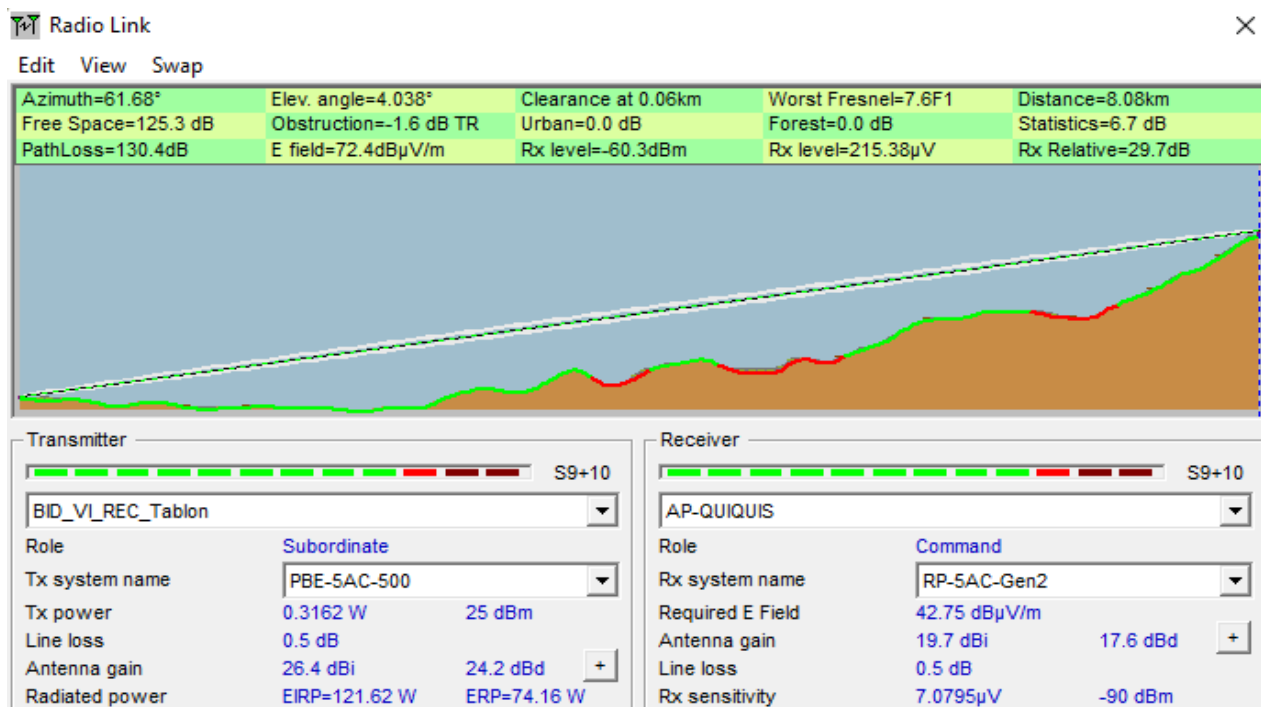


Figura 4.53 Enlace estación BID_VI_REC_Tablón AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2428.3 msnm. La distancia del enlace es de 8.08 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 7.6 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una

orientación en su ángulo azimut de 61.68° y una elevación de 4° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -61.3 dBm y 29.7 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 130.4 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.54 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz .

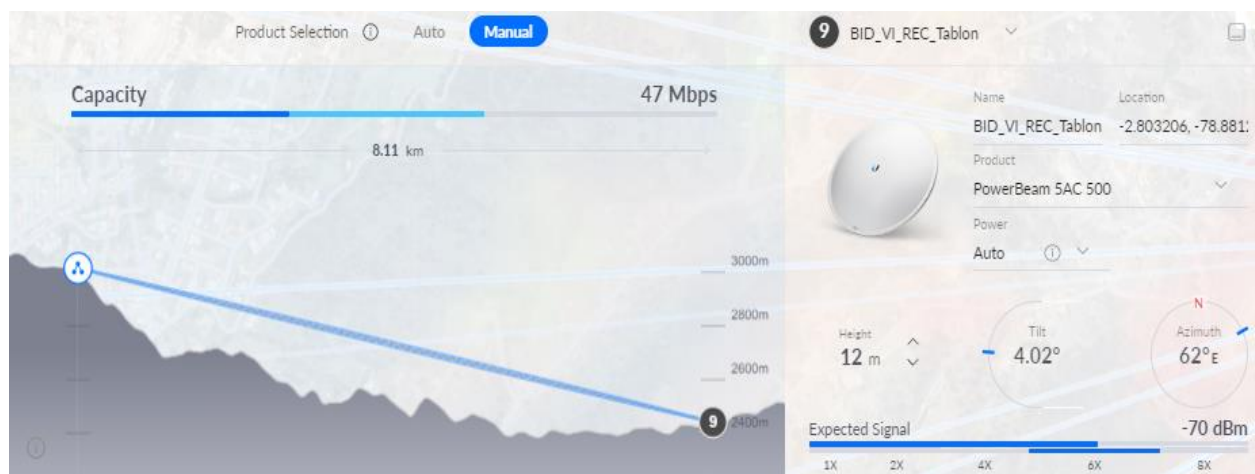


Figura 4.54 Enlace estación BID_VI_REC_Tablon AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.1.3.10. Estación BID_V-REC_Cojitambo.

La Figura 4.55 detalla la simulación para el enlace entre el reconector BID_V-REC_Cojitambo y AP-Quisquis.

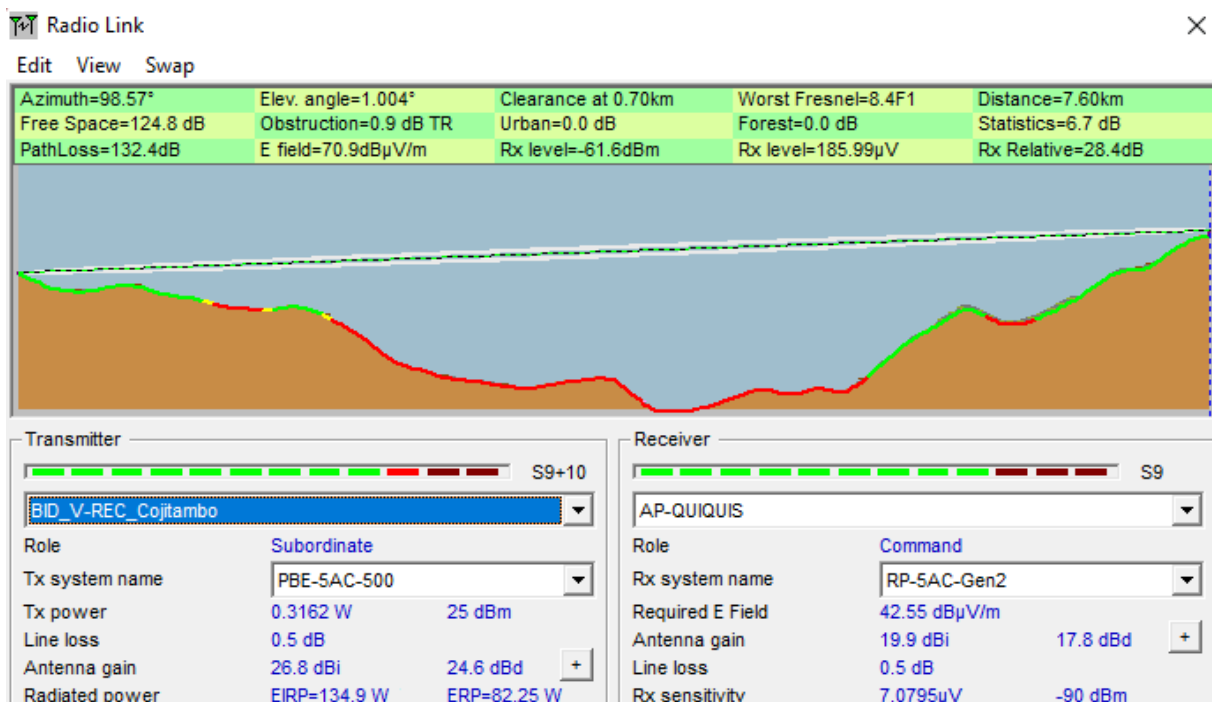


Figura 4.55 Enlace estación BID_V-REC_Cojitambo AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2865 msnm. La distancia del enlace es de 7.6 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 8.4 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 98.57° y una elevación de 1°, obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -61.6 dBm y 28.4 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 132.4 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.56 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

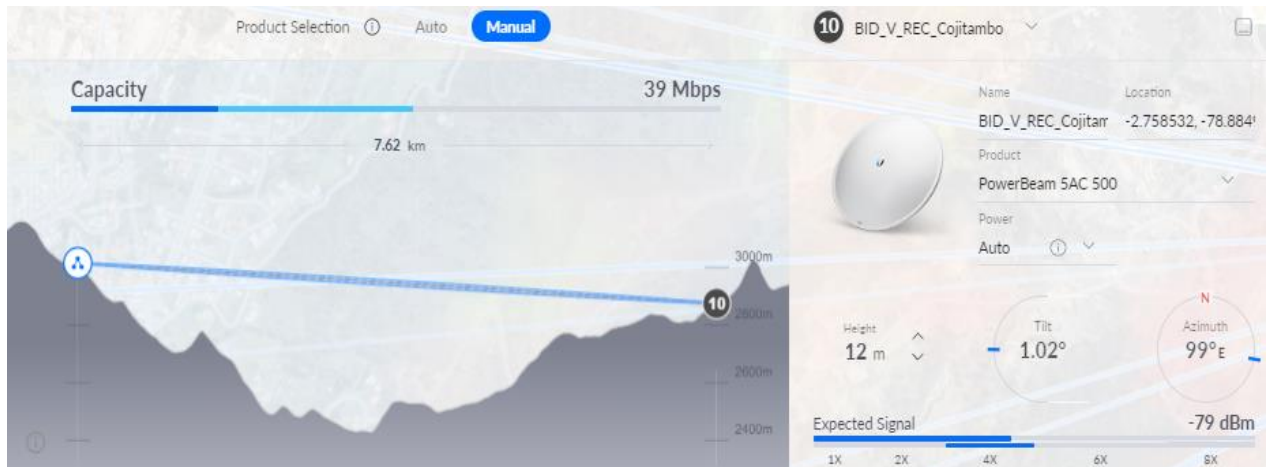


Figura 4.56 Enlace estación BID_V-REC_Cojitambo AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.1.3.11. Estación BID_VI_R_Cojitambo-Centro.

La Figura 4.57 detalla la simulación para el enlace entre el reconector BID_VI_R_Cojitambo-Centro y AP-Quisquis.

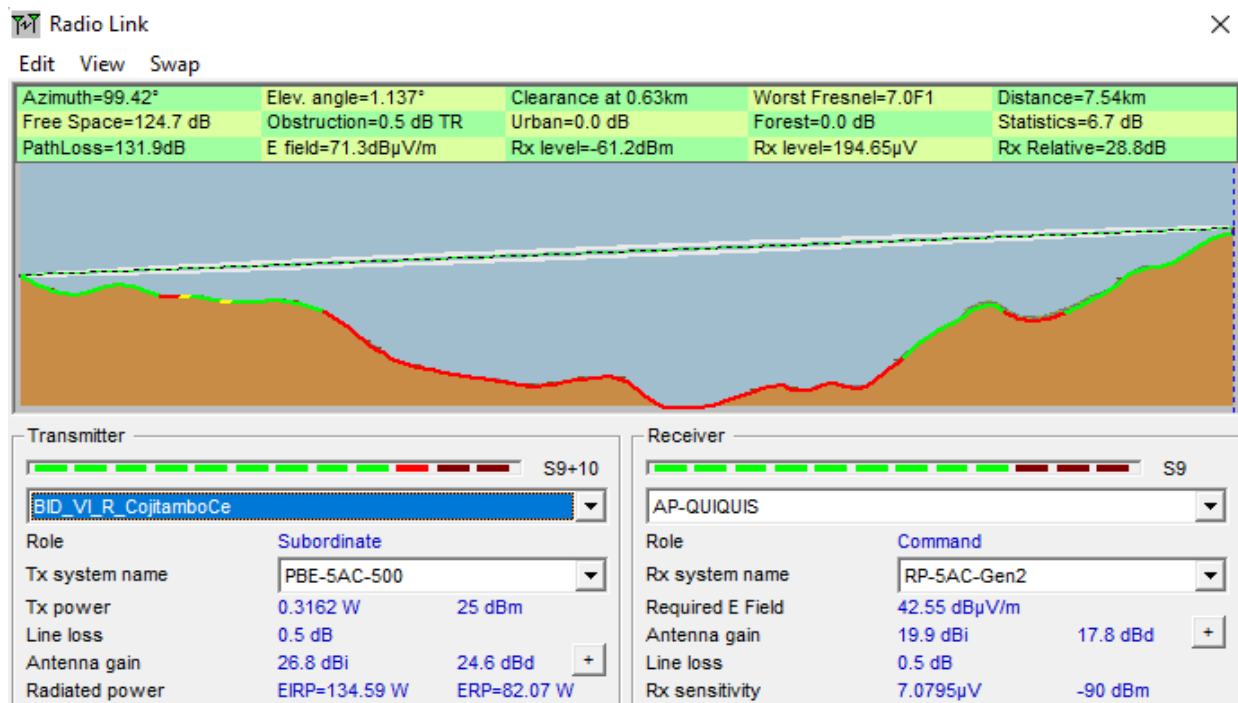


Figura 4.57 Enlace estación BID_VI_R_Cojitambo-Centro AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2848.6 msnm. La distancia del enlace es de 7.54 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 7 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 99.42° y una elevación de 1° , obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -61.2 dBm y 28.8 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 131.9 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.58 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

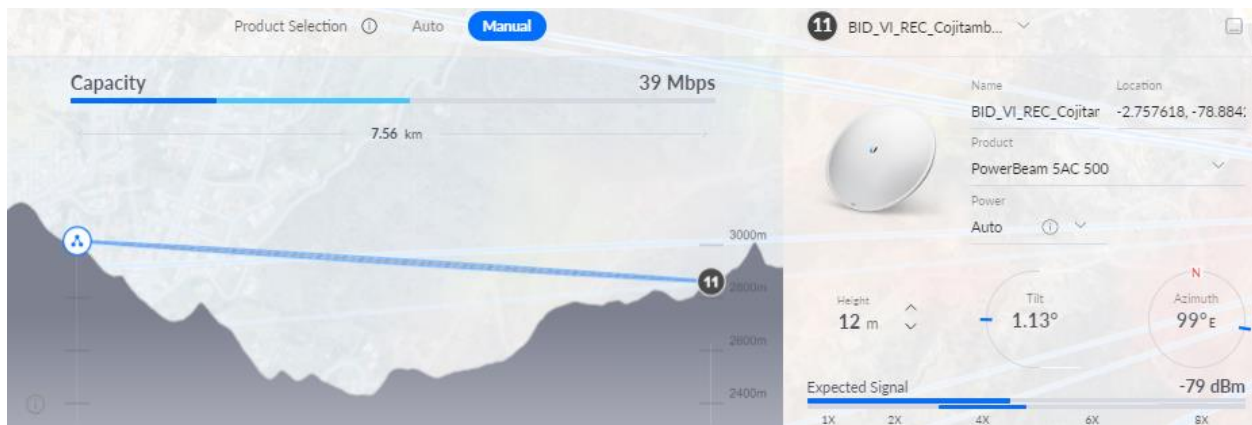


Figura 4.58 Enlace estación BID_VI_R_Cojitambo-Centro AP-Quisquis (ISP Design. Center).

4.6.1.3.12. Estación BID_VI_REC_Pampa_Vintimilla.

La Figura 4.59 detalla la simulación para el enlace entre el reconector BID_VI_REC_Pampa_Vintimilla y AP-Quisquis.

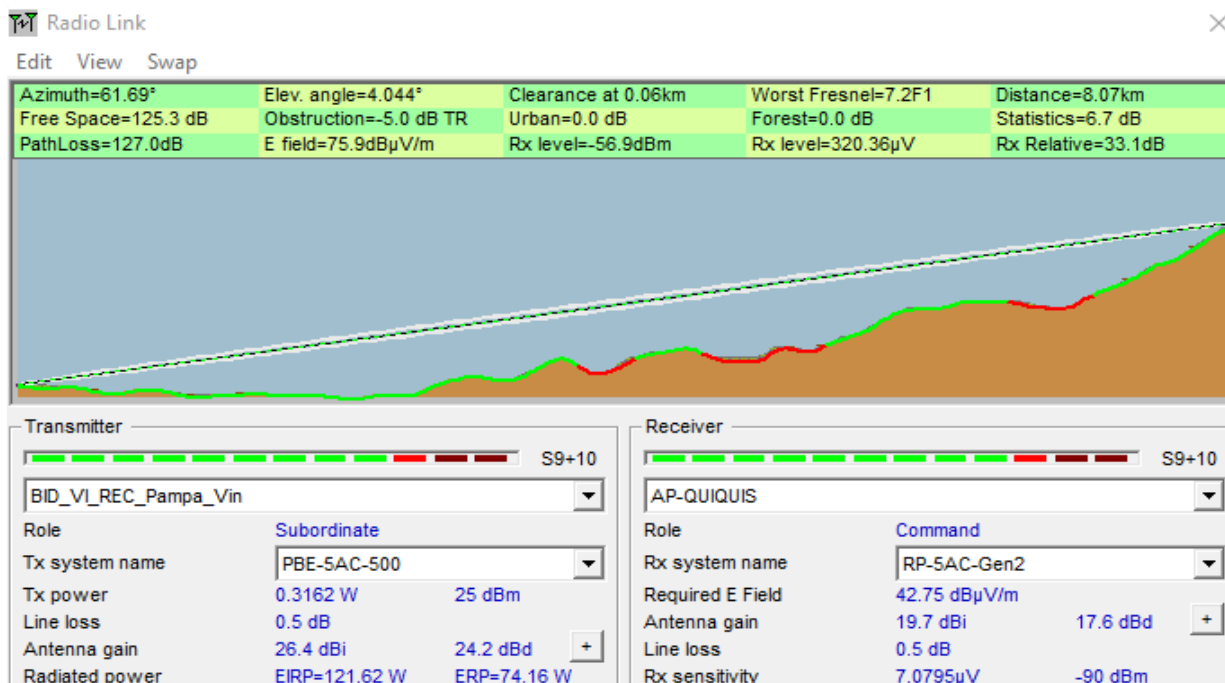


Figura 4.59 Enlace estación BID_VI_REC_Pampa_Vintimilla AP-Quisquis (Radio Mobile).

Este reconector tiene una altitud de 2427.5 msnm. La distancia del enlace es de 8.07 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 7.2 veces la primera zona de Fresnel. La antena para esta estación deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 61.69° y una elevación de 4°, obteniendo en la simulación un nivel de señal de recepción de -59.6 dBm y 33.1 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 127 dB aproximadamente.

Según estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.60 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

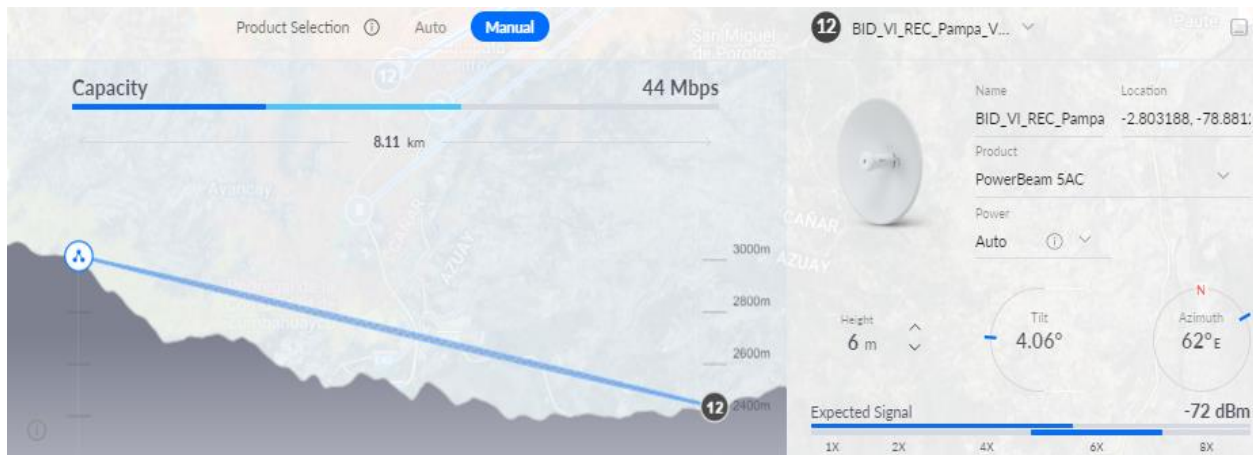


Figura 4.60 Enlace estación BID_VI_REC_Pampa_Vintimilla AP-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.2 Enlaces Punto a Punto (PTP)

Los enlaces punto a punto dentro de este diseño enlazan los nodos de oficina matriz, Quisquis, Pilzhum, San Nicolas y Santa Rita para permitir la comunicación del edificio Matriz con los reconectores.

Además, existen enlaces PTP para conectar ciertos reconectores lejanos, así como también reconectores de la zona urbana que no se pueden enlazar con los AP 1 y 2 de la matriz. En total son 15 enlaces PTP analizados y gracias a la integración al diseño de red final se logra cubrir la conexión con los 36 reconectores. Cada enlace PTP se analiza por separado y se detallan sus características principales, factibilidad y valores simulados.

Las zonas donde están presentes dichos enlaces son Deleg, Rivera, Zhoray y Cochahuico.

En la figura 4.61 se puede observar la simulación para los enlaces PTP de cada nodo. Estos enlaces serán los primeros en analizarse.

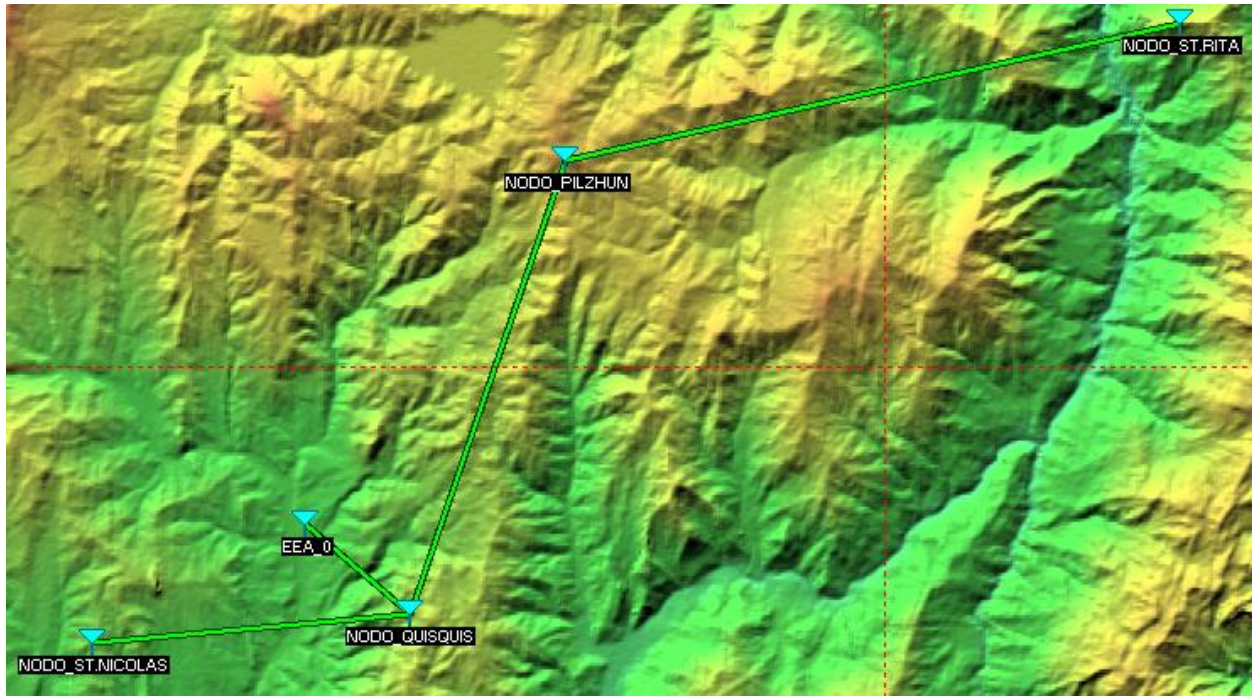


Figura 4.61 Enlaces PTP interconexión de nodo EEA (Radio Mobile).

4.6.2.1 Enlaces PTP Para Interconexión de Nodos.

4.6.2.1.1. Enlace PTP Nodo Oficina Matriz-Nodo Quisquis.

Este enlace es uno de los más críticos pues es la conexión hacia los reconectores pertenecientes al AP Quisquis, además, permite también la conexión de la oficina Matriz con los nodos San Nicolas, Pilzhum y Santa Rita.

La Tabla 8 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 8 Enlace PTP Matriz-Quisquis

Enlace PTP Nodo Oficina Matriz-Nodo Quisquis				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Oficina Matriz	-2.743573	-78.846745	4.31
Punto B	Nodo Quisquis	-2.768724	-78.817235	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.62 permite determinar la distancia del enlace que es 4.31 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 3.8 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo Oficina matriz deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 130° y una elevación de 6.3°, mientras que para la antena ubicada en Quiquis el ángulo azimut y de elevación deberá ser 310° y -6.3° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -47.2 dBm y 42.8 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 126.2 dB aproximadamente.

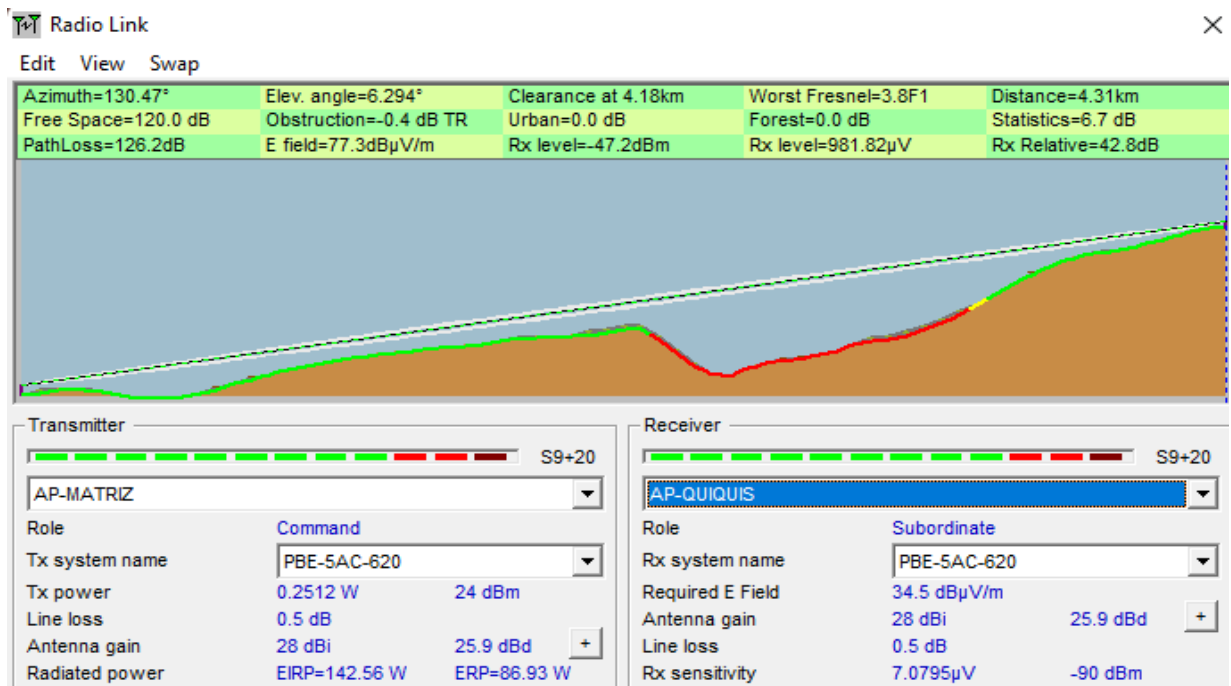


Figura 4.62 Enlace PTP Oficina Matriz Quisquis (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.63 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

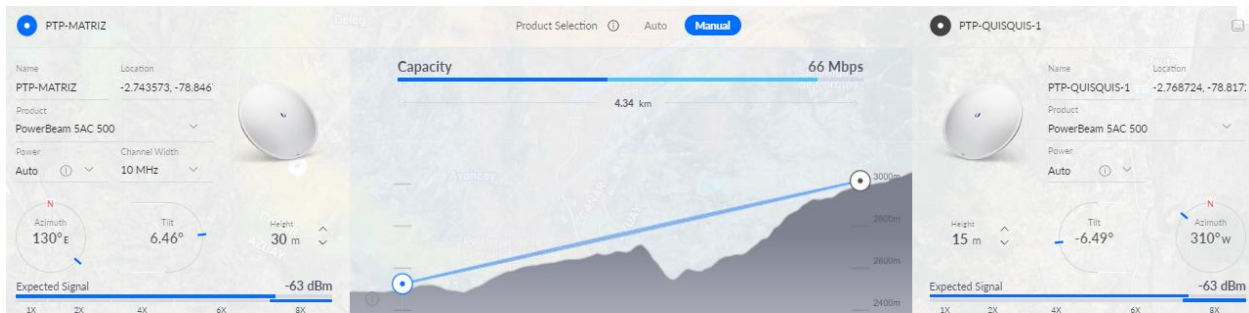


Figura 4.63 Enlace PTP Oficina Matriz-Quisquis (ISP Design Center).

4.6.2.1.2. Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo San Nicolás.

El enlace PTP entre los nodos Quisquis y San Nicolás permite la interconexión no solo de los nodos, sino que, además, como se analizará posteriormente permitirá la conexión hacia los reconectores ubicados en Deleg, San Nicolás y Solano.

La Tabla 9 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 9 Enlace PTP Quisquis-San Nicolas

Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo San Nicolas				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Quisquis	-2.768724	-78.817235	9.85
Punto B	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.64 permite determinar la distancia del enlace que es 9.85 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 3.1 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo San Nicolás deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 85° y una elevación de 1°, mientras que para la antena ubicada en Quiquis el ángulo azimut y de elevación deberá ser 265° y -1° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -53.4 dBm y 36.6 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 127.1 dB aproximadamente.

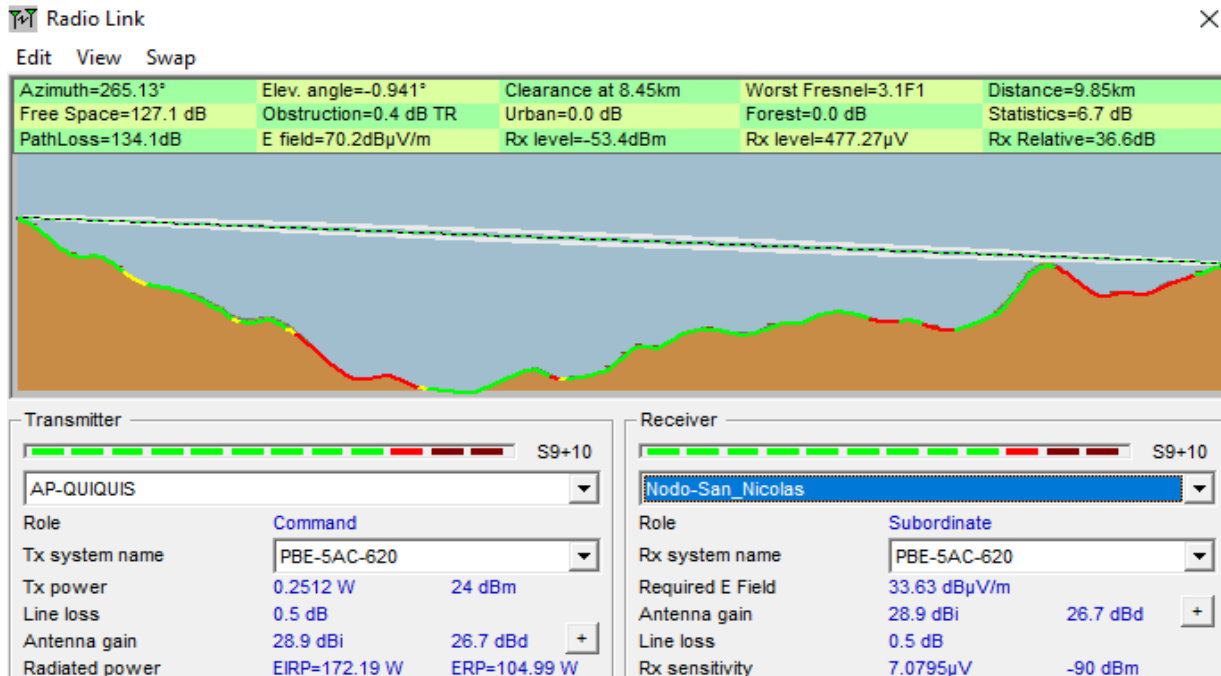


Figura 4.64 Enlace PTP Quisquis-San Nicolas (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.65 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.



Figura 4.65 Enlace PTP Quisquis-San Nicolas (ISP Design Center).

4.6.2.1.3. Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo Pilzhum.

El enlace PTP entre los nodos Quisquis y Pilzhum permite la interconexión de los nodos y los reconectores de la zona de Cochahuico, Rivera y Zhoray.

La Tabla 10 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 10 Enlace PTP Quisquis-Pilzhum

Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo Pilzhum				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Quisquis	-2.768724	-78.817235	14.83
Punto B	Nodo Pilzhum	-2.642486	-78.773837	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.66 permite determinar la distancia del enlace que es 14.83 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 3.3 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo Pilzhum deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 199° y una elevación de -2.9°, mientras que para la antena ubicada en Quisquis el ángulo azimut y de elevación deberá ser 19° y 2.9° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -52.3 dBm y 37.7 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 132.5 dB aproximadamente.

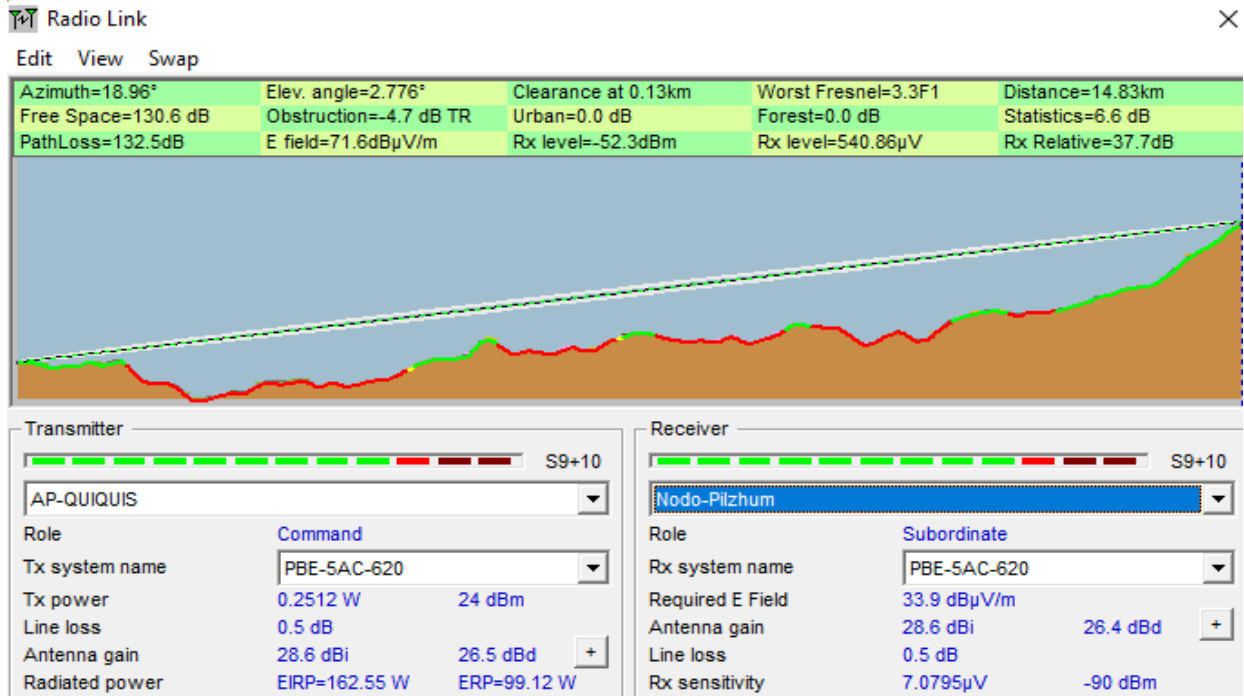


Figura 4.66 Enlace PTP Quisquis-Pilzhum (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.67 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.



Figura 4.67 Enlace PTP Quisquis-Pilzhum (ISP Design Center).

4.6.2.1.4. Enlace PTP Nodo Pilzhum-Nodo Santa Rita.

El enlace permite la interconexión del nodo ubicado en Santa Rita y los reconectores de la zona de Rivera y Zhoray. Este enlace es el de mayor distancia dentro del diseño.

La Tabla 11 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 11 Enlace PTP Pilzhum-Santa Rita.

Enlace PTP Nodo Pilzhum-Nodo Santa Rita				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Pilzhum	-2.642486	-78.773837	19.38
Punto B	Nodo St Rita	-2.604809	-78.60339	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.68 permite determinar la distancia del enlace que es 19.38 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 1.6 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo Pilzhum deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 77.5° y una elevación de -1.9° , mientras que para la antena ubicada en Santa Rita el ángulo azimut y de elevación deberá ser 258° y -1.9° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -58.9 dBm y 31.1 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 139.1 dB aproximadamente.

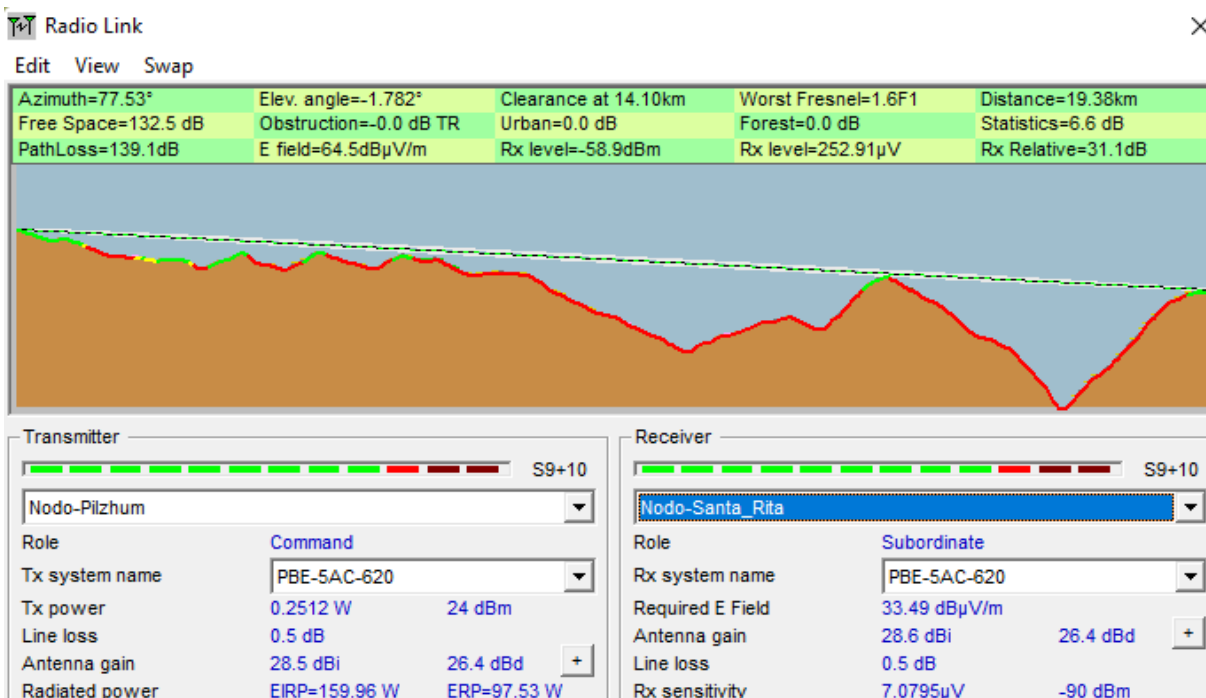


Figura 4.68 Enlace PTP Pilzhum-Santa Rita (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.69 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.



Figura 4.69 Enlace PTP Pilzhum-Santa Rita (ISP Design Center).

4.6.2.2. Enlaces PTP para interconexión de Reconectores.

Estos enlaces permiten tener conexión hacia los reconectores ubicados en Deleg, San Nicolás, La Villa, Cochahuico, Rivera y Zhoray. En ciertas zonas como Deleg, aunque se tiene 2 reconectores en el sector no hay necesidad de montar un enlace PMP debido a esto se decide diseñar enlaces PTP hacia cada uno de los reconectores, optimizando de alguna manera el costo del proyecto.

4.6.2.2.1. Enlace PTP Nodo San Nicolás y Reconector

BID_VI_RECM_San_Nicolas.

El enlace PTP entre el nodo San Nicolás y el reconector BID_VI_RECM_San_Nicolas permite la interconexión de dicho reconector a la red inalámbrica.

La Tabla 12 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 12 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_RECM_San_Nicolas

Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI RECM San Nicolas				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	0.88
Punto B	BID VI RECM San Nicolas	-2.768485	-78.904351	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.70 permite determinar la distancia del enlace que es 0.88 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 1.4 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo San Nicolás deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 9.68° y una elevación de -0.3°, mientras que para la antena ubicada en el reconector el ángulo azimut y de elevación deberá ser 190° y 0.3° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -51.7 dBm y 44.3 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 113.6 dB aproximadamente.

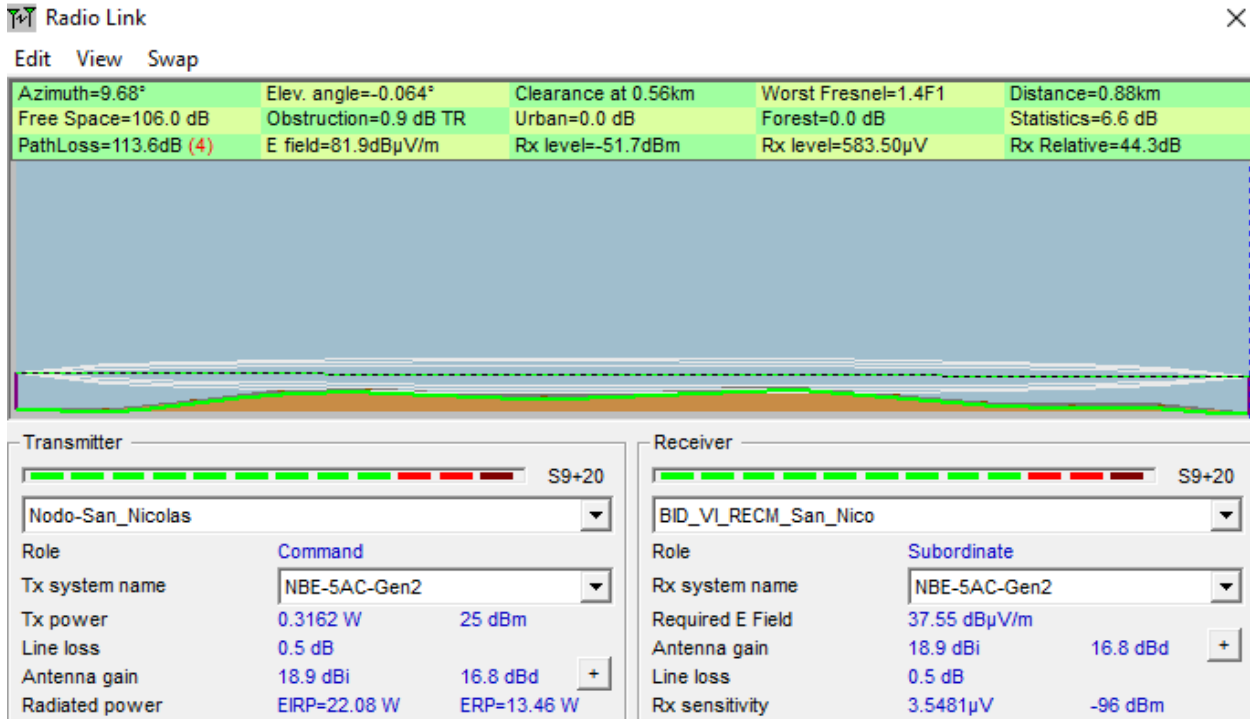


Figura 4.70 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_REC_M_San_Nicolas (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.71 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

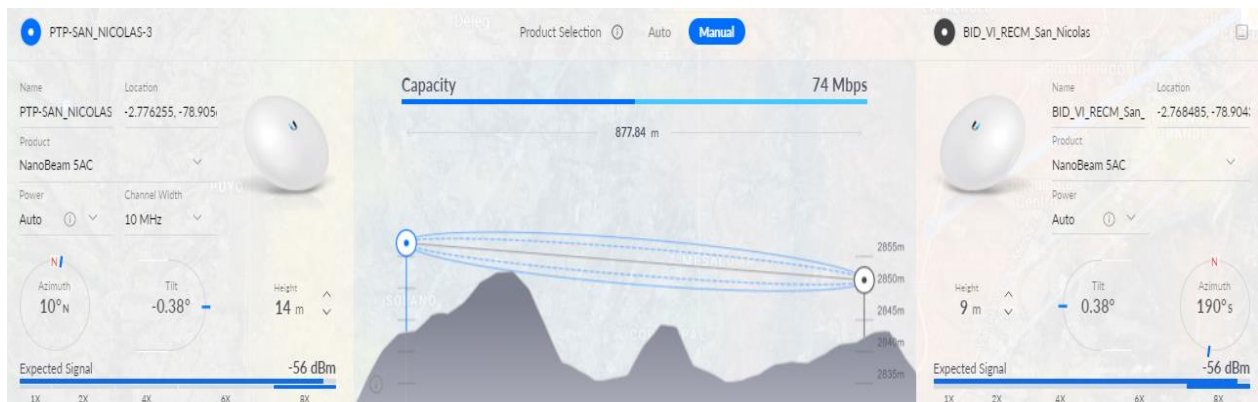


Figura 4.71 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos (ISP Design Center).

4.6.2.2.2. *Enlace PTP Nodo San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos.*

El enlace PTP entre el nodo San Nicolás y el reconector BID_VI_Deleg_bomberos permite la interconexión de dicho reconector a la red inalámbrica.

La Tabla 13 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 13 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos

Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID_VI_INT_Deleg_bomberos				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	1.63
Punto B	BID_VI_INT_Deleg_bomberos	-2.768048	-78.917901	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.72 permite determinar la distancia del enlace que es 1.63 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 2.8 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo San Nicolás deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 303.9° y una elevación de -4.75°, mientras que para la antena ubicada en el reconector el ángulo azimut y de elevación deberá ser 124° y 4.75° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -58.4 dBm y 37.6 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 118.8 dB aproximadamente.

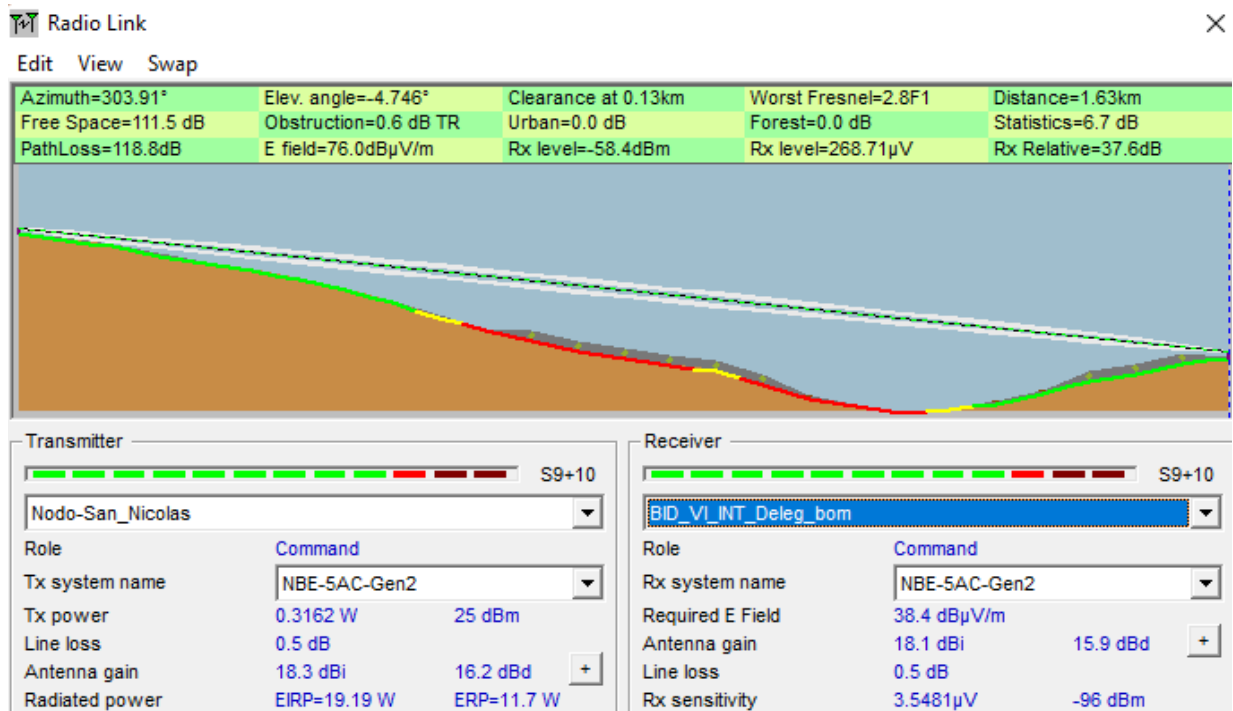


Figura 4.72 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.73 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.



Figura 4.73 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_INT_Deleg_bomberos (ISP Design Center).

4.6.2.2.3. Enlace PTP Nodo San Nicolas-

BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti.

El enlace PTP entre el nodo San Nicolás y el reconector BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti permite la interconexión de dicho reconector a la red inalámbrica.

La Tabla 14 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 14 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti

Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI INT Deleg bomberos				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	1.63
Punto B	BID VI INT Deleg bomberos	-2.768048	-78.917901	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.74 permite determinar la distancia del enlace que es 1.68 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 3.8 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo San Nicolás deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 275° y una elevación de -6°, mientras que para la antena ubicada en el reconector el ángulo azimut y de elevación deberá ser 95° y 6° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -59.1 dBm y 36.9 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 119.3 dB aproximadamente.

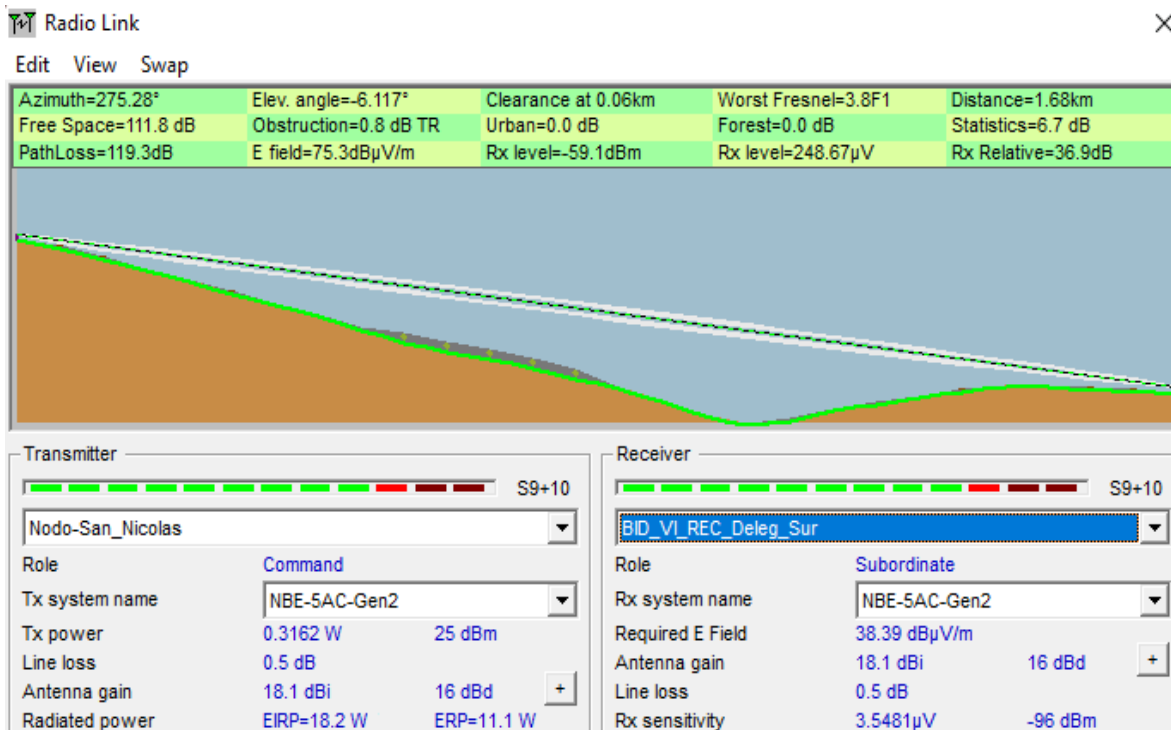


Figura 4.74 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.75 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

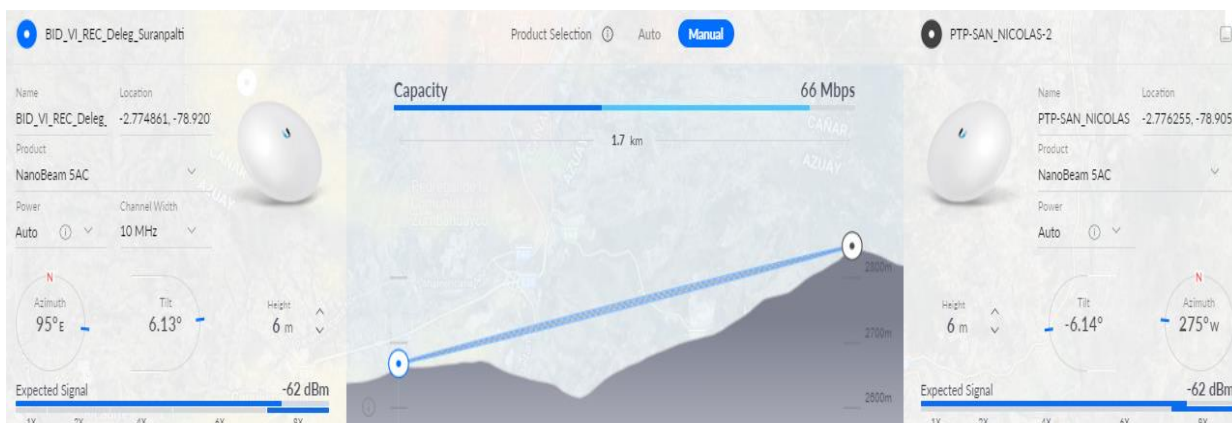


Figura 4.75 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_REC_Deleg_Suranpalti (ISP Design Center).

4.6.2.2.4. Enlace PTP Nodo San Nicolas- BID_VI_RECM_Solano_Yolon.

El enlace PTP entre el nodo San Nicolás y el reconfigurador BID_VI_RECM_Solano_Yolon permite la interconexión de dicho reconfigurador a la red inalámbrica.

La Tabla 15 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 15 Enlace PTP San Nicolas-BID_VI_RECM_Solano_Yolon.

Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID_VI_INT_Deleg_bomberos				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	1.63
Punto B	BID_VI_INT_Deleg_bomberos	-2.768048	-78.917901	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.76 permite determinar la distancia del enlace que es 5.57 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 3.6 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo San Nicolás deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 217.57° y una elevación de -2.4°, mientras que para la antena ubicada en el reconfigurador el ángulo azimut y de elevación deberá ser 38° y 2.4° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -51 dBm y 39 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 128 dB aproximadamente.

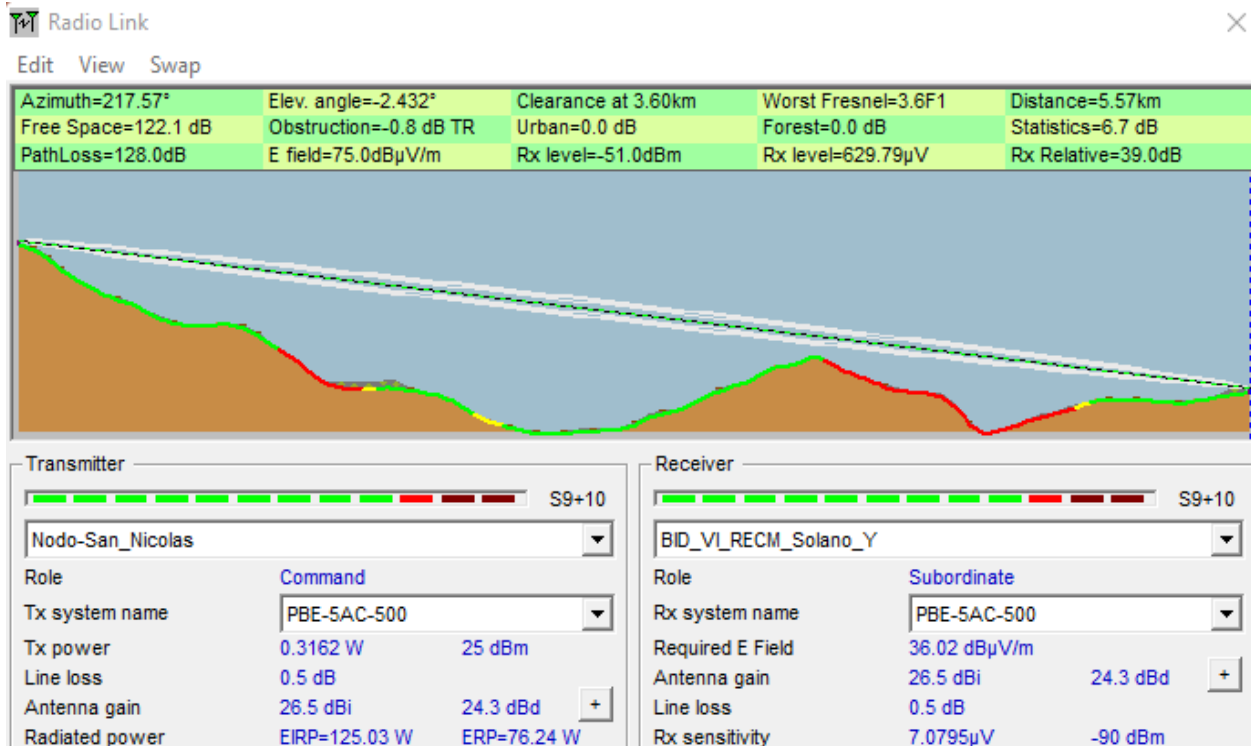


Figura 4.76 Enlace PTP San Nicolas-BID_VI_RECM_Solano_Yolon (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.77 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.



Figura 4.77 Enlace PTP San Nicolas- BID_VI_RECM_Solano_Yolon (ISP Design Center).

4.6.2.2.5. Enlace PTP Nodo Quisquis-BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero.

El enlace PTP entre el nodo Quisquis y el reconfigurador BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero permite la interconexión de dicho reconfigurador a la red inalámbrica.

La Tabla 16 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 16 Enlace PTP Quisquis- BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero.

Enlace PTP Nodo Quisquis-BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Quisquis	-2.768724	-78.817235	3.52
Punto B	BID_VI_RECM_Chapte_LCordero	-2.737176	-78.814004	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.78 permite determinar la distancia del enlace que es 3.52 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 3.6 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo Quisquis deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 5.85° y una elevación de -2.6° , mientras que para la antena ubicada en el reconfigurador el ángulo azimut y de elevación deberá ser 186° y 2.6° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -66.4 dBm y 29.6 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 127.3 dB aproximadamente.

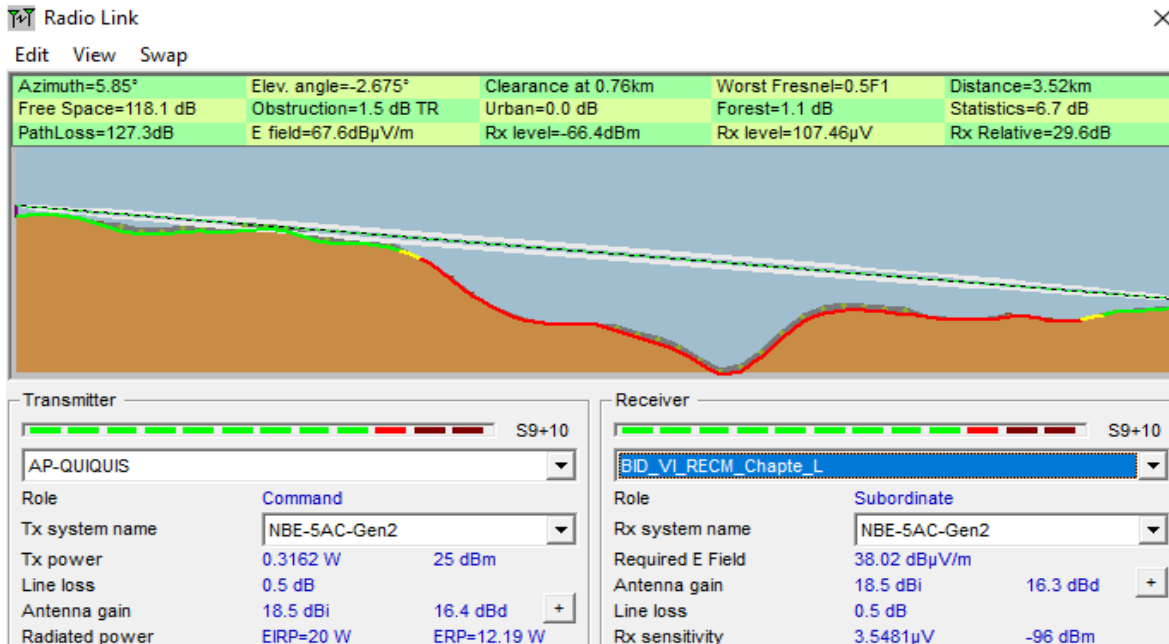


Figura 4.78 Enlace PTP Quisquis- BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.79 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.



Figura 4.79 Enlace PTP Quisquis- BID_VI_RECM_Chapte_Lcordero (ISP Design Center).

4.6.2.2.6. Enlace PTP Nodo Pilzhum-Rec_Cochahuico.

El enlace PTP entre el nodo Pilzhum y el reconector Rec_Cochahuico permite la interconexión a la red inalámbrica de reconector Rec_Cochahuico y BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa.

La Tabla 17 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 17 Enlace PTP Pilzhum-Rec_Cochahuico.

Enlace PTP Nodo Pilzhum-Rec Cochahuico				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Pilzhum	-2.642486	-78.773837	4.86
Punto B	Rec Cochahuico	-2.636407	-78.817159	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.80 permite determinar la distancia del enlace que es 4.88 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 3 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo Pilzhum deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 280° y una elevación de -3.8°, mientras que para la antena ubicada en el reconector el ángulo azimut y de elevación deberá ser 98° y 3.8° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -55 dBm y 35.6 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 131.6 dB aproximadamente.

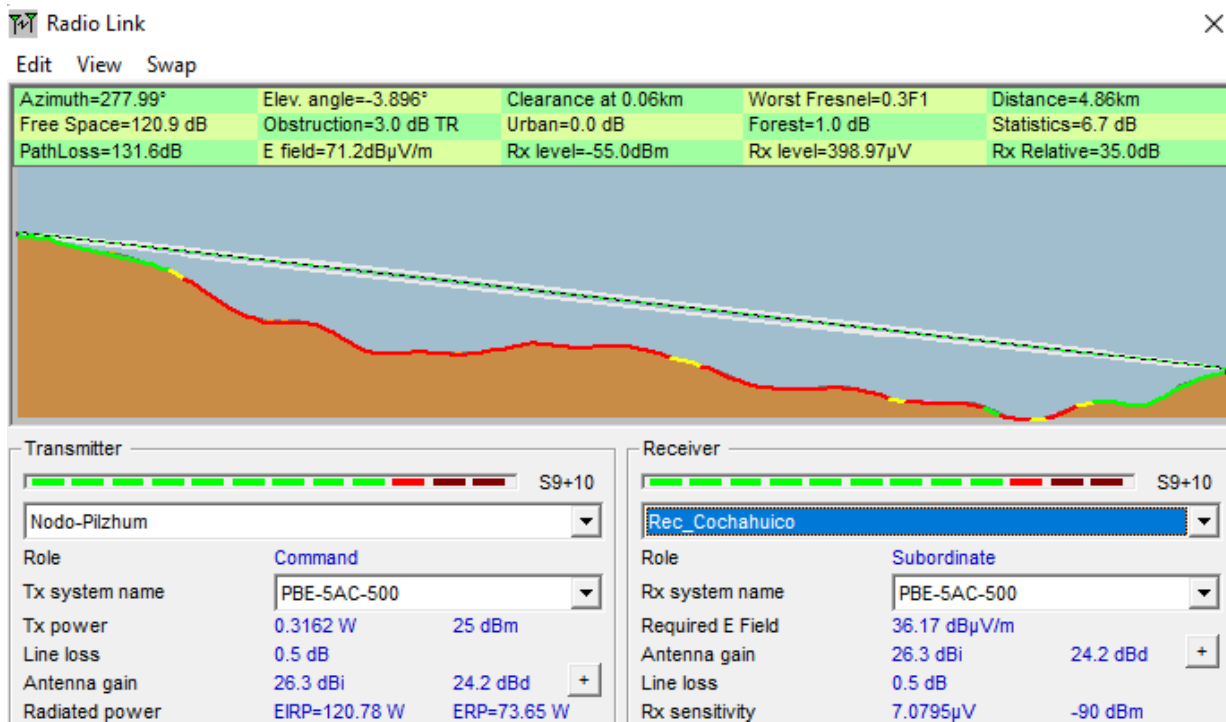


Figura 4.80 Enlace PTP Pilzhum-Rec_Cochahuico (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.81 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

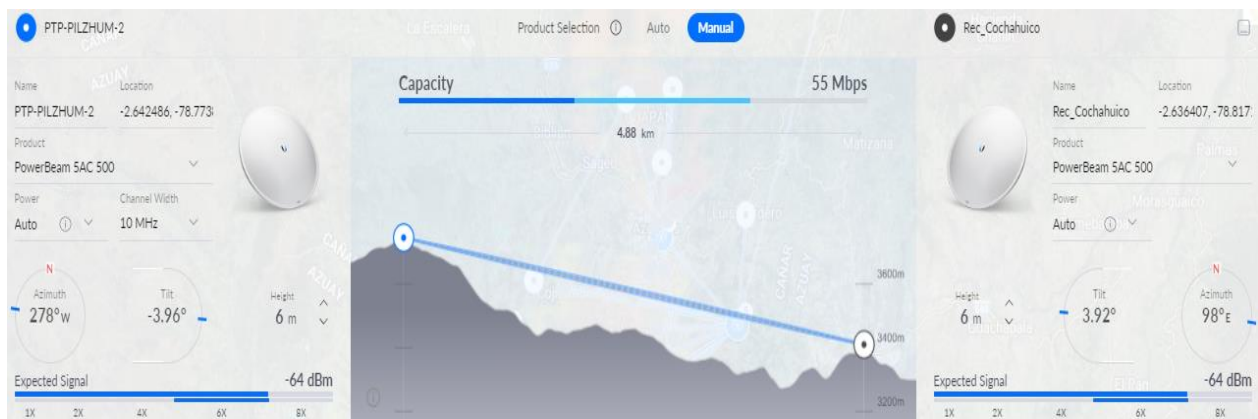


Figura 4.81 Enlace PTP Pilzhum-Rec_Cochahuico (ISP Design Center).

**4.6.2.2.7. Enlace PTP Rec_Cochahuico-
 BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa.**

El enlace PTP entre Rec_Cochahuico y el reconector BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa permite la interconexión a la red inalámbrica de este último.

La Tabla 18 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 18 Enlace PTP Rec_Cochahuico- BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa.

Enlace PTP Rec Cochahuico-BID VI RECM SanJose St				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Rec Cochahuico	-2.636407	-78.817159	0.26
Punto B	BID VI RECM SanJose St.Rosa	-2.636737	-78.819433	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.82 permite determinar la distancia del enlace que es 0.26 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 2.8 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el reconector Cochahuico deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 261° y una elevación de -5.2°, mientras que para la antena ubicada en el reconector San Jose el ángulo azimut y de elevación deberá ser 82° y 5.2° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -42.6 dBm y 53.4 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 102.8 dB aproximadamente.

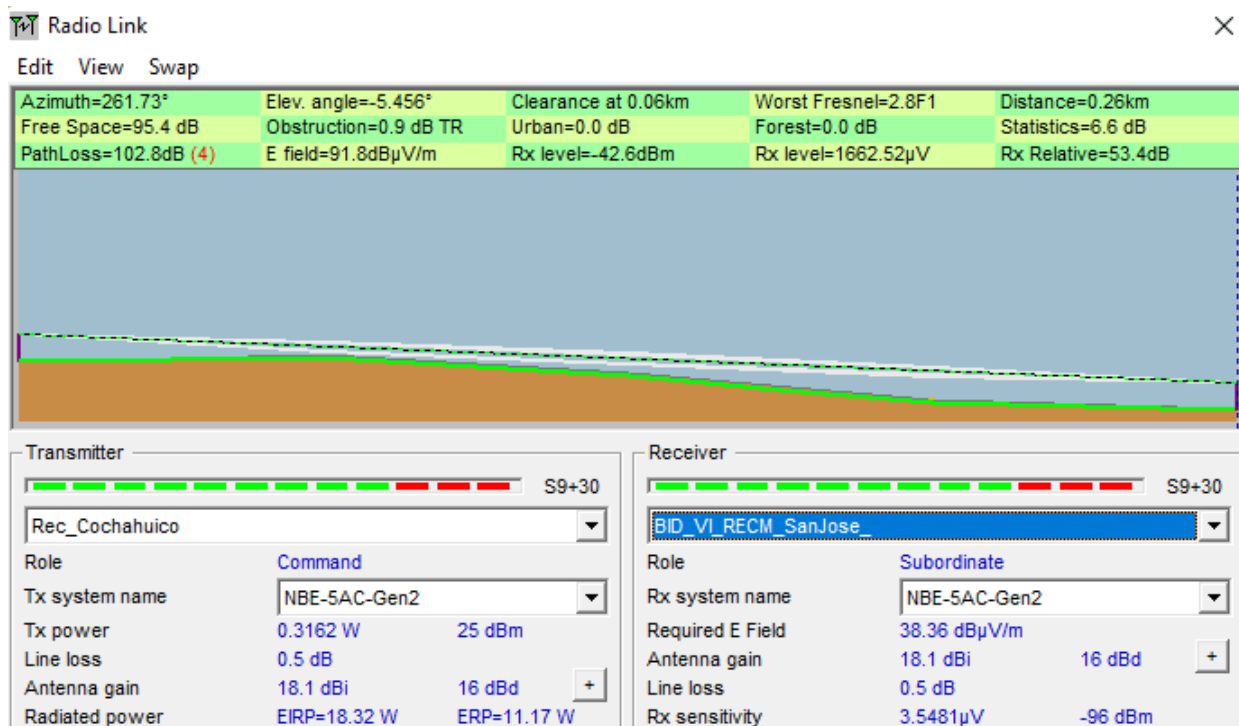


Figura 4.82 Enlace PTP Rec_Cochahuico- BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.83 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

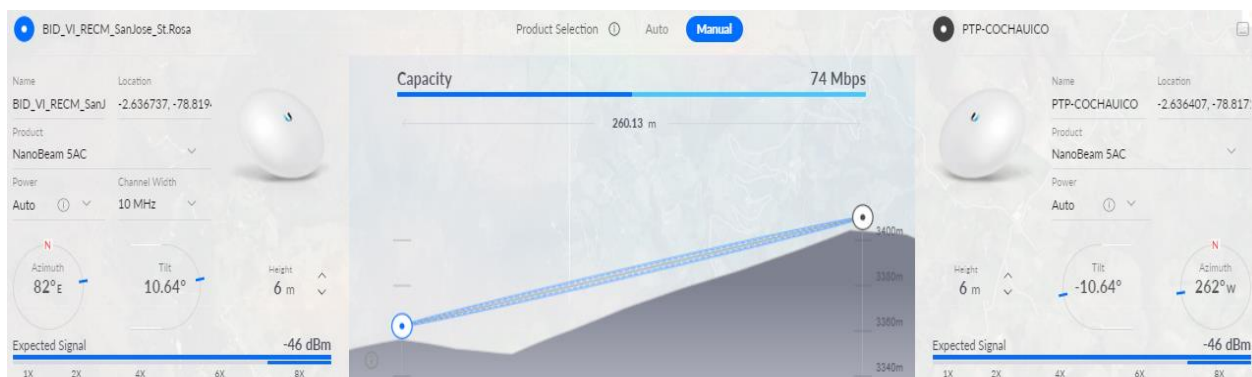


Figura 4.83 Enlace PTP Rec_Cochahuico- BID_VI_RECM_SanJose_St.Rosa (ISP Design Center).

4.6.2.2.8. *Enlace PTP Nodo Santa Rita-BID_VI_RECM_Rivera.*

El enlace PTP entre el nodo Santa Rita y el reconfigurador BID_VI_RECM_Rivera permite la interconexión a la red inalámbrica de los reconfiguradores ubicados en Rivera y Zhoray centro.

La Tabla 19 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 19 Enlace PTP Santa Rita-BID_VI_RECM_Rivera.

Enlace Nodo Santa Rita-BID_VI_RECM_Rivera				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo St Rita	-2.604809	-78.60339	6.04
Punto B	BID_VI_RECM_Rivera	-2.576458	-78.649839	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.84 permite determinar la distancia del enlace que es 6.04 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 6 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el nodo Santa Rita deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 301° y una elevación de -7° , mientras que para la antena ubicada en el reconfigurador el ángulo azimut y de elevación deberá ser 121° y 7° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -51.8 dBm y 38.2 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 130.5 dB aproximadamente.

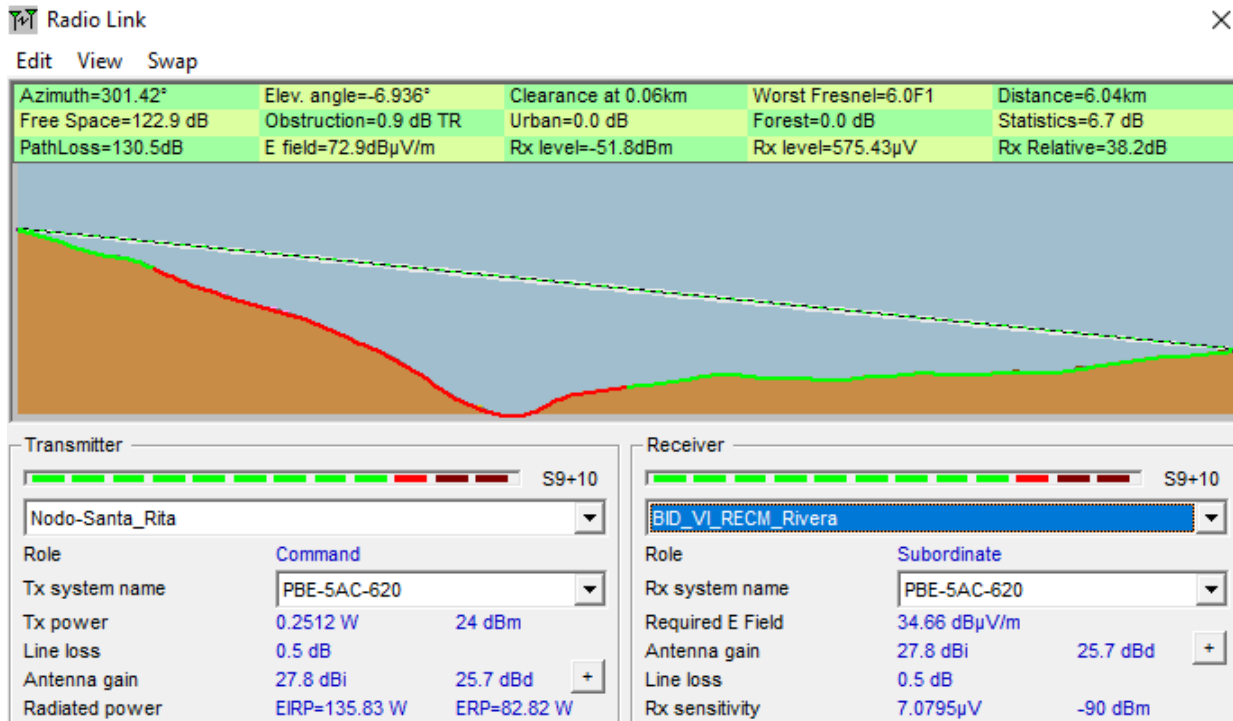


Figura 4.84 Enlace PTP Santa Rita-BID_VI_RECM_Rivera (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.85 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

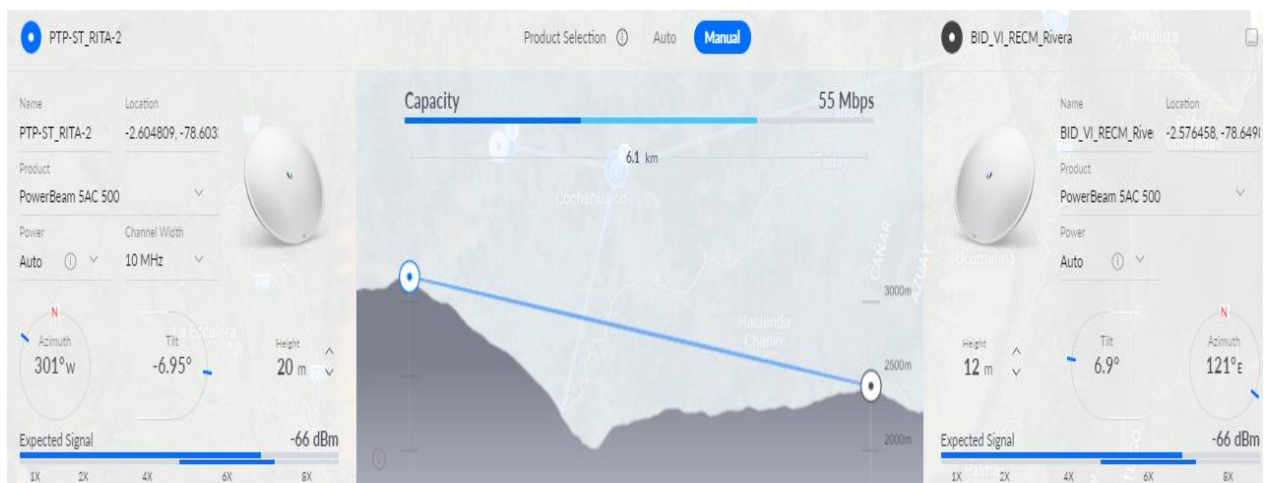


Figura 4.85 Enlace PTP Santa Rita-BID_VI_RECM_Rivera (ISP Design Center).

**4.6.2.2.9. Enlace PTP BID_VI_RECM_Rivera-
BID_VI_REC_Zhoray_Centro.**

El enlace PTP entre los re conectadores BID_VI_RECM_Rivera y BID_VI_REC_Zhoray_Centro permite la interconexión a la red inalámbrica de este último.

La Tabla 20 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 20 Enlace PTP BID_VI_RECM_Rivera-BID_VI_REC_Zhoray_Centro.

Enlace BID_VI_RECM_Rivera-BID_VI_REC_Zhoray_Centro				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	BID_VI_RECM_Rivera	-2.576458	-78.649839	0.44
Punto B	BID_VI_REC_Zhoray_Centro	-2.576945	-78.65382	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.86 permite determinar la distancia del enlace que es 0.44 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 1.3 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el re conectador de Rivera deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 263° y una elevación de 4.5°, mientras que para la antena ubicada en el re conectador Zhoray el ángulo azimut y de elevación deberá ser 83° y -4.5° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -46.8 dBm y 49.2 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 107.3 dB aproximadamente.

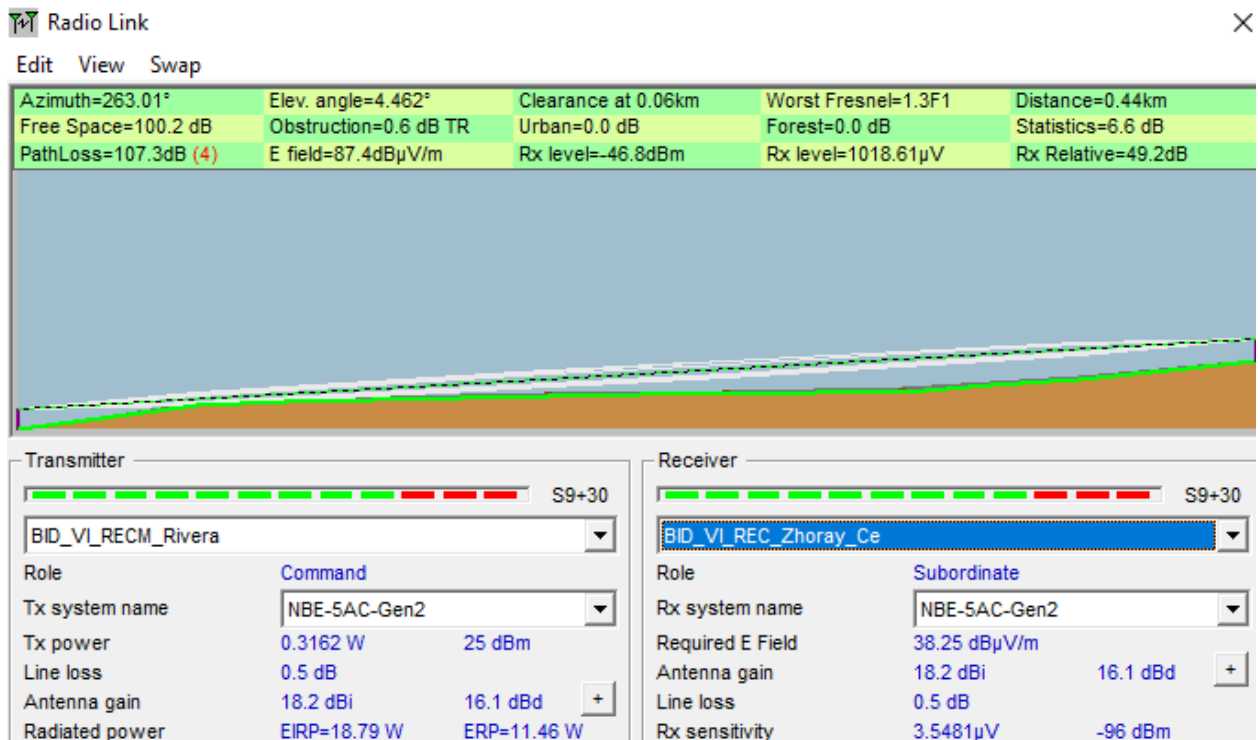


Figura 4.86 Enlace PTP BID_VI_RECM_Rivera-BID_VI_REC_Zhoray_Centro (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.87 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

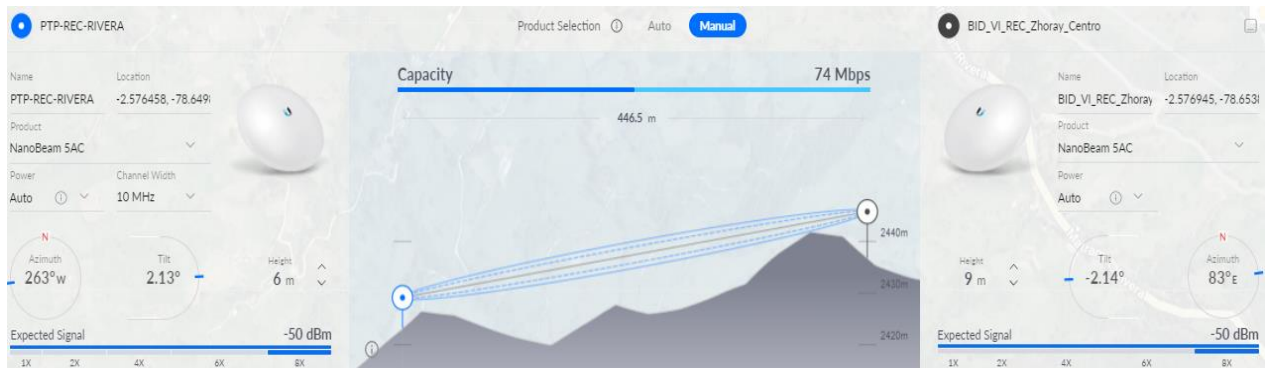


Figura 4.87 Enlace PTP BID_VI_RECM_Rivera-BID_VI_REC_Zhoray_Centro (ISP Design Center).

4.6.2.2.10. Enlace PTP BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay.

El enlace PTP entre los re conectadores BID_VI_RECM_Molobog y Rec_in_Tabacay permite la interconexión a la red inalámbrica de este último.

La Tabla 21 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 21 Enlace PTP BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay.

Enlace BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	BID_VI_RECM_Molobog	-2.701427	-78.842289	2.36
Punto B	Rec_in_Tabacay	-2.722228	-78.846388	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.88 permite determinar la distancia del enlace que es 2.36 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 1.0 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el re conectador de Molobog deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 191° y una elevación de -7.4°, mientras que para la antena ubicada en el re conectador de Tabacay el ángulo azimut y de elevación deberá ser 11° y 7.4° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -60.8 dBm y 35.2 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 120.5 dB aproximadamente.

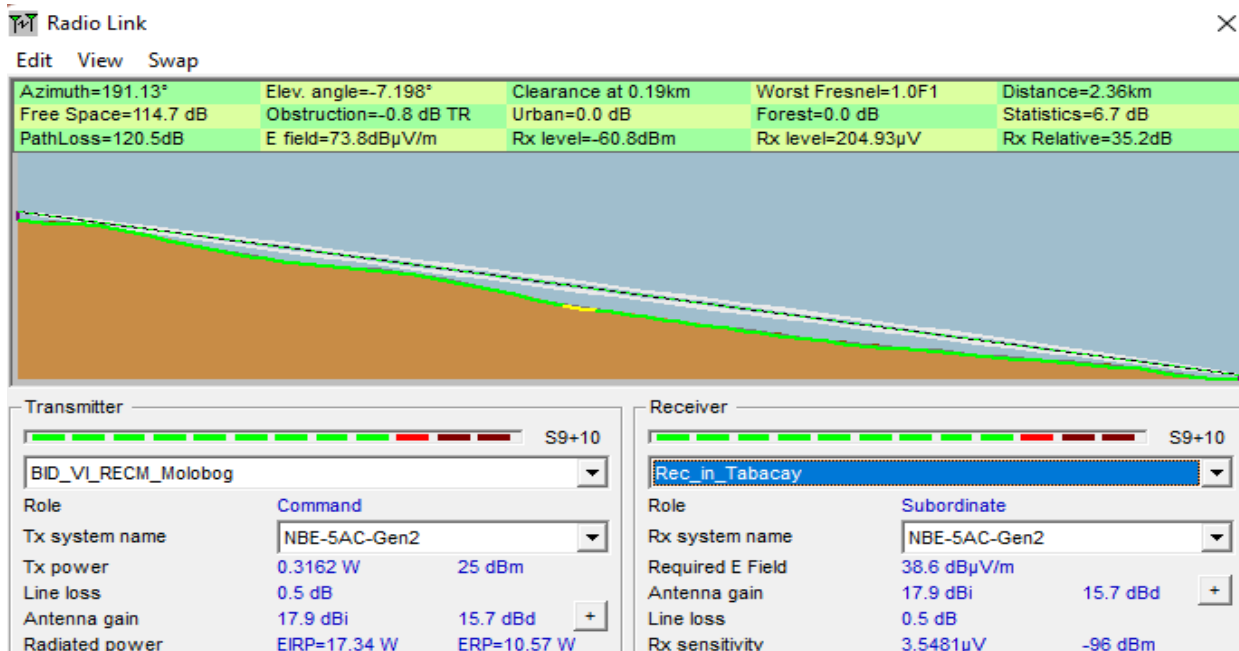


Figura 4.88 Enlace PTP BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.89 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

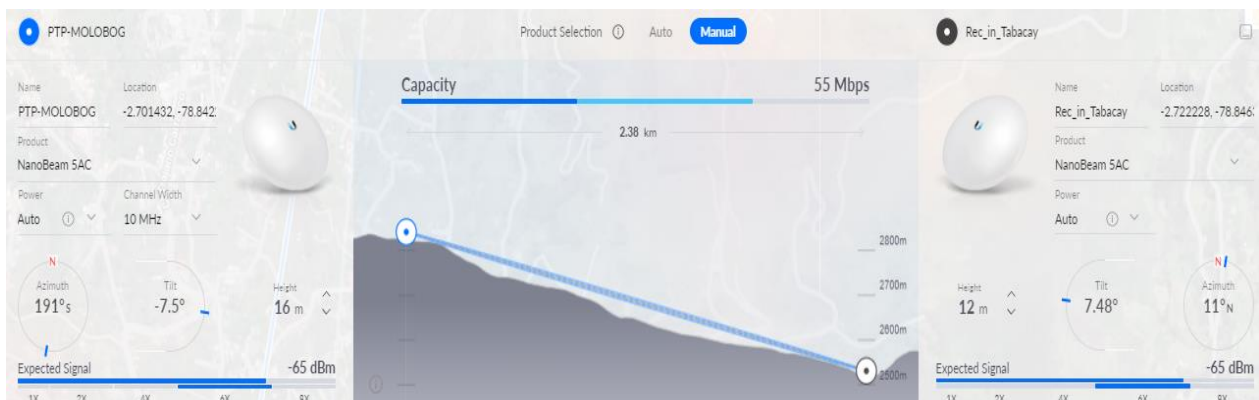


Figura 4.89 Enlace PTP BID_VI_RECM_Molobog-Rec_in_Tabacay (ISP Design Center).

4.6.2.2.11. Enlace PTP REC_ZHINDILIG-BID_V_Rec_LaVilla.

El enlace PTP entre los reconfiguradores REC_ZHINDILIG y BID_V_Rec_LaVilla permite la interconexión a la red inalámbrica de este último.

La tabla 22 describe los puntos conectados por este enlace, muestra también la distancia del radio enlace entre estos 2 puntos.

Tabla 22 Enlace PTP REC_ZHINDILIG-BID_V_Rec_LaVilla.

Enlace REC_ZHINDILIG-BID_V_Rec_LaVilla				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	REC_ZHINDILIG	-2.703945	-78.860643	7.03
Punto B	BID_V_Rec_LaVilla	-2.756256	-78.896316	

La simulación mediante Radio Mobile figura 4.90 permite determinar la distancia del enlace que es 7.03 Km y se puede apreciar un despeje total de la zona de Fresnel teniendo en la zona menos despejada un valor de 5.3 veces la primera zona de Fresnel. La antena ubicada en el reconfigurador de Zhindilig deberá tener una orientación en su ángulo azimut de 214° y una elevación de 1°, mientras que para la antena ubicada en el reconfigurador de La Villa el ángulo azimut y de elevación deberá ser 34° y -1° respectivamente. La simulación calcula un nivel de señal de recepción de -53.7 dBm y 36.3 dB de señal relativa de recepción. Las pérdidas en espacio libre serían de 131.1 dB aproximadamente.

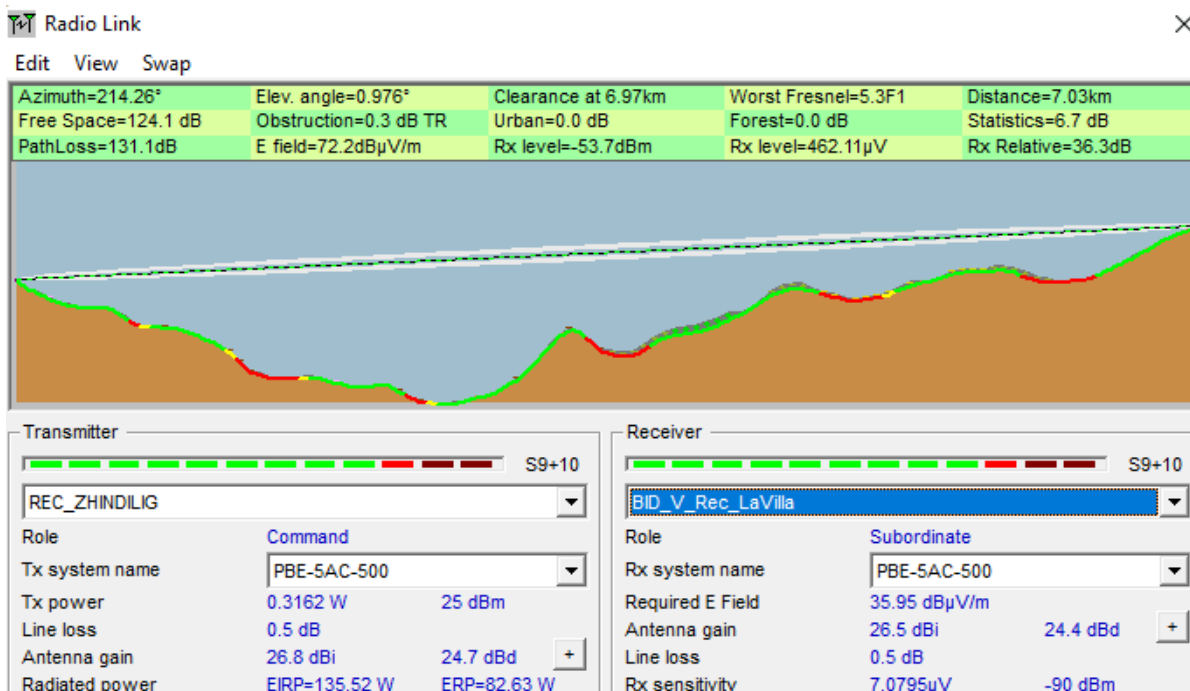


Figura 4.90 Enlace PTP REC_ZHINDILIG-BID_V_Rec_LaVilla (Radio Mobile).

De acuerdo con estos resultados se puede determinar que este enlace es factible. La figura 4.91 muestra los resultados del simulador propio de la marca. En la figura se puede confirmar la factibilidad del enlace, además, de la velocidad de transmisión aproximada para este enlace si se utiliza un ancho de canal de 10 MHz.

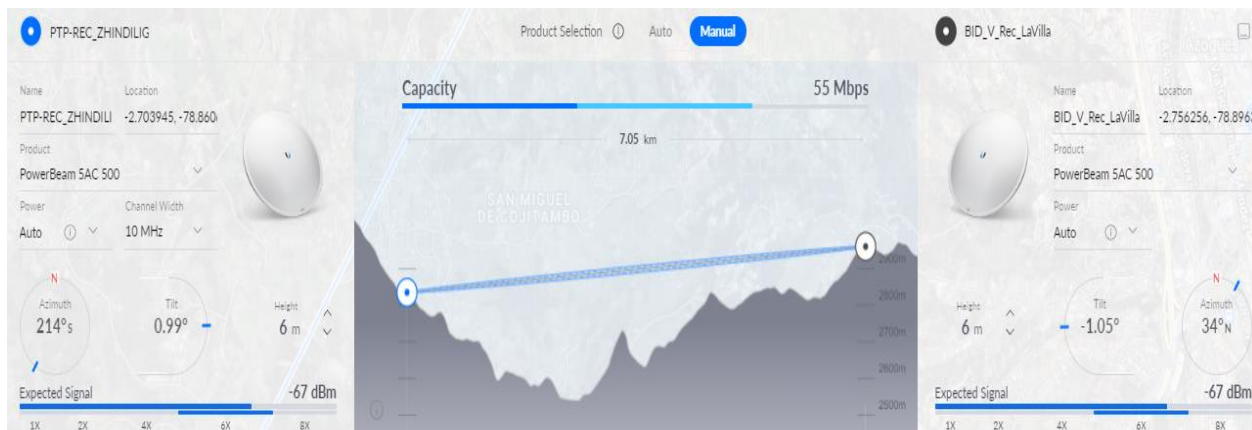


Figura 4.91 Enlace PTP REC_ZHINDILIG-BID_V_Rec_LaVilla (ISP Design Center).

4.7 Diseño Final De la Red Inalámbrica Para Reconectores EEA.

Gracias al análisis de las características y factibilidad de los enlaces para cada reconnector que fueron presentados en la sección anterior, se puede mostrar el diagrama del diseño final para la red inalámbrica para la conexión con los reectores de la Empresa Eléctrica de Azogues, el cual consta de 3 enlaces Punto Multipunto y 15 enlaces Punto a Punto.

De esta manera, la figura 4.92 presenta el diseño final de la red inalámbrica. En donde se pueden apreciar los enlaces PMP y PTP que conforman el diseño.

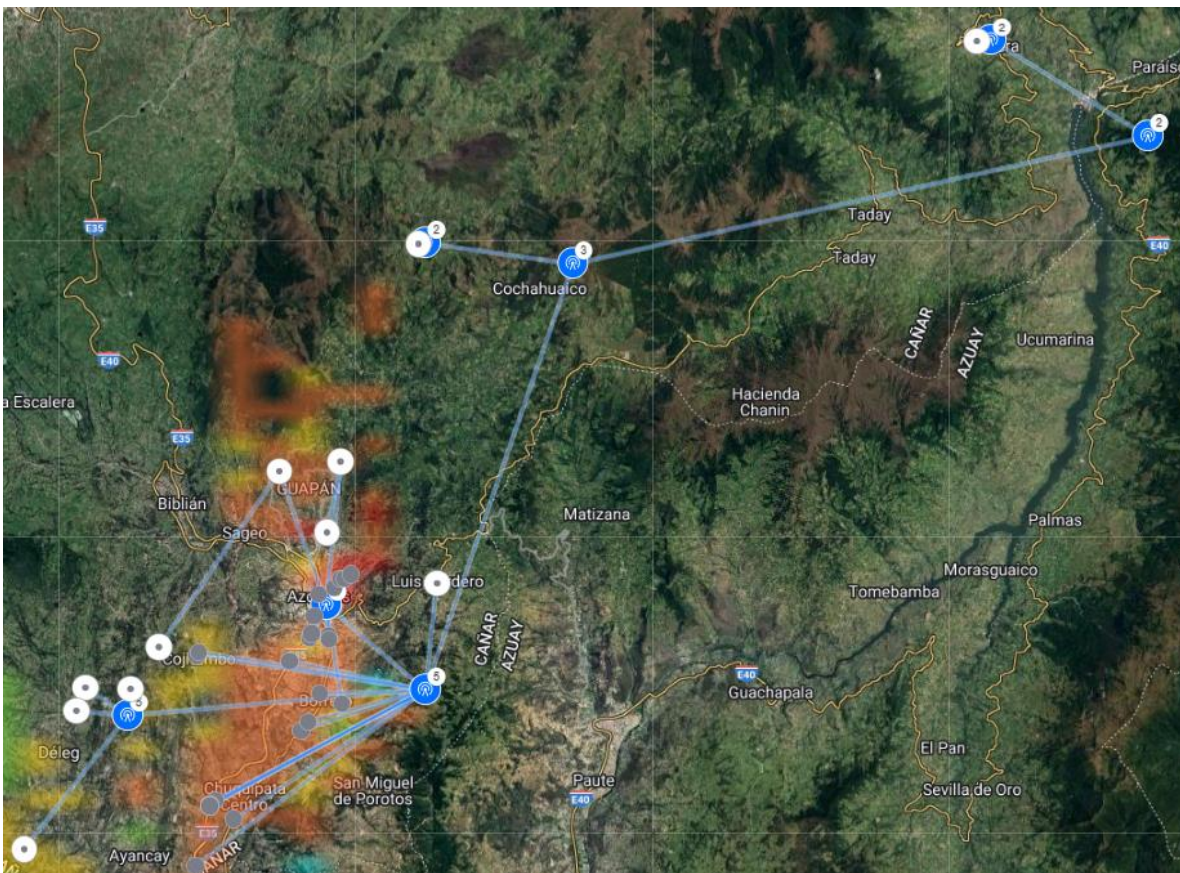


Figura 4.92 Diseño final de red inalámbrica para reectores EEA (ISP Design Center).

Con el diseño final se lograría dar conexión desde la Oficina Matriz de la EEA a los 36 reectores descritos en la Tabla 3. Con la cobertura de los 36 reectores la EEA obtendrá el acceso a estos dispositivos desde su centro de mando y control para las maniobras necesarias

y/o requeridas. La Tabla 23 muestra el detalle de los enlaces PMP mientras que la tabla 24 detalla los enlaces PTP dentro del diseño.

Tabla 23 Detalle de enlaces PMP para el diseño.

Nombre	Latitud	Longitud	Distancia al AP(Km)
Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-1			
Nombre	Latitud	Longitud	Distancia al AP(Km)
Rec Cdma Chofer1	-2.752811	-78.845722	1.03
Rec Cdma-Chofer2	-2.753634	-78.845918	1.12
INT1	-2.753473	-78.851753	1.24
INT2	-2.752016	-78.851046	1.05
INT3	-2.746943	-78.850408	0.55
BID VI RECM QuisQuis	-2.772875	-78.842161	3.30
Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-2			
Nombre	Latitud	Longitud	Distancia al AP(Km)
Rec Esc.16 Abril	-2.738832	-78.844299	0.59
Rec Vintimilla y F. Carrasco	-2.735971	-78.842497	0.97
REC IEES	-2.735942	-78.841302	1.04
REC ZHINDILIG	-2.703945	-78.860643	4.67
Rec Bayas	-2.734636	-78.839101	1.31
BID V Rec subterranas	-2.740287	-78.848999	0.44
BID VI RECM Molobog	-2.701427	-78.842289	4.71
Enlace Punto-Multipunto AP-Quisquis			
Nombre	Latitud	Longitud	Distancia al AP(Km)
Rec Redondell	-2.760372	-78.857342	4.55
Rec UNAE	-2.807062	-78.873982	7.60
Rec Divino-Niño	-2.769948	-78.848496	3.47
Rec Capizhum	-2.780952	-78.853907	4.29
Rec Bajada UNAE	-2.801403	-78.879378	7.80
Rec San Miguel	-2.778154	-78.851799	3.98
Rec Tablon	-2.802763	-78.881173	8.04
BID VI REC Zhullin	-2.822875	-78.884086	9.52
BID VI REC Tablon	-2.803206	-78.881289	8.08
BID V REC Cojitambo	-2.758532	-78.884984	7.60
BID VI REC Cojitambo Centro	-2.757618	-78.884266	7.54
BID VI REC Pampa Vintimilla	-2.803188	-78.881281	8.07

Tabla 24 Detalle de enlaces PTP para el diseño.

Enlace PTP Nodo Oficina Matriz-Nodo Quisquis				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Oficina Matriz	-2.743573	-78.846745	4.31
Punto B	Nodo Quisquis	-2.768724	-78.817235	
Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo San Nicolas				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Quisquis	-2.768724	-78.817235	9.85
Punto B	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	
Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI RECM San Nicolas				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	0.88
Punto B	BID VI RECM San Nicolas	-2.768485	-78.904351	
Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI INT Deleg bomberos				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	1.63
Punto B	BID VI INT Deleg bomberos	-2.768048	-78.917901	
Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI REC Deleg Suranpalti				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	1.68
Punto B	BID VI REC Deleg Suranpalti	-2.774861	-78.920767	
Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI RECM Solano Yolon				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo San Nicolas	-2.776255	-78.905677	5.57
Punto B	BID VI RECM Solano Yolon	-2.815953	-78.93625	
Enlace PTP Nodo Quisquis-BID VI RECM Chapte Lcordero				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Quisquis	-2.768724	-78.817235	3.52
Punto B	BID VI RECM Chapte LCordero	-2.737176	-78.814004	
Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo Pilzhum				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Quisquis	-2.768724	-78.817235	14.83
Punto B	Nodo Pilzhum	-2.642486	-78.773837	
Enlace PTP Nodo Pilzhum-Rec Cochahuico				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Pilzhum	-2.642486	-78.773837	4.86
Punto B	Rec Cochahuico	-2.636407	-78.817159	
Enlace PTP Rec Cochahuico-BID VI RECM SanJose St				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Rec Cochahuico	-2.636407	-78.817159	0.26
Punto B	BID VI RECM SanJose St.Rosa	-2.636737	-78.819433	
Enlace PTP Nodo Pilzhum-Nodo Santa Rita				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo Pilzhum	-2.642486	-78.773837	19.38
Punto B	Nodo St Rita	-2.604809	-78.60339	
Enlace Nodo Santa Rita-BID VI RECM Rivera				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	Nodo St Rita	-2.604809	-78.60339	6.04
Punto B	BID VI RECM Rivera	-2.576458	-78.649839	
Enlace BID VI RECM Rivera-BID VI REC Zhoray Centro				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	BID VI RECM Rivera	-2.576458	-78.649839	0.44
Punto B	BID VI REC Zhoray Centro	-2.576945	-78.65382	
Enlace BID VI RECM Molobog-Rec in Tabacay				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	BID VI RECM Molobog	-2.701427	-78.842289	2.36
Punto B	Rec in Tabacay	-2.722228	-78.846388	
Enlace REC ZHINDILIG-BID V Rec LaVilla				
	Nombre	Latitud	Longitud	Distancia(Km)
Punto A	REC ZHINDILIG	-2.703945	-78.860643	7.03
Punto B	BID V Rec LaVilla	-2.756256	-78.896316	

4.8 Equipos Sugeridos

La selección de los equipos es muy importante para el diseño de la red inalámbrica. Por esta razón los equipos con los que se elaboraron las simulaciones son los de la marca Ubiquiti Networks. Esta marca es una de las pioneras en el desarrollo de productos para enlaces inalámbricos y ofrece un gran catálogo de equipos caracterizados principalmente por su relación calidad-precio.

Las simulaciones elaboradas en el software Radio Mobile se parametrizan de acuerdo a la ficha técnica de cada dispositivo utilizando los parámetros principales como Potencia de transmisión, ganancia, sensibilidad de recepción, etc. Esto permite obtener valores en la simulación más cercanos a la realidad, permitiendo un mejor análisis de los datos entregados por el software.

Basado en las características de los enlaces expuestas en la sección anterior se evidencia diferentes distancias para los radio enlaces, por esta razón se utilizan 9 diferentes tipos de equipos cada uno con características específicas para funcionar en determinado enlace inalámbrico. Listados en la siguiente tabla:

La selección de los dispositivos fue realizada principalmente en relación de la distancia del enlace, en donde se considera el siguiente:

Para enlaces PTP y las estaciones PMP en donde la distancia sea menor a 3.5Km se utiliza el equipo **Nanobeam 5AC**, este dispositivo integra la radio base y la antena.

Para enlaces PTP y estaciones PMP en donde la distancia está entre 3.5 a 10 Km se utiliza el equipo **PowerBeam 5AC 500**, este dispositivo integra la radio base y la antena.

Para enlaces PTP en donde la distancia está entre 10 a 14 Km se utiliza el equipo **PowerBeam 5AC 620**, este dispositivo integra la radio base y la antena.

Para enlaces PTP mayores a 14 Km se combinan una Radio Base **Rocket M5** y antena **RD-5G34**.

Finalmente, para los Puntos de Acceso se utilizan la Radio Base **Rocket Prism 5AC** y las antenas sectoriales **AM-5G20-90 (90°)** y **AM-5AC21-60 (60°)**.

Las características principales de estos equipos se detallan en la Tabla 25.

Tabla 25 Características principales de equipos sugeridos.

#	Nombre	Ancho de Canal	Potencia RX (dBm)	Sensibilidad RX (dBm)	Ganancia (dBi)	Frecuencia (MHz)
1	Nanobeam 5AC	10/20/30/40/50/60/80	25	-90	19	5150-5875
2	PowerBeam 5AC 500	10/20/30/40/50/60/80	24	-90	27	5150-5875
3	PowerBeam 5AC 620	10/20/30/40/50/60/80	24	-90	29	5150-5875
4	Rocket M5	5/8/10/20/30/40	27	-94	--	5150-5875
5	Rocket Prism 5AC	10/20/30/40/50/60/80	28	-90	--	5150-5875
6	RD-5G34	--	--	--	31	5100-5800
7	AM-5G20-90	--	--	--	20.3	5150-5850
8	AM-5AC21-60	--	--	--	21	5100-5850

4.9 Análisis Económico

4.9.1 Introducción

Durante esta investigación se elaboró una propuesta para una posible futura implementación del diseño de una Red Híbrida para Comunicación de los Equipos de Seccionamiento y Maniobra de la Red de Distribución de la Empresa Eléctrica de Azogues, en el cual se realizó un estudio económico basado en datos oficiales establecidos por la ley, se realizó un desglose de rubros de cada precio unitario correspondiente a costo de equipos y herramientas, costo de mano de obra, costos de salario por ley y costo de transporte.

En el detalle del presupuesto presentado en las tablas se observa la información requerida para justificar cada uno de los rubros y los gastos necesarios con los que se basa para elaborar el presente diseño.

4.9.2 Conteo y Cálculo de Equipos y Herramientas

En este ítem se procedió a seleccionar el tipo y cantidad de equipos de radiofrecuencia necesaria para cada Radio Base, enlace punto a punto, punto multipunto, esto mediante el software que facilita la plataforma de Ubiquiti “ISP Design” en conjunto con el software “RadioMobile”, en la tabla 26 se presenta la cantidad necesaria de equipos y materiales por cada enlace Punto Multipunto y en la tabla 27 se observa el tipo y cantidad de materiales necesarios para enlaces Punto a Punto.

Tabla 26 Conteo de Equipos y Materiales en Enlaces Punto - Multipunto

	Rocket Prism 5AC	AM-5AC21-60	AM-5G20-90	NanoBeam 5AC	PowerBeam 5AC 500	PowerBeam 5AC	Cable de Datos FTP 8 HILOS BLINDADO Cat 6E, Caja 100 m	Conectores RJ45 Categoría 6E	Patch Cords ETH de fabrica 2m
Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-1									
Rec Cdlá Chofer1				1			15	5	2
Rec_Cdlá-Chofer2				1			15	5	2
INT1				1			15	5	1
INT2				1					
INT3				1			15	5	1
BID_VI_RECM_QuisQuis					1		15	5	1
Enlace Punto-Multipunto AP-Matriz-2									
Rec Esc.16 Abril				1					
Rec_Vintimilla y F. Carrasco				1			15	5	2
REC IEES				1			15	4	2
REC_ZHINDILIG					1		15	5	2
Rec Bayas				1					
BID V Rec subterranas				1			15	4	1
BID_VI_RECM_Molobog					1		15	4	2
Enlace Punto-Multipunto AP-Quisquis									
Rec Redondell					1				
Rec_UNAE					1		15	4	2
Rec_Divino-Niño					1		15	4	2
Rec_Capizhum					1		15	4	2
Rec Bajada UNAE				1					
Rec_San_Miguel					1		15	4	2
Rec_Tablón					1		15	4	2
BID_VI_REC_Zhullin					1		15	4	2
BID_VI_REC_Tablón					1				
BID_V_REC_Cojitambo					1		15	4	2
BID_VI_REC_Cojitambo_Centro					1		15	5	1
BID_VI_REC_Pampa_Vintimilla						0	15	5	1
Nodo Oficina Matriz	2		2				15	4	2
Nodo Quisquis	1	1					15	4	2
Nodo Pilzhum							15	4	2
Subtotal	3	1	2	11	13	0	330	97	38

Tabla 27 Conteo de Equipos y Materiales en Enlaces Punto a Punto

		Nano Beam 5AC	PowerBeam 5AC 620	PowerBeam 5AC 500	Rocket M5	RD-5G31-AC	Cable de Datos FTP 8 HILOS BUNDADO Cat 6E, Caja 100m	Conectores RJ45 Categoría 6E	Patch Cords ETH de fabrica 2m
Enlace PTP Nodo Oficina Matriz-Nodo Quisquis									
Punto A	Nodo Oficina Matriz			1			15	5	2
Punto B	Nodo Quisquis			1			15	5	2
Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo San Nicolas									
Punto A	Nodo Quisquis		1				15	5	2
Punto B	Nodo San Nicolas		1				15	5	2
Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI RECM San Nicolas									
Punto A	Nodo San Nicolas	1					15	5	2
Punto B	BID VI RECM San Nicolas	1					15	5	2
Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI INT Deleg bomberos									
Punto A	Nodo San Nicolas	1					15	5	2
Punto B	BID VI INT Deleg bomberos	1					15	5	2
Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI REC Deleg Suranpalti									
Punto A	Nodo San Nicolas	1					15	5	2
Punto B	BID VI REC Deleg Suranpalti	1					15	5	2
Enlace PTP Nodo San Nicolas-BID VI RECM Solano Yolon									
Punto A	Nodo San Nicolas			1			15	5	2
Punto B	BID VI RECM Solano Yolon			1			15	5	2
Enlace PTP Nodo Quisquis-BID VI RECM Chapte Lcordero									
Punto A	Nodo Quisquis	1					15	5	2
Punto B	BID VI RECM Chapte Lcordero	1					15	5	2
Enlace PTP Nodo Quisquis-Nodo Pilzhum					1	1			
Punto A	Nodo Quisquis				1	1	15	5	2
Punto B	Nodo Pilzhum						15	5	2
Enlace PTP Nodo Pilzhum-Rec Cochahuico									
Punto A	Nodo Pilzhum			1			15	5	2
Punto B	Rec Cochahuico			1			15	5	2
Enlace PTP Rec Cochahuico-BID VI RECM SanJose St									
Punto A	Rec Cochahuico	1					15	5	2
Punto B	BID VI RECM SanJose St.Rosa	1					15	5	2
Enlace PTP Nodo Pilzhum-Nodo Santa Rita									
Punto A	Nodo Pilzhum				1	1	15	5	2
Punto B	Nodo S Rita				1	1	15	5	2
Enlace Nodo Santa Rita-BID VI RECM Rivera									
Punto A	Nodo S Rita			1			15	5	2
Punto B	BID VI RECM Rivera			1			15	5	2
Enlace BID VI RECM Rivera-BID VI REC Zhoray Centro									
Punto A	BID VI RECM Rivera	1					15	5	2
Punto B	BID VI REC Zhoray Centro	1					15	5	2
Enlace BID VI RECM Molobog-Rec in Tabacay									
Punto A	BID VI RECM Molobog	1					15	5	2
Punto B	Rec in Tabacay	1					15	5	2
Enlace REC ZHINDILIG-BID V Rec LaVilla									
Punto A	REC ZHINDILIG			1			15	5	2
Punto B	BID V Rec LaVilla			1			15	5	2
Subtotal		14	2	10	4	4	450	150	60

Una vez obtenido la cantidad y tipo de equipos a utilizar se procede a realizar un desglose de los costos unitarios reales de cada uno de las Radiofrecuencias y materiales para el funcionamiento de las mismas, estos costos son multiplicados por la cantidad total necesaria en cada nodo y reconector.

Los precios de los materiales y herramientas se obtuvieron de catálogos de distribuidores oficiales, los equipos de Radiofrecuencia serían importados por lo que al precio real unitario se le añade el valor de los impuestos establecidos por el Servicio Nacional de Aduana del Ecuador.

Tabla 28 Impuestos de materiales importados

Impuestos de Equipos Importados	
IMPUESTO	PORCENTAJE %
ISD (SALIDA DE DIVISAS)	5% del VALOR UNITARIO (VU)
ARANCEL ESPECIFICO A LA MERCANCIA	10% del VUR
AD-VALOREM (ARANCEL COBRADO DE LAS MERCANCIAS)	20% del CIF
FODINFA (FONDO DE DESARROLLO PARA LA INFANCIA)	0,5% de CIF
IVA (IMPUESTO AL VALOR AGREGADO)	12% de CIF+ADV+FODINFA+ICE

En la tabla 29 se detalla los precios reales unitarios de los equipos Radio Base Rocket Prism 5AC, antenas sectoriales AM-5AC21-60, antenas sectoriales AM-5G20-90, Radio NanoBeam 5AC, Radio PowerBeam 5AC 620, Radio PowerBeam 5AC, Radio PowerBeam 5AC 500, Radio Base Rocket M5, Antena Directiva RD-5G34, a estos equipos se les sumó el valor de los impuestos de importación, el costo total es de \$13498,99.

Tabla 29 Costo de Equipos y Materiales

ITEM	EQUIPO	TOTAL EQUIPOS	Valor Unitario Real	Subtotal	Subtotal + Impuesto
1	Radio Base Rocket Prism 5AC	3	249	747	1008,45
2	Antena Sectorial 60° AM-5AC21-60	1	199	199	268,65
3	Antena Sectorial 90° AM-5G20-90	2	139	278	375,3
4	Radio NanoBeam 5AC	25	99	2475	3341,25
5	Radio PowerBeam 5AC 620	2	219	438	591,3
6	Radio PowerBeam 5AC	0	119	0	0
7	Radio PowerBeam 5AC 500	23	159	3657	4936,95
8	Radio Base Rocket M5	4	89	356	480,6
9	Antena Directiva RD-5G34	4	329	1316	1776,6
10	Cable de Datos FTP 8 HILOS BLINDADO Cat 6E, Caja 100m	450	1,3	585	585
11	Conectores RJ45 Categoría 6E 50 unidades	126	0,1448	18,2448	18,2448
12	Patch Cords ETH de fabrica 2m	54	2,16	116,64	116,64
				Subtotal Equipos	13498,985

4.9.3 Cálculo de Costo por Mano de Obra

Para la realización de este diseño se requieren veinte y cinco instalaciones, configuraciones y puesta en operación de equipos inalámbricos CPE (Equipo Terminal), tres instalaciones, configuraciones y puesta en operación de equipos inalámbricos AP en postes o torres (Punto de Acceso), treinta instalaciones, configuraciones y puesta en operación de equipos inalámbricos CPE (Punto a Punto), las mismas que se detallan en la tabla 27.

En el cálculo se analizaron costos directos como el costo/hora de trabajo del salario por ley del personal contratado, costo/hora del vehículo, costo/hora de las herramientas que hace uso el contratista, costos unitarios de cada uno de ellos y costo indirecto valor global equivalente al 25%, estos costos varían ya sea por el tiempo que toma en llegar al destino de cada enlace, el tiempo que tome la instalación de los equipos en los distintos lugares, la cantidad de personal, etc. Este cálculo se detalla en el ANEXO 4.

En la tabla 31 se especifica el presupuesto final obtenido mediante un procedimiento lógico y con valores monetarios reales es de 33129.08 para la realización de la mano de obra.

Tabla 30 Conteo Mano de Obra Reconectores y Nodos

	MANO DE OBRA		
	Instalación, configuración y puesta en operación de equipos inalámbricos CPE (Equipo Terminal)	Instalación, configuración y puesta en operación de equipos inalámbricos AP en postes o torres (Punto de Acceso)	Instalación, configuración y puesta en operación de equipos inalámbricos CPE (Punto a Punto)
RECONECTADORES			
Rec Cdla-Chofer2	1		
Rec Cdla Chofer1	1		
INT1	1		
INT2	1		
INT3	1		
BID VI RECM QuisQuis	1		
Rec_Esc.16_Abril	1		
Rec_Vintimilla y F. Carrasco	1		
REC IEES	1		
REC_ZHINDILIG	1		1
Rec_Bayas	1		
BID V Rec subterraneeas	1		
BID VI RECM Molobog	1		1
Rec_Redondel1	1		
Rec UNAE	1		
Rec_Divino-Niño	1		
Rec_Capizhum	1		
Rec_Bajada_UNAE	1		
Rec_San_Miguel	1		
Rec_Tablón	1		
BID VI REC Zhullin	1		
BID VI REC Tablón	1		
BID V REC Cojitambo	1		
BID VI REC Cojitambo Centro	1		
BID VI REC Pampa Vintimilla	1		
BID VI RECM Chapte LCordero			1
BID VI RECM San Nicolas			1
BID VI INT Deleg bomberos			1
BID VI REC Deleg Suranpalti			1
BID VI RECM Solano Yolon			1
BID VI RECM SanJose St.Rosa			1
Rec_Cochahuico			2
BID VI REC Zhoray Centro			1
BID VI RECM Rivera			2
Rec_in Tabacay			1
BID V Rec LaVilla			1
NODOS			
nodo-matriz		2	1
nodo-quisquis		1	4
nodo-pilzhum			3
nodo-San Nicolas			5
nodo-st-rita			2
TOTAL	25	3	30

Tabla 31 Cálculo Mano de Obra

MANO DE OBRA CALIFICADA	TOTAL	P.U	TOTAL
Instalación, configuración y puesta en operación de equipos inalámbricos CPE (Equipo Terminal)	25	525,35	13133,75
Instalación, configuración y puesta en operación de equipos inalámbricos AP en postes o torres (Punto de Acceso)	3	277,21	831,63
Instalación, configuración y puesta en operación de equipos inalámbricos CPE (Punto a Punto)	30	638,79	19163,7
Subtotal			33129,08

4.9.4 Presupuesto Total del Proyecto

El presupuesto total del diseño se basa en la suma del subtotal de los materiales y del subtotal de la mano de obra, en la tabla 32 se detallan este cálculo, dando como presupuesto total necesario para una posible futura implementación en la EEA, sería de \$ 46628,066, este valor es menor a la máxima cuantía permitida por la empresa.

Tabla 32 Presupuesto Total

PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO	VALOR
Subtotal de Materiales	13498,985
Subtotal de Mano de Obra	33129,08
Total Presupuestado	46628,065

CONCLUSIONES

- El diseño elaborado en este trabajo sigue los requerimientos emitidos por la Empresa Eléctrica de Azogues, a través del tutor asignado. Toda la información facilitada por la EEA acerca de la ubicación de los reconectores existentes y proyectados, además de los nodos de comunicación utilizados en el presente diseño es de carácter confidencial pues contienen su ubicación exacta y real de los elementos mencionados, debiendo tratarse con debido cuidado para proteger los bienes de la EEA. Esta información fue exclusivamente utilizada en este trabajo para el diseño de la red inalámbrica sin modificación alguna.
- El análisis de los enlaces presentados en este trabajo se realizó utilizando el software Radio Mobile, en donde se trabajó todo el diseño de la red inalámbrica, este software permite obtener parámetros detallados del enlace a tratar, lo cual determina la factibilidad de cada enlace. Los equipos con los cuales se realizaron las simulaciones fueron parametrizados según la ficha técnica de los equipos revisados en la sección de Equipos Sugeridos. Sin embargo, no se puede modelar un equipo con las características exactas de funcionamiento razón por la cual también se trabajó el diseño de la red en el software propio de la marca llamado ISP Design Center, el cual tiene parametrizado los elementos de la simulación más exactos a la realidad. Aunque no aporta los mismos datos que Radio Mobile genera datos estimados llamativos y de gran utilidad como el área de cobertura, velocidad de transmisión y señal de recepción en las antenas. El uso de estos simuladores fue de gran ayuda al determinar la factibilidad de cada enlace.

- Previo a determinar el tipo de enlace (PTP o PMP) para cada reconfigurador se evaluó la conexión a cada uno de los nodos para determinar a cuál debería conectarse para que el enlace sea factible, después se procedió al análisis de los enlaces PTP o PMP que conforman el diseño final. Los enlaces de los 36 reconfiguradores son factibles según los datos de los dos simuladores, para eso se tienen en cuenta principalmente la existencia de línea de vista (LOS), nivel de señal en el receptor, distancia del enlace y despeje de la primera zona de Fresnel.
- El diseño final obtenido permite la interconexión de los 36 reconfiguradores descritos. El diseño final está conformado por los 3 Puntos de Acceso (PMP) y 15 enlaces Punto a Punto desglosados en el capítulo 4 de este trabajo. Cabe recalcar que la EEA ha desplegado una red de fibra óptica para interconectar la mayoría de los reconfiguradores que actualmente están en operación, por lo cual la red diseñada pasaría a funcionar como una red de respaldo (Backup) en dichos reconfiguradores, mientras que los reconfiguradores proyectados serían la red principal de comunicación.
- Los equipos sugeridos fueron seleccionados debido a su relación de costo beneficio, pues son equipos que presentan buenas características a un precio accesible. Los equipos seleccionados teóricamente están diseñados para alcanzar un enlace de mayores distancias, sin embargo, como se describe en la sección 4.6.4 estos equipos fueron considerados para enlaces de menor distancia, esto debido a que en la práctica las distancias teóricas se ven muy afectadas por perturbaciones en el ambiente de trabajo como temperatura, interferencias radioeléctricas, lluvia, vegetación, etc. Por esta razón se recomienda cada modelo para enlaces de un rango

de distancia en donde se garantice su funcionamiento óptimo. Lo anteriormente expuesto no restringe el uso exclusivo de equipos de la marca sugerida, pues el diseño de la red inalámbrica puede trabajar con equipos que tengan igual o mejores características a las expuestas en la tabla 4.23.

- Existen equipos que en el país no son de adquisición sencilla por lo que se deberían importar, tomando en cuenta el costo extra por los impuestos establecidos por el Servicio Nacional de Aduana, también se debe tener en cuenta que los precios unitarios de las herramientas van a variar dependiendo del distribuidor al que se elija para la compra, el total del costo de equipos que se obtuvo es de \$ 13498.985.
- El costo total final obtenido para este diseño es de \$ 46628,06, este valor es menor a la máxima cuantía permitida por la EEA, determinando así que no existe una desvalorización ni una inflación en el presupuesto final del diseño realizado.

RECOMENDACIONES

- El alcance de diseño no analiza la seguridad de la red inalámbrica, aunque los equipos sugeridos cuentan con configuraciones para dotar de cierta seguridad como el anclaje de equipos por MAC Address para restringir el acceso a equipos no registrados en la red, se recomienda en caso de la implementación del diseño controlar el acceso a la red o dispositivos de control, mediante el uso de equipos diseñados para esas funciones específicas como por ejemplo Cortafuegos de perímetro (Firewalls) o Control de Acceso a la red (NAC) para permitir el tráfico de red únicamente a las direcciones IP y puertos específicos de los diferentes dispositivos que la conforman.
- Como se menciona en las conclusiones anteriores el diseño de la red inalámbrica servirá como una red de respaldo en ciertos reconfiguradores, por lo cual se recomienda la implementación de algún protocolo de ruteo dinámico como OSPF o BGP que permita la creación de rutas alternas al detectar alguna falla en la red principal de fibra óptica, así se puede tener una mayor disponibilidad de la conexión con cada reconfigurador, dotando de cierta autonomía a toda la red de conexión de los reconfiguradores con el centro de control.
- El diseño considera colocar un dispositivo de conexión inalámbrica (Antena CPE) en cada uno de los 36 reconfiguradores para permitir la conexión de dicho dispositivo a la red. Esto puede incurrir en costos altos para la implementación. Para tratar de ajustar el presupuesto se recomienda el uso de la red de fibra óptica para evitar la colocación de antenas CPE en cada reconfigurador. Por ejemplo, los reconfiguradores que siguen la avenida Panamericana desde Azogues hasta la Universidad Nacional

de Educadores (UNAE) pertenecen a una misma manga de fibra óptica, es decir todos tienen la misma línea de conexión a la red, en este caso se podría optar por colocar antenas CPE en el primer y último reconector de la manga así se evita los costos de equipos e implementación en el resto de reconectores y en caso de falla en la fibra óptica en algún punto se podría llegar al resto de reconectores a través de los enlaces inalámbricos. Claro está, que en el caso teórico de falla en dos puntos diferentes de la red de fibra óptica se perdería la conexión a los reconectores ubicados entre dichos puntos de falla.

REFERENCIAS

[1] Sánchez Loor, L. I., & Torres Bermeo, P. A. (2009). Estudio y diseño de un sistema de comunicaciones para reconectores de la Centrosur. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/6638>.

[2] Oñate Viera, Vanessa de los Ángeles (2014). Diseño e implementación del sistema de comunicación inalámbrico para interconectar la SMART GRID formada por los reconectores U-series WITH ADVC Controller en la red de distribución eléctrica de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.

[3] Ortega Castro, J., & Bustamante Maldonado, M. (2016). Enlace de reconectores a un sistema SCADA mediante una red de comunicaciones. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 3(3), 122-128.

<https://doi.org/10.26423/rctu.v3i3.174>

[4] C. A. Peñuela Meneses and J. R. S. Mantovani, "Improving the Grid Operation and Reliability Cost of Distribution Systems With Dispersed Generation," in *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 28, no. 3, pp. 2485-2496, Aug. 2013.

doi: 10.1109/TPWRS.2012.2235863.

[5] Hacker Friendly LLC, (2008). WIRELESS NETWORKING IN THE DEVELOPING WORLD, *Redes Inalámbricas en los Países de Desarrollo*.

[6] S. Logroño and M. Moya, (2019) "Aplicación de la tecnología LTE en sistemas de gestión de emergencias," *Ciencia Digital*, vol. 3, no. 3.2.1.

<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.798>

[7] NOJA Power Switechgear. (2011). Accesorios Cubículo de control y Comunicaciones RC10.

[8] Contreras Vallejo, C. R. (2012). Diseño de una red WIMAX para la ciudad de Azogues. Universidad del Azuay -Facultad de Ciencia y Tecnología -Escuela de Ingeniería Electrónica
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/341>

[9] J. Xu, K. Ota and M. Dong, "LUNA: Lightweight UAV Navigation Based on Airborne Vision for Disaster Management," 2019 International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), 2019, pp. 315-322.

doi: 10.1109/iThings/GreenCom/CPSCom/SmartData.2019.00073.

[10] J. M. Huidrobo, (2014), Telecomunicaciones. Tecnologías, Redes y Servicios, Madrid: Ra-Ma.

ISBN 9788428329224

[11] Hacker Friendly LLC, (2008), WIRELESS NETWORKING IN THE DEVELOPING WORLD, Redes Inalámbricas en los Países de Desarrollo. Tercera Edición.

<http://hackerfriendly.com>

[12] Loyola Pinos, m. a., & Becerra Delgado, p. a. (2015). MANUAL PARA LA APLICACION DE LA TECNOLOGIA ZIGBEE PARA EDIFICIOS INTELIGENTES EN LA CIUDAD DE CUENCA. Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, CUENCA.

[13] Romero Kanashiro, W. (2013). Redes inalámbricas y simulación de WLAN mediante OPNET.

<http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/18261/8/wromeroPFC0113memoria>

[14] Salazar, J. (2016). Redes Inalámbricas (N 40).

<http://TechPedia.com>

[15] ZigBee Alliance, (2015).

Javier Martín Moreno, Daniel Ruiz Fernández, (2007). Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4)

<http://www.zigbee.org>

[16] LPWAN technologies for smart cities: River monitoring use-case, in: Proc. of WCNCW, San Francisco, CA, USA, 2017, pp. 17–22

<http://www.lora-alliance.org>

[17] K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel y F. Meyer, (2018). "Overview of Cellular LPWAN Technologies for IoT Deployment: Sigfox, LoRaWAN, and NB-IoT", 2018 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops), pp. 197-202

doi: 10.1109/PERCOMW.2018.8480255.

[18] Culler, D., Chakrabarti, S., & Infusion, I. P. (2009). 6LoWPAN: Incorporating IEEE 802.15. 4 into the IP architecture. White paper.

[19] OSM Automatic Circuit Recloser, Product Guide Abb, “Reconectador OVR & Control PCD”, 2011

[20] Panchi Alvear, Luis, & Iza G, Freddy S. (2011). Estudio de Diseño de Diagramas de Operación en Sistemas de Supervisión, Control & Adquisición de Datos en Tiempo Real “SCADA” para Subestaciones de Distribución. Ingenias. Revista de Ciencia y Tecnología, (5),3-14. [fecha de Consulta 26 de Julio de 2022]. ISSN: 1390-650X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=505554809002>

[21] Fabián Andrés Acevedo-Cardozo^{1a}, Laura Camila Calderón-Soto^{1b}, Juan Camilo González-Castillo^{1C}, Hermann Raúl Vargas-Torres, Comunicación de sistemas eléctricos basados en la Norma IEC 61850: Desarrollo de caso usando sampled values en servicios Cliente-Servidor,

[22] Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo, Universidad técnica de Ambato, (2016) “red de comunicaciones y la relación en la gestión operativa de reconectores a través de UN Sistema scada”.

ANEXOS

Cálculos Para Mano De Obra

ANEXO 1: Salario real hora de mercado del trabajador

CALCULO DE SALARIO REAL HORA PARA EL PERSONAL DEL GRUPO DE TELECOMUNICACIONES 2022										
DENOMINACIÓN	SUELDO MENSUAL	COSTO ANUAL						JORNADA REAL		
		SUELDO UNIFICADO	XIII	XIV	IESS 11.15%	FONDO DE RESERVA	TOTAL	MENSUAL	DIA	HORA
					IECE 0.5%					
Especialista de Telecomunicaciones (B3)	456,88	5482,56	456,88	425,00	666,13	456,70	7487,27	964,03	32,13	4,02
Técnico de Redes de Datos (C2)	454,54	5454,48	454,54	425,00	662,72	454,36	7451,10	955,27	31,84	3,98
TÉCNICO DE Planta Externa/ Cablista/ Instalador (D2)	449,45	5393,4	449,45	425,00	655,30	449,27	7372,42	945,18	31,51	3,94
Chofer (C4)	617,51	7410,12	617,51	425,00	900,33	617,26	9970,22	1278,23	42,61	5,33
Secretaria (D1)	433,24	5198,88	433,24	425,00	631,66	433,07	7121,85	913,06	30,44	3,80

DIAS EFECTIVOS TRABAJADOS		
SABADOS Y DOMINGOS		105
FERIADO/2020		10
VACACIONES		15
OTROS		2
TOTAL		132
Días	365	
DÍAS TRABAJADOS	233	
FACTOR SALARIO REAL	1,57	Días pagados/días trabajados

ANEXO 2: Costo total por hora de la camioneta

COSTO HORARIO VEHICULO (CAMIONETA)				
1.- Costo Fijo Horario				
1.1 Cálculo de la depreciación				
Descripción	Valor del Equipo (VE)	Valor Residual (VR)	Vida Útil (VU)	Depreciación \$/día
Camioneta Chevrolet Dmax	21000	4200	1825	9,205
1.2 Cálculo valor del seguro				
Descripción	Valor del seguro anual (VS)	Días del año (DA)	Seguro \$/día	
Camioneta Chevrolet Dmax	756	365	2,071	
1.3 Cálculo costo de mantenimiento				
Descripción	Valor del Equipo (VE)	Vida Útil (VU)	Mantenimiento \$/día	
Camioneta Chevrolet Dmax	21000	1825	2,877	
1.4 Cálculo interés del capital				
Descripción	Interés Medio Anual (IMA)	Tasa de Interés (TI)%	Tasa de Interés \$/día	
Camioneta Chevrolet Dmax	47362,19	11,3	2,933	
1.5 Costo de la matrícula				
Descripción	VM (Valor Matrícula)	Días del año (DA)	CM \$/día	
Camioneta Chevrolet Dmax	469,95	365	1,288	
1.6 Costo tasa solidaria				
Descripción	TS	Días del año (DA)	CTS \$/día	
Camioneta Chevrolet Dmax			0,000	
1.7 Costo impuesto ro daje				
Descripción	IR	Días del año (DA)	VR/DA	
Camioneta Chevrolet Dmax	0,002	365	0,115	
1.8 Impuesto Cuenca Aire				
Descripción	ICA	Días del año (DA)	CICA \$/día	
Camioneta Chevrolet Dmax	0	0	0,000	
COSTO FIJO HORARIO (CFH)		\$/H	3,081	

2.- Costo Variable (Kilometros)				
2.1 - Costo de la gasolina				
Descripción	Precio de la gasolina(DIESEL) por galón	Rendimiento km	Gasolina \$/km	
Camioneta Chevrolet Dmax	1,8	40	0,045	
2.2 Costo aceite				
Descripción	(Factor consumo)*(Precio galon de la aceite)	Rendimiento de la aceite	Aceite \$/km	
Camioneta Chevrolet Dmax	36	36000	0,001	
2.3 Costo llantas				
Descripción	(Numero de llantas)*(Precio de llantas)	Rendimiento Llantas	Llantas \$/km	
Camioneta Chevrolet Dmax	520	50000	0,010	
COSTO HORARIO DEL EQUIPO				
Descripción	Costo Consumo por Km	Costo Consumo por Km por Día	Costos Variables km por hora	Costo Horario del equipo
Camioneta Chevrolet Dmax	0,056	5,64	0,71	3,79

ANEXO 3: Costo por hora de Equipos y herramientas

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE REPOSICIÓN (AÑO)	CANTIDAD	P.UNITARIO	PRECIO POR AÑO	PRECIO POR HORA
1	Overol	2	3	30	45	0,02
2	Botas de cuero	2	3	50	75	0,04
3	Casco de seguridad	1	3	12,73	38,19	0,02
4	Guantes	1	3	1,77	5,31	0,00
5	Encauchado	1	4	9	36	0,02
6	Cinturon de seguridad	2	3	70	105	0,06
7	Escalera	2	4	400	800	0,43
8	Martillo de 2 lbs.	1	1	10,62	10,62	0,006
9	Destornillador de 3"	1	5	1,5	7,5	0,0040
13	Taladro	1	1	168,97	168,97	0,09
14	Herramientas menores	2	1	100	50	0,03
15	Computadora	1	2	1100	2200	1,18
16	Impresora	1	1	120	120	0,06
17	Utiles de oficina	2	1	100	50	0,03
18	Mobiliario	1	1	600	600	0,32
19	Radio VHF	1	1	400	400	0,21
20	GPS	1	1	680	680	0,36
21	Multimetro	2	1	150	75	0,04
22	ponchadora	2	2	8,33	8,33	0,004
23	Etiquetadora	1	1	152,91	152,91	0,08
24	Polea	1	2	150	300	0,16

Anexo 4: Análisis Precios Unitarios

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Descripción:	Instalación, configuración y puesta en operación de equipos inalámbricos CPE (Equipo Terminal)					
Zona:	Azogues					
Equipo y Herramientas						
COSTOS DIRECTOS						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/H	Rendimiento (t)		Total Costo/U
Overol	hora	1	\$ 0,06	8		0,48
Botas de cuero	hora	1	\$ 0,10	8		0,80
Casco de seguridad	hora	1	\$ 0,04	7		0,28
Guantes	hora	1	\$ 0,03	7		0,21
Encauchado	hora	1	\$ 0,01	1		0,01
Cinturon de seguridad	hora	2	\$ 0,06	7		0,84
Escalera	hora	2	\$ 0,21	4		1,68
Martillo de 2 lbs.	hora	1	\$ 0,01	0,3		0,0030
Destornillador de 3"	hora	2	\$ 0,0032	0,16		0,0010
Taladro	hora	1	\$ 0,09	0,25		0,023
Herramientas menores	hora	1	\$ 0,27	3		0,81
Computadora	hora	1	\$ 0,59	6		3,54
Impresora	hora	1	\$ 0,06	0,25		0,015
Utiles de oficina	hora	1	\$ 0,01	1		0,010
Mobiliario	hora	1	\$ 0,16	1		0,16
Radio VHF	hora	1	\$ 0,21	2		0,42
GPS	hora	1	\$ 0,18	1		0,18
Multimetro	hora	1	\$ 0,04	1		0,040
ponchadora	hora	2	\$ 0,01	6		0,120
Etiquetadora	hora	2	\$ 0,16	5		1,60
Polea	hora	1	\$ 0,04	3		0,12
					Subtotal de Equipos	11,342
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/H	Rendimiento (t)		Total Costo/U
Camioneta Dmax	hora	1	\$ 3,79	75,00		\$ 284,25
					Subtotal de Transporte	\$ 284,25
Mano de Obra						
Descripción		Número	S.R.H	Rendimiento		Total Costo/U
Especialista de Telecomunicaciones (B3)		1	4,02	7,00		28,14
Técnico de Redes de Datos (C2)		1	3,98	7,00		27,86
TÉCNICO DE Planta Externa/ Cablista/ Instalador (D2)		1	3,94	7,00		27,58
Chofer (C4)		1	5,33	7,00		37,31
Secretaria (D1)		1	3,8	1,00		3,80
					Subtotal de Mano de Obra	124,69
					Costo Directo Total	420,282
Costos Indirectos						
Descripción				Porcentaje		
Global				25%		105,07
					Costo Indirecto total	105,07
					Precio Unitario Total Cálculo	525,35

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Descripción:	Instalación, configuración y puesta en operación de equipos inalámbricos CPE (Punto a Punto)					
Zona:	Azogues					
Equipo y Herramientas						
COSTOS DIRECTOS						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/H	Rendimiento(t)		Total Costo/U
Overol	hora	1	\$ 0,06	8		0,48
Botas de cuero	hora	1	\$ 0,10	8		0,80
Casco de seguridad	hora	1	\$ 0,04	7		0,28
Guantes	hora	1	\$ 0,03	7		0,21
Encauchado	hora	1	\$ 0,01	1		0,01
Cinturon de seguridad	hora	2	\$ 0,06	7		0,84
Escalera	hora	2	\$ 0,21	3		1,26
Martillo de 2 lbs.	hora	1	\$ 0,01	0,25		0,0025
Destornillador de 3"	hora	2	\$ 0,0032	0,16		0,0010
Taladro	hora	1	\$ 0,09	0,25		0,023
Herramientas menores	hora	1	\$ 0,27	1		0,27
Computadora	hora	1	\$ 0,59	3		1,77
Impresora	hora	1	\$ 0,06	0,25		0,015
Utiliz. de oficina	hora	1	\$ 0,01	1		0,010
Mobiliario	hora	1	\$ 0,16	1		0,16
Radio VHF	hora	1	\$ 0,21	1		0,21
GPS	hora	1	\$ 0,18	1		0,18
Multimetro	hora	1	\$ 0,04	0,5		0,020
ponchadora	hora	2	\$ 0,01	4		0,080
Etiquetadora	hora	2	\$ 0,16	2		0,64
Polea	hora	1	\$ 0,04	2		0,08
					Subtotal de Equipos	7,341
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/H	Rendimiento(t)		Total Costo/U
Camioneta Dm ax	hora	1	\$3,79	100,00		\$ 379,00
					Subtotal de Transporte	\$ 379,00
Mano de Obra						
Descripción		Número	S.R.H	Rendimiento		Total Costo/U
Especialista de Telecomunicaciones (B3)		1	4,02	7,00		28,14
Técnico de Redes de Datos (C2)		1	3,98	7,00		27,86
TÉCNICO DE Planta Externa/ Cablista/ Instalador (D2)		1	3,94	7,00		27,58
Chofer (C4)		1	5,33	7,00		37,31
Secretaria (D1)		1	3,8	1,00		3,80
					Subtotal de Mano de Obra	124,69
					Costo Directo Total	511,031
Costos Indirectos						
Descripción				Porcentaje		
Global				25%		127,76
					Costo Indirecto total	127,76
					Precio Unitario Total Cálculo	638,79

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
Descripción:	Instalación, configuración y puesta en operación de equipos inalámbricos AP en postes o torres (Punto de Acceso)					
Zona:	Azogues					
Equipo y Herramientas						
COSTOS DIRECTOS						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/H	Rendimiento(t)		Total Costo/U
Overol	hora	1	\$ 0,06	8		0,48
Botas de cuero	hora	1	\$ 0,10	8		0,80
Casco de seguridad	hora	1	\$ 0,04	7		0,28
Guantes	hora	1	\$ 0,03	7		0,21
Encauchado	hora	1	\$ 0,01	1		0,01
Cinturon de seguridad	hora	2	\$ 0,06	7		0,84
Escalera	hora	2	\$ 0,21	2,5		1,05
Martillo de 2 lbs.	hora	1	\$ 0,01	0,25		0,0025
Destornillador de 3"	hora	2	\$ 0,0032	0,16		0,0010
Taladro	hora	1	\$ 0,09	0,25		0,023
Herramientas menores	hora	1	\$ 0,27	1		0,27
Computadora	hora	1	\$ 0,59	2		1,18
Impresora	hora	1	\$ 0,06	0,25		0,015
Utilidad de oficina	hora	1	\$ 0,01	1		0,010
Mobiliario	hora	1	\$ 0,16	1		0,16
Radio VHF	hora	1	\$ 0,21	1		0,21
GPS	hora	1	\$ 0,18	1		0,18
Multímetro	hora	1	\$ 0,04	0,5		0,020
ponchadora	hora	2	\$ 0,01	1		0,020
Etiquetadora	hora	2	\$ 0,16	1		0,32
Polea	hora	1	\$ 0,04	1		0,04
					Subtotal de Equipos	6,121
Transporte						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio/H	Rendimiento(t)		Total Costo/U
Camioneta Dmax	hora	1	\$3,79	24,00	24	\$ 90,96
					Subtotal de Transporte	\$ 90,96
Mano de Obra						
Descripción		Número	S.R.H	Rendimiento		Total Costo/U
Especialista de Telecomunicaciones (B3)		1	4,02	7,00		28,14
Técnico de Redes de Datos (C2)		1	3,98	7,00		27,86
TÉCNICO DE Planta Externa/ Cablista/ Instalador (D2)		1	3,94	7,00		27,58
Chofer (C4)		1	5,33	7,00		37,31
Secretaria (D1)		1	3,8	1,00		3,80
					Subtotal de Mano de Obra	124,69
					Costo Directo Total	221,771
Costos Indirectos						
Descripción				Porcentaje		
Global				25%		55,44
					Costo Indirecto total	55,44
					Precio Unitario Total Cálculo	277,21

Azogues, 28 de julio del 2022

PhD. Daniel Esteban Iturralde Piedra

**Coordinador de la Escuela de Ingeniería Electrónica
Universidad del Azuay**

Presente. –

Reciba un cordial y atento saludo, al mismo tiempo deseándole éxitos en sus funciones diarias.
Por este medio, Yo Edgar Muñoz, con cédula de identidad 0302450051; actual colaborador de la
Empresa Eléctrica de Azogues C. A.,

Certifico

Que, el trabajo de Titulación denominado **“Diseño de una Red Híbrida para Comunicación de los Equipos de Seccionamiento y Maniobra de la Red de Distribución de la Empresa Eléctrica de Azogues.”**. Desarrollado por los estudiantes Chocho Encalada Alex Fernando y Heredia Quito Karem Lisbeth ha sido entregado el día 27 de julio de 2022 y cumple con todos los requerimientos emitidos por parte de la Empresa Eléctrica de Azogues.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**EDGAR OSVALDO
MUNOZ ABAD**

Ing. Edgar O. Muñoz Abad

Técnico TICS

Empresa Eléctrica Azogues

CI. 0302450051

Karem Heredia

Estudiante

Alex Choco

Estudiante

Ing. Daniel Iturralde

Director

Fecha: