



Universidad
Inca Garcilaso de la Vega

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, CÓMPUTO Y
TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE UNA RED DE BANDA ANCHA UTILIZANDO
FIBRA ÓPTICA Y RADIOENLACES VÍA MICROONDAS
PARA LOS ANEXOS DEL DISTRITO DE RIO GRANDE EN
EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA 2023**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones

AUTOR

Bach. Zambrano Escalante, Fausto Benito

ASESOR

Mg. Ing. Paul Alberto Díaz Flores

Lima – Perú
Diciembre de 2023

DISEÑO DE UNA RED DE BANDA ANCHA UTILIZANDO FIBRA ÓPTICA Y RADIOENLACES VÍA MICROONDAS PARA LOS ANEXOS DEL DISTRITO DE RIO GRANDE EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	1library.co Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uch.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	community.fs.com Fuente de Internet	1%
8	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional,
a mis hermanas
por su ejemplo a seguir.



AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos cordiales al profesor, colegas y compañeros que compartimos esta etapa para nuestro desarrollo profesional, a mis padres, hermanas, esposa e hija que son ellos los que me impulsan a seguir mejorando día a día y cumplir mis metas y objetivos.

Debo agradecer a la casa de estudios, la universidad Inca Garcilaso de la Vega, por ser el lugar que me brindo los conocimientos aprendidos y que son necesarios para nuestra vida profesional.



RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La falta de cobertura y la mala distribución de los equipos de transmisión se identifica como un problema para el acceso a los servicios tan necesarios como es el internet en las zonas pobladas del distrito de Río Grande, ubicado en la provincia de Condesuyos del departamento de Arequipa. Por ello, esta tesis propone el diseño de una red de banda ancha de fibra óptica e inalámbrica que demuestre el desarrollo de una interconectividad con calidad de servicio para el acceso a internet en el distrito de Río Grande. Para ello, fue necesario calcular la demanda de ancho de banda de las zonas pobladas en función del número de residentes y de la ubicación de los anexos y zonas pobladas. Con esta recolección de datos, se determinó el diseño idóneo para desplegar una red de transporte inalámbrica y de fibra óptica que conectara todos los anexos del distrito. Esta red se dimensionó para cubrir la capacidad estimada a fin de satisfacer las necesidades de acceso a la información. Luego a base de simulaciones según los datos reunidos en campo se llega a diseñar la red en relación a la altura de torre, también se lleva a cabo la modulación y la codificación que garantizan que cada usuario de las zonas pobladas del distrito de Río Grande tenga acceso a una velocidad adecuada.

Palabras clave: Enlace Punto Multipunto, Enlace Punto a Punto, Antena, Estaciones, Torre, Instituciones Beneficiarias.

DESIGN OF A BROADBAND NETWORK USING FIBER OPTICS AND RADIO LINKS VIA MICROWAVE FOR THE ANNEXES OF THE DISTRICT OF RIO GRANDE IN THE DEPARTMENT OF AREQUIPA 2023

ABSTRACT AND KEYWORDS

The lack of coverage and poor distribution of transmission equipment is identified as a problem for access to services as necessary as the internet in the populated areas of the Río Grande district, located in the province of Condesuyos in the department of Arequipa. . Therefore, this thesis proposes the design of a fiber optic and wireless broadband network that demonstrates the development of interconnectivity with quality of service for Internet access in the district of Río Grande. To do this, it was necessary to calculate the bandwidth demand of populated areas based on the number of residents and the location of annexes and populated areas. With this data collection, the ideal design was determined to deploy a wireless and fiber optic transport network that would connect all the district's annexes. This network was sized to cover the estimated capacity to meet information access needs. Then, based on simulations according to the data gathered in the field, the network is designed in relation to the tower height. Modulation and coding are also carried out to guarantee that each user in the populated areas of the Río Grande district has access at an appropriate speed.

Keywords: Multipoint Point Link, Point to Point Link, Antenna, Stations, Tower, Beneficiary Institutions.

ÍNDICE GENERAL

1	CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	13
1.1	Marco legal	13
1.1.1	Leyes y Decretos Supremos en relacion al proyecto	13
1.1.2	Licencias y Reglamentos.....	14
1.1.3	Estándares de redes de Datos	15
1.2	Antecedentes del trabajo de investigación	16
1.3	Marco conceptual.....	19
1.3.1	Radioenlace	19
1.3.2	Enlace PMP (Punto Multipunto)	20
1.3.3	Enlace PTP (Enlace punto a punto).....	21
1.3.4	Fenómenos de las ondas Electromagnéticas.....	21
1.3.5	La Zona de Fresnel.....	25
1.3.6	Banda ancha	27
1.3.7	Fibra óptica.....	28
1.3.8	Tipos de Fibra Óptica	29
1.3.9	Las Redes inalámbricas	30
1.3.10	Tecnología WiMAX.....	31
2	CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
2.1	Descripción de la realidad problemática	33
2.2	Formulación del problema general y específicos	34
2.2.1	Problema General	34
2.2.2	Problemas Específicos.....	34
2.3	Objetivo general y específicos	34
2.3.1	Objetivo General	34
2.3.2	Objetivos Específicos	35

3	CAPITULO III: JUSTIFICACION Y DELIMITACION DE LA INVESTIGACION.....	36
3.1	Justificación e importancia del estudio.....	36
3.1.1	Justificación.....	36
3.2	Delimitación del estudio	37
3.2.1	Delimitación Espacial	37
3.2.2	Delimitación Temporal.....	38
3.2.3	Delimitación Social	38
3.2.4	Delimitación Conceptual.....	38
4	CAPÍTULO IV: APLICACIÓN PRÁCTICA	39
4.1	Diseño esquemático	39
4.1.1	Análisis de la zona geográfica	39
4.1.2	Cálculo del Ancho de Banda	45
4.1.3	Diseño de la red de fibra óptica	46
4.1.4	Tecnología a utilizar	52
4.1.5	Diseño de la red inalámbrica	55
4.1.6	Ubicación de los Nodos.....	59
4.2	Descripción de los aspectos básicos del diseño.....	61
4.2.1	Metodología para el diseño de Redes	61
4.2.2	Procedimientos de diseño de Red.....	63
4.2.3	Herramientas para el estudio de campo	66
5	CAPITULO V: PRUEBA DE DISEÑO	71
5.1	Aplicación de la propuesta de solución	71
5.1.1	Simulaciones de Enlaces punto a punto para los anexos de Rio Grande	71
5.1.2	Simulaciones de Radioenlaces Punto Multipunto para las instituciones beneficiarias de los anexos de Rio Grande.....	84
6	CONCLUSIONES	94
7	RECOMENDACIONES	95

8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
9	ANEXOS.....	99

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Radioenlace</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2. Radioenlace Punto a Multipunto (PMP).....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. Radioenlace Punto a Punto (PTP).....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4. Reflexión.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5. Difracción</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Absorción.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Frente de onda superando un obstáculo.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8. Frente de onda superando un obstáculo.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9. Enlace con obstaculo en medio</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10. Cable de fibra óptica</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11. Fibra óptica monomodo.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12. Fibra óptica multimodo.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 13. Diagrama de una red WiMAX</i>	<i>31</i>
<i>Figura 14. Ubicación Provincia de Condesuyos</i>	<i>39</i>
<i>Figura 15. Provincia de Condesuyos.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 16. Ubicación del distrito de Rio Grande.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 17. Foto del pueblo de secocha</i>	<i>41</i>
<i>Figura 18. Ubicación De Centros Poblados.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 19. Infraestructura para el tendido de fibra óptica.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 20. Diagrama unifilar de la red de transporte.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 21. Recorrido de la red de fibra óptica. Tramo Urasquí – IQUIPI – San Juan de Chorunga</i>	<i>49</i>
<i>Figura 22. Diagrama del diseño de Red.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 23. Diagrama de diseño de Red en Link Planner.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 24. Diagrama de Diseño de Red.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 25. Enrutador Nokia</i>	<i>52</i>

<i>Figura 26. Conmutador de Fibra.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 27. Router Nokia instalado.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 28. Esquemas de la Red de Transporte Regional.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 29. Imagen en Google Earth sobre el recorrido de fibra optica.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 30. Diagrama de diseño de Red de Banda Ancha vía Fibra Óptica y enlace Microondas.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 31. Proceso de diseño.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 32. Propagación de espacio Libre.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 33. Presupuesto del enlace.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 34. Software Link Planner.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 35. Vista de Path Loss 5.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 36. Enlace de Secocha hacia Huaca vista de Path Loss 5</i>	<i>72</i>
<i>Figura 37. Enlace de Secocha Hacia Huaca vista de Google Earth.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 38. Enlace de Secocha hacia Huaca vista de en Link Planner.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 39. Enlace de Secocha hacia Huaca vista de parámetros en Link Planner</i>	<i>74</i>
<i>Figura 40. Enlace de Urasqui hacia Secocha Vista de Path Loss 5</i>	<i>75</i>
<i>Figura 41. Enlace de Urasqui hacia Secocha Vista de Google Earth.</i>	<i>76</i>
<i>Figura 42. Enlace de Urasqui hacia Secocha vista de Linea de vista en Link Planner.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 43. Enlace de Urasqui hacia Secocha vista de parámetros en Link Planner.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 44. Enlace de Iquipi hacia REP 1 Vista de Path Loss 5</i>	<i>78</i>
<i>Figura 45. Enlace de Iquipi hacia REP 1 Vista de Google Earth.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 46. Enlace de Iquipi hacia REP 1 vista de Link Planner</i>	<i>79</i>
<i>Figura 47. Enlace de Iquipi hacia REP 1 vista de parámetros en Link Planner</i>	<i>80</i>
<i>Figura 48. Enlace de San Juan de Chorunga hacia Pueblo Libre Vista de Path Loss 5.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 49. Enlace de San Juan de Chorunga hacia Pueblo Libre Vista de Google Earth.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 50. Enlace de San Juan de Chorunga hacia Pueblo Libre Vista de Link Planner</i>	<i>83</i>
<i>Figura 51. Enlace de San Juan de Chorunga hacia Pueblo Libre Vista de Link Planner</i>	<i>84</i>
<i>Figura 52. Diagrama de potencia (dBm) en Path Loss 5</i>	<i>85</i>
<i>Figura 53. Mapa de cobertura LOS (Line of sight).....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 54. Iquipi hacia sus beneficiarios Diagrama de potencia (dBm) en Path Loss.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 55. Iquipi hacia sus beneficiarios Mapa de cobertura LOS (Line of sight).....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 56. Mapa de cobertura en Google Earth.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 57. Urasqui hacia Piuca Diagrama de potencia (dBm) en Path Loss.....</i>	<i>90</i>

<i>Figura 58. Urasqui hacia beneficiarios de Piuca Mapa de cobertura LOS (Line of sight).....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 59. Hacia los beneficiarios de Huaca diagrama de potencia (dBm) en Path Loss 5.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 60. Hacia los beneficiarios de Huaca Mapa de cobertura LOS (Line of sight).....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 61. Hacia los beneficiarios de Huaca Mapa de cobertura en Google Earth.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 62. Interfaz de configuración Radwin:</i>	<i>99</i>
<i>Figura 63. Interfaz de configuración Radwin</i>	<i>99</i>
<i>Figura 64. Interfaz de configuración Radwin</i>	<i>100</i>
<i>Figura 65. Interfaz de configuración Radwin</i>	<i>100</i>
<i>Figura 66. Interfaz de configuración Radwin</i>	<i>101</i>
<i>Figura 67. Interfaz de configuración Radwin:</i>	<i>101</i>
<i>Figura 68. Interfaz de configuración Radwin:</i>	<i>102</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Población Distrito de Rio Grande.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 2. Población según anexos</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 3. Instituciones beneficiadas.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4. Nuevos criterios de asignación de Banda Ancha</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 5. Porcentaje de servicios de telecomunicaciones.</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 6. Potenciales usuarios del distrito de Rio Grande.</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 7. Tráfico de usuarios simultáneos en Internet.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 8. Demanda en Mbps por cada anexo del distrito de Rio Grande.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 9. Relación Capacidad / Modulación</i>	<i>55</i>

INTRODUCCIÓN

Es posible que las zonas densamente pobladas no se beneficien de estos beneficios porque a los operadores no les resulta eficiente implementar sistemas de comunicaciones y acceso de banda ancha, y las redes existentes son insuficientes o solo satisfacen las necesidades de voz y tienen un acceso limitado a los usuarios.

El gobierno local de Arequipa considera que la desigualdad digital entre los habitantes de zonas rurales es alta, y este plan pretende realizar actividades relacionadas con aumentar el acceso a servicios de Internet para reducir la desigualdad digital en zonas de difícil acceso. Sin embargo, la administración local ha resuelto este problema a través de un proyecto que respalda los fondos a través del Programa Nacional de Telecomunicaciones (PRONATEL) y para las tecnologías para el acceso a los servicios de telecomunicaciones a nivel nacional, tecnología, interacción y tecnología para redes satélite a nivel nacional se asocia con operadores de clasificación (Telefónica, Claro y Bitel).

El proyecto es administrado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, supone que cada región debe contar con un diseño de banda ancha local y que dicha red debe cumplir con las especificaciones y protocolos establecidos en la Primera Ley de Banda Ancha. Debemos adicionar la reactivación de los proyectos de infraestructura del estado después de las secuelas dadas por el Covid 19 ha truncado el desarrollo en algunas regiones del país. Esto significa que las redes planificadas para cada región deben garantizar la calidad del servicio para garantizar el acceso a las redes de telecomunicaciones desde todos los lugares aislados.

1.1 Marco legal

1.1.1 Leyes y Decretos Supremos en relacion al proyecto.

Ley N°29904 Ley en Promover la Banda Ancha y Elaboración de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica aprobado con DECRETO SUPREMO N° 014-2013-MTC. Esta ley nos explica lo importante para desarrollar el plano económico y el impacto positivo para elevar la producción y viabiliza el derecho fundamental al acceso a la salud y educación.

Gracias a esta ley principal expande la permisión del uso de la red dorsal para todo público en general en todo el país.

RM N°468-2011 MTC/03 Dispositivo legal sobre la obligación del uso de fibra óptica en nuevos proyectos de infraestructura. Esta ley nos detalla sobre el uso obligatorio y el despliegue total de esta tecnología en los nuevos proyectos de infraestructura, electricidad, acceso de datos para garantizar la buena cobertura de la señal.

Ley N°034-2010 MTC Dispositivo legal que establece como Política Nacional en la implementación de fibra óptica para agilizar estos servicios a la población con internet. Esta ley nos indica que se establece los fines de la fibra óptica como una necesidad y a su vez brinda la facilidad para el uso común de la población. Nos especifica que facilita y brinda apoyo al acceso y tendido en la vía o carretera en paralelo con los postes de media y baja tensión así como también realizar algún daño a esta sería penado por la ley.

Ley N°002-2009 MTC Concordancia para implementar y consolidar la demanda y la multiplicidad de los servicios públicos en telecomunicaciones en el Perú. Esta es una ley que el estado brinda para el funcionamiento apto para todo público para crecer la demanda y a su vez los costos de los servicios públicos puedan ser más accesibles a todos los pueblos y anexos alejados del país.

Decreto Supremo N°006-2013-MTC que aprueba el Reglamento general de la ley de telecomunicaciones para crecer los servicios y necesidades primarias en telecomunicaciones

de áreas rurales y alejados en toda la region. El reglamento nos detalla que el espectro de las frecuencias es un patrimonio de la nación, y cuya administración corresponde al ministerio de transportes y comunicaciones.

1.1.2 Licencias y Reglamentos

Documento que establece los parámetros para la estimación de la cantidad de hilos de fibra óptica el estado que se instalaran cumpliendo del decreto supremo 034-2010-MTC.

Este documento nos detalla el uso de la fibra óptica como medio de comunicaciones en las empresas y estas a su vez puedan generar inversiones y retorno social en los nuevos proyectos de infraestructura de energía eléctrica, hidrocarburos y transportes.

Asimismo, promueve el uso de la banda ancha y construcción de la red dorsal nacional de fibra óptica gracias a la licenciatura que brinda el estado.

Por otra parte, el Programa de Nacional de las Telecomunicaciones (PRONATEL) brinda la información a todos los pueblos como un beneficio y un derecho el acceso a red de datos. Impulsa a su vez la sensibilización para los pobladores y pueda minimizar los temores y rumores que pueden abordar en la construcción de estas antenas y así poder llevar a cabo el proyecto a nivel regional.

Finalmente, la licencia de ejecución de obras en las áreas de dominio público. Esta licencia es brindada a aquella empresa que tenga los sustentos necesarios para poder llevar el progreso del proyecto a largo plazo.

1.1.3 Estándares de redes de Datos

Los principales estándares de las redes inalámbricas son normativas que cumplen con certificaciones a nivel mundial nos ayudan a tener una referencia acerca de su nivel tecnológico, son los siguientes que se describen:

IEEE 802.2: Se le conoce también como control de Enlace Lógico (LLC), en el cual la subcapa LLC presenta una interfaz uniforme al usuario del servicio la capa de red. Asimismo, bajo la subcapa LLC se encuentra la subcapa Media Access Control (MAC), que depende de la configuración de la red usada (Ethernet, token ring, FDDI, 802.11, etc.). Se debe tomar importancia, que el uso control de enlace de lógico (LLC) es obligatorio en todas las redes del IEEE 802 a excepción de la Ethernet.

IEEE 802.3 ETHERNET: Pertenece a la topología LAN relacionada a los protocolos IEEE 802.3, el mismo que cuenta con velocidades de 100 Mbps, 1 Gbps ,10 Gbps y 50 Gbps.

IEEE 802.11 WLAN: El subcomité creó IEEE 802.11, la llamada tecnología Wi-Fi propuesta a finales de la década de los noventa. Estas técnicas se han adoptado a la fecha con gran éxito debido a que es simple como su bajo coste y el uso de las bandas sin licencia de 2,4GHz y 5GHz.

Estas estandarizaciones de ethernet se usan para cada tipo de cables, longitudes y velocidades según sea el caso.

1.2 Antecedentes del trabajo de investigación

Se ha tomado como referencia diferentes fuentes de información relacionados al diseño de radioenlaces vía microondas y fibra óptica que nos ha servido de soporte en el desarrollo de un diseño de red, brindando una serie de técnicas que pueda contribuir y garantizar una transmisión de datos comprobando las bases teóricas y conocimientos en el campo, asimismo la experiencia y el uso para diferentes casuísticas que nos ayudan en el diseño y la implementación, los cuales citaré a continuación:

Jorge Armando Olivares Quispe (Perú, 2018) en la siguiente tesis **“Diseño y análisis de una red de banda ancha para demostrar la mejora en el acceso a los servicios de telecomunicaciones en los centros poblados de la provincia de Huancabamba”**

El objetivo de esta tesis es diseñar y analizar una red de transmisión de datos, compuesta por una red de acceso para así poder demostrar la mejora de servicios de internet en los pueblos de la provincia de Huancabamba.

Esta tesis se concentra en relación a la calidad de los servicios de la conexión para los ocho distritos y noventa y seis centros poblados. Nos presenta las definiciones de los conceptos sobre redes de transporte e inalámbricas, eligiendo usar la tecnología SDH por ser un grupo en el transporte de datos de información mediante fibra óptica y wimax, también nos indica lo importante que es usar esta tecnología por presentar un gran alcance de distancia mediante las antenas que se van a instalar en diferentes pueblos y un funcionamiento óptimo en zonas alejadas o rurales. Primero realizando un estudio demográfico, un análisis social y económico en cada pueblo, las cuales han sido seleccionadas por el proyecto, esto ha ayudado a determinar cuánto ancho de banda se utilizará en cada pueblo según su cantidad de pobladores. Utiliza herramientas de Simulación para analizar el desempeño de la red a diseñar de acuerdo con el plan nacional de banda ancha.

En mi conclusión esta tesis aporta mucho en la información de los equipos de transmisión de los nodos de transporte, en base a la tecnología existente para el uso de la fibra óptica.

Br. Joel Peña Minga (Perú, 2021) se centra en su tesis **“Diseño de una red de banda ancha inalámbrica para los anexos del distrito de Puquina Departamento de Moquegua”**.

El objetivo de esta tesis es diseñar un sistema de enlaces a base de antenas de radiofrecuencia para brindar servicio de internet a los anexos del distrito de Puquina en Moquegua.

Esta investigación se recolecto la información de los diferentes pueblos que tienen como nodo central el distrito de Puquina, así como también se considera el proyecto nacional en donde el estado impulsa el desarrollo y planeamiento de red en toda la región de Moquegua.

Propone la tecnología idónea a proponer para el diseño de la red de microondas.

En conclusión, esta tesis aporta mucho en las simulaciones e información de los radioenlaces y equipos de transmisión vía microondas, asimismo dando criterio al estudio de la línea de vista y la optimización correspondiente.

Juan Camilo Murillo Gachancipa, (Colombia, 2019), “Análisis y Rediseño de la red inalámbrica de la universidad Santo Tomas Sede Principal”.

Esta tesis tiene como objetivo diseñar una red de datos para la Universidad Santo Tomás con la finalidad de una cobertura mejor para todo el plantel estudiantil y administrativa.

Como solución realiza un test en campo a nivel de cobertura utilizando una herramienta móvil Wifi Analyzer, en la que se ve todo el espectro de radiofrecuencia en la universidad para poder descartar algún tipo de anomalía en la red y ver que campos son los que carecen de señal.

Simula el análisis de red mediante el software Ekahau, acompañándose en paralelo con los planos del edificio y así mediante campos de calor pueda reconocer los lugares estratégicos pueda ubicarse la antena en la universidad y su antena AP para la recepción.

Se realiza el diseño de la red inalámbrica, para el mejoramiento de la navegación en un lugar concurrido y de muchos usuarios.

En conclusión, esta tesis aporta los procedimientos de dimensionamiento, diseño e instalación de equipos Acces Point. en relación a mi trabajo de investigación nos brinda un planteamiento de diseño a base de simulaciones y ubicaciones en puntos estratégicos para garantizar una buena cobertura.

Finalmente, en **Elkin Ladino Ordoñez (Colombia, 2018) “Diseño y simulación de una antena en frecuencia de microondas para la proyección de un radioenlace entre la universidad católica de Colombia y la Universidad de los Andes”**

El objetivo de esta tesis es realizar el diseño de una red de comunicaciones de dos antenas de microondas, para la comunicación entre la Universidad Católica de Colombia y la Universidad de Los Andes, teniendo como solución una mejor conectividad esto gracias a los análisis de las condiciones y factores para diseñar un enlace de microondas, diseña una comunicación con buen flujo que tiene todos los parámetros seleccionados. Implementar un grupo de simulaciones para caracterizar la antena. Realiza la simulación mostrando los parámetros de potencia de pérdida, obstáculos, distancia, frecuencia, etc.

En conclusión, la implementación de una red de radioenlace permitirá a los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia y Universidad de los Andes acceder a los servicios de internet, cumple con todos sus objetivos logrando diseñar una red con buena ganancia, se analizaron las dificultades de acuerdo con la simulación usando los parámetros recolectados en campo llevándose a cabo el desarrollo en la implementación.

Esta tesis aporta mucho en relación al desarrollo del proyecto y la viabilidad de los resultados finales en los usuarios tomando en cuenta las técnicas que permiten comprobar las teorías científicas.

1.3 Marco conceptual

1.3.1 Radioenlace

Un Radioenlace es cualquier interconexión entre dos terminales de una telecomunicación y que es compuesta por ondas electromagnéticas, específicamente por las que se encuentran en el rango de las señales de radio. De esta forma, los radioenlaces, a partir del cual se transmiten dos portadoras moduladas: una para la transmisión y otra para la recepción. Ambas frecuencias, tanto para la transmisión y para la recepción de las señales, se les denomina “radio canal”. **(Escobar Sánchez, 2012, p. 15).**

De lo anterior, para que un Radioenlace pueda funcionar debe contar con elementos básicos como por ejemplo 2 antenas, 2 líneas de transmisión, un transmisor y otro receptor. Asimismo, se puede clasificar también el tipo de frecuencia a utilizar, respecto a ello, actualmente existen 2 tipos: Frecuencia ultra Alta (UHF) de 03 a 3 GHZ y Frecuencia Súper alta (SHF) de 3 a 30 GHZ.

Se debe tener en consideración que, para que un Radioenlace pueda funcionar correctamente debe tener buena línea de vista, esto quiere decir que se debe encontrar a una altura considerada para la buena transmisión y recepción de la señal.

Asimismo, no descartar los parámetros de configuración como por ejemplo la potencia de transmisión, la frecuencia del espectro, la modulación, el ruido, etc.

Figura 1. Radioenlace



Fuente: (www.prored.es)

1.3.2 Enlace PMP (Punto Multipunto)

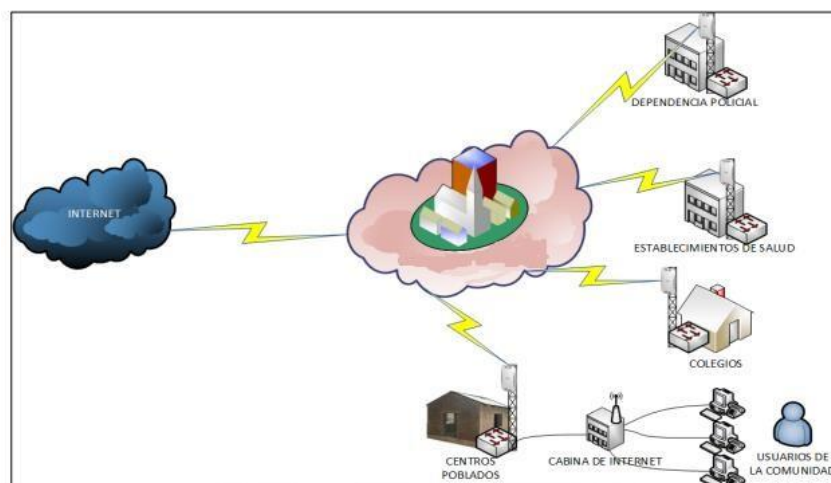
Los sistemas Punto a Multipunto conectan una estación central a un gran número de posibles receptores. (Luz Ramírez, 2015, p. 17).

El enlace punto a multipunto en relación a esta investigación se relaciona con la transmisión desde la torre o estación hacia las entidades beneficiarias, están pueden ser vía radioenlace (vía inalámbrico) o también puede ser vía fibra óptica.

Se puede emplear varias soluciones en caso no haya línea de vista en una de las instituciones como por ejemplo emplear fibra óptica a partir de una institución a varias entidades mediante fibra óptica o también enlace vía microondas.

Otra solución sería brindar mediante fibra óptica a una institución y luego repartir la señal mediante un repetidor y ubicarlo en un lugar céntrico como ejemplo en una plaza.

Figura 2. Radioenlace Punto a Multipunto (PMP)



Fuente: Israel Contreras Canchari Implementación de una Red de telecomunicaciones de Banda ancha para el distrito de Chavin de Pariarca. Huanuco 2021.

1.3.3 Enlace PTP (Enlace punto a punto)

Una forma sencilla de ampliar la comunicación entre estaciones es establecer circuitos Punto a Punto que cada estación necesita con las demás. Esta conectividad Punto a Punto a través de enlaces separados puede hacer que las redes terrestres sean muy competitivas y técnicamente más ventajosas que el satélite, sobre todo para el tráfico de alta capacidad entre unas pocas ubicaciones. Sin embargo, puede tener el inconveniente de exigir que la comunicación pase por antenas repetidoras. (Luz Ramírez, 2015, p. 16).

Este enlace punto a punto comprende a largas distancias que pueden medir desde 2 km hasta los 20 km de distancia, dependiendo la geografía y altura de terreno.

Es muy importante la línea de vista y los obstáculos que están en medio de la trayectoria, por consiguiente, en esta investigación ponemos mucho énfasis en el estudio de línea de vista.

Figura 3. Radioenlace Punto a Punto (PTP)



Fuente: (configurarmikrotikwireless.com)

1.3.4 Fenómenos de las ondas Electromagnéticas

El flujo de medio de transmisión influye en la propagación de las ondas radioelétricas a través de variaciones físicas, estas ondas no son perceptibles al ojo humano, según los estudios en base a estos fenómenos encontramos los principales efectos que debemos tener en consideración:

1.3.4.1 Reflexión

La reflexión es la alteración del desplazamiento de una onda electromagnética cuando encuentra el límite entre dos medios, volviendo al medio original.

Los principios que rigen la reflexión son los siguientes:

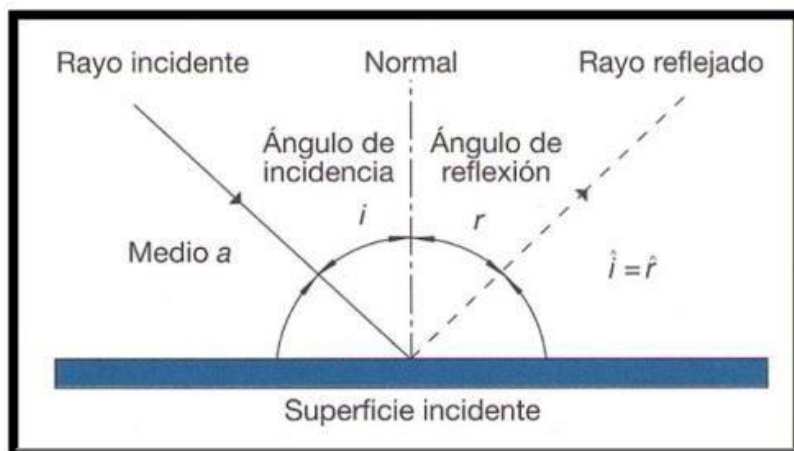
Primer principio: los tres elementos como el rayo incidente, el rayo que es reflejado y la normal, que es según la ley física la salida de cualquier onda o fuerza penetrada al cuerpo sólido, se encuentran en el mismo plano.

Segundo principio: el ángulo donde es la incidencia es igual al ángulo de reflexión.

(Huidobro, J. M. y Ordóñez, J. L.,2014, p.14).

Mayormente este fenómeno se da en el tipo de ambiente de ríos, mares o desiertos, ya que el agua o suelos lisos ayuda a que la reflexión de ciertas señales dando en su efecto esta anomalía. En el departamento de Arequipa, hay muchas parcelas de cultivos de arroz por lo cual mayormente hay brotes de humedad y agua ya que estos frecuentemente se encuentran en ese estado para su crecimiento y buena cosecha. Esta acumulación de agua crea reflejos en las señales por lo cual a veces no se toma en consideración.

Figura 4. Reflexión



Fuente: (<https://wallgmat.blogspot.com/2013/05/reflexion-de-ondas.html>)

En la figura 4 se ve una demostración del rayo incidente se ve reflejado simétricamente por medio de una superficie lisa.

1.3.4.2 Difracción

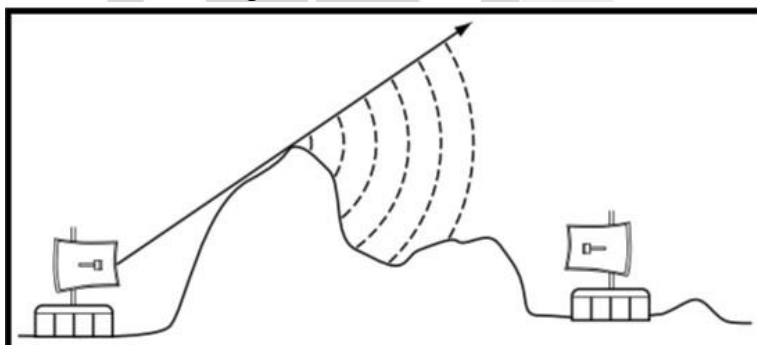
La difracción es una anomalía de las ondas cuando se doblan al encontrarse con un obstáculo, es decir, es el fenómeno de las "ondas que se doblan en las esquinas".

Al respecto, mediante el efecto de difracción, las ondas se "doblan" en las esquinas o atraviesan una abertura en una barrera. La longitud de onda de la luz visible es demasiado pequeña para que el ser humano pueda observar directamente este efecto. **(Flickenger, Rob, 2008, p. 19).**

En la praxis, este fenómeno ocurre cuando las ondas encuentran obstáculos por ejemplo en cerros, montañas, quebradas, casas, edificios, etc.

Mayormente esta anomalía se presenta en la ciudad o poblados, por la variedad de edificios que pueden provocar el cambio de dirección de las ondas electromagnéticas, en ese caso debe haber un incremento en las torres o amplificar a potencia de señal.

Figura 5. Difracción



Fuente: (Libros.metabiblioteca.org/bitstream/001/229/8/wndw3-es-ebook.pdf)

Otra posible solución ante la difracción es colocar repetidores en los puntos altos de estos obstáculos.

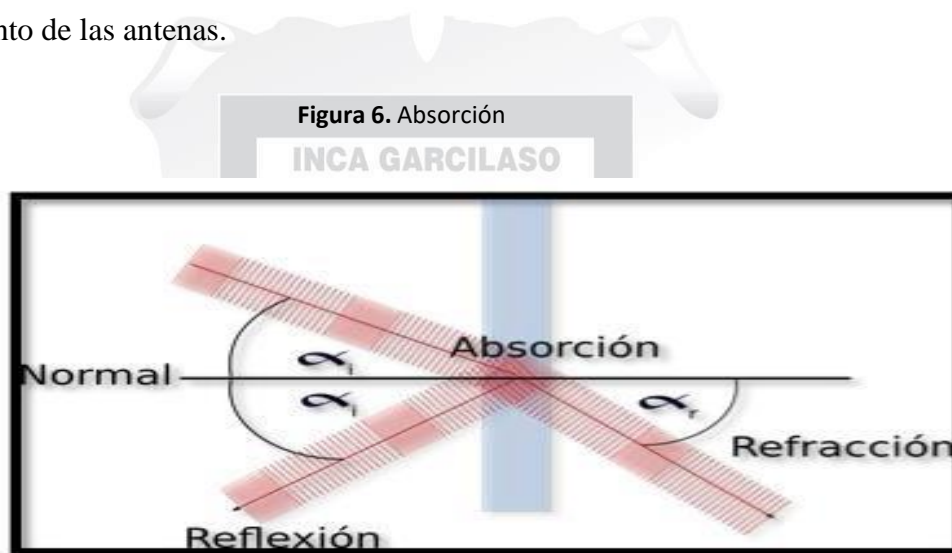
1.3.4.3 Absorción

Es un fenómeno físico en el que se produce una transferencia de energía de la onda radiada al medio que atraviesa. La absorción, reflexión y transmisión de la onda depende de su longitud (frecuencia) de la radiación incidente y de las características específicas del medio material (composición, conductividad, permisividad, tamaño, espesor).

En general, la absorción es mayor en los materiales gruesos y pesados. (Huidobro, J. M. y Ordóñez, J. L., 2014, p. 128).

Este fenómeno se da efecto cuando llueve, nieve, graniza o cuando hay obstáculos imparciales como árboles ya que estos interfieren en la señal.

Este fenómeno de absorción se ve muchos casos en regiones de la sierra central debido a los grandes cambios ambientales, los cambios de temperatura influyen mucho en el funcionamiento de las antenas.



Fuente: (<https://brainly.lat/tarea/27725323>)

Ahora, también se diferencian en relación a la forma de su naturaleza del medio por el tipo de terreno o atmósfera, así como de la frecuencia y polarización de la señal. (Hernando, Riera y Mendo ,2013, p. 36).

1.3.5 La Zona de Fresnel

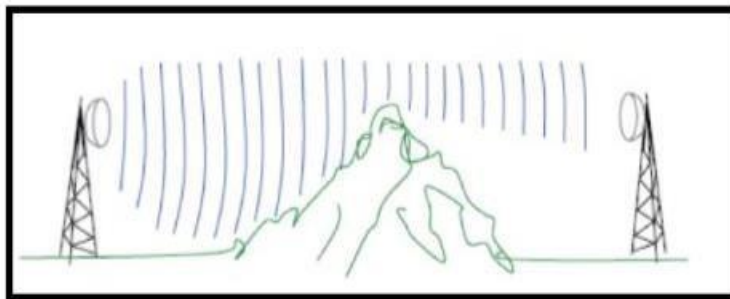
El concepto de línea visual, comúnmente abreviado como LOS (Line of Sight), se llega a comprender más fácil al relacionar con la visibilidad de ambos puntos, si podemos ver el punto 2 desde el punto 1 en el que nos encontramos, tenemos línea visual. Basta con trazar una línea de punto 1 a punto 2, en la cual no se encuentra obstáculo en el medio de la trayectoria, tenemos línea visual. La línea visual que necesitamos para una conexión inalámbrica más óptima de 1 a 2 es algo más que una línea fina: su forma es más parecida a la de un puro, una elipse. (Flickenger, Rob, 2008, p. 22).

Al diseñar un radioenlace, es importante tener en cuenta diversos factores, como los obstáculos que puedan existir entre el emisor y el receptor de las señales de radio, como edificios, árboles, montículos, etc.

La zona de fresnel nos ayuda en este tipo de trabajo para poder tener en consideración un margen de error en la transmisión y tener la distancia permitida para así garantizar una buena señal.

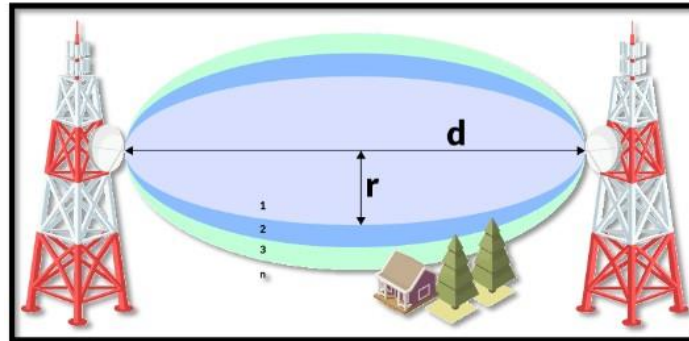
Actualmente existen varias herramientas para efectuar un buen estudio de línea de vista como por ejemplo el uso de drone que facilita la vista a diferentes alturas en cualquier ubicación de difícil acceso y pueda determinar obstáculos en medio del enlace.

Figura 7. Frente de onda superando un obstáculo



Fuente (cartagena99.com/)

Figura 8. Frente de onda superando un obstáculo



Fuente (lens.google.com/)

En la figura 8 se puede apreciar que cada zona afecta menos que la anterior, por ejemplo la zona 2 afecta menos que la zona 1 y así sucesivamente. Vemos que la zona más afectada es la más lejana y cercana al obstáculo, en la figura podemos ver que hay 2 árboles y una casa como obstáculo.

Las zonas de Fresnel se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_n = 450 * \sqrt{\frac{n(d_1 * d_2)}{f(d_1 + d_2)}} [m]$$

Formula 01 .Cálculo para determinar radio de las zonas de Fresnel.

n = número de zona de Fresnel . **F** = Frecuencia [MHz].

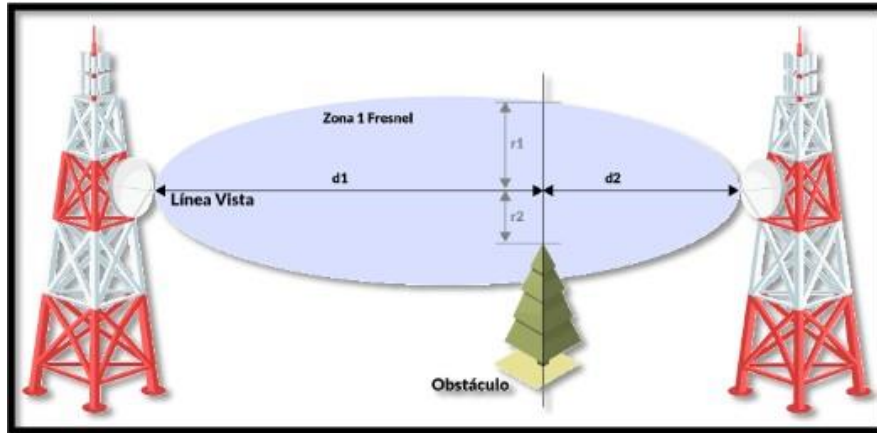
d1 = Distancia en km hasta el obstáculo. **d2** = Distancia desde Km hasta el otro enlace.

d = La suma de las dos distancias.

La fórmula 01 la variable n es el número de zonas de Fresnel que podemos utilizar, mayormente elegimos 1 o 2, la frecuencia que usamos es de 5800 MHz, la distancia 1 es la distancia del punto 1

hacia el obstaculo, las distancia 2 es la distancia desde el obstaculo hasta el punto 2, ambas distancias deben estar en kilometros. Esta formula nos dara un margen de error en metros.

Figura 9. Enlace con obstaculo en medio



Fuente: (<https://www.prored.es/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>)

Formula 2: $FSL(dB) = 92.5 + 20 \log(d)$ (f)

La fórmula 2 es para determinar la pérdida en el espacio libre y nos dará en (db) decibelios.

Formula 3: $PR(dBm) = PT(dBm) - LTT(dB) + GT(dB) - Lb(dB) + GR(dB) - LTR(dB)$

La fórmula 3 es para determinar la potencia de recepción en dBm.

Formula 4: $PIRE = Pt - Lc + Ga$

La fórmula 4 es para determinar la potencia isotrópica radiada equivalente, es la potencia en la que se llega la señal a la zona, se mide en (dBw) decibelios por vatio.

1.3.6 Banda ancha

La banda ancha tiene una alta velocidad, abriendo el acceso a una amplia gama de información, comunicaciones y servicios. Estas aplicaciones abarcan la educación, la sanidad, el trabajo y mucho más. Al hacerlo, aumenta la productividad y contribuye al

desarrollo económico y social de una nación, lo que la convierte en un componente vital de las estrategias de desarrollo de los estados. (MTC, 2010).

Asimismo, la banda ancha es una herramienta clave para el desarrollo de los países, que a su vez y logran que este a su vez compitan con otros países, así como también generar otras brechas como la exclusión social en América Latina.

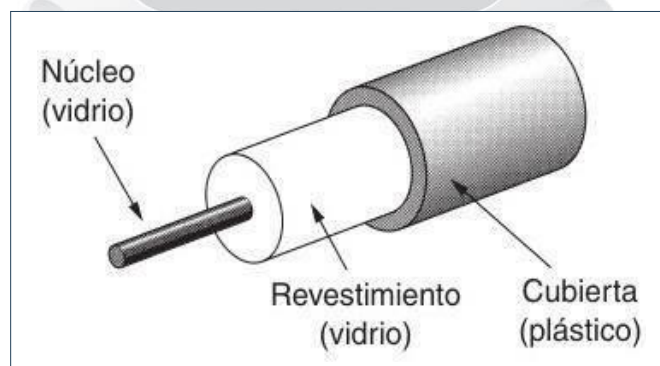
La importancia de tener esta cobertura facilita las adecuaciones y el desarrollo de las poblaciones en su mayoría las de difícil acceso.

Ultimamente desde el uso público del internet desde los años 80, se ha demostrado un incremento del desarrollo de las telecomunicaciones, ahora es un recurso necesario para la facilidad del transporte del conocimiento y la gestión de trámites en nuestra vida cotidiana.

1.3.7 Fibra óptica

Una fibra óptica es un delgado hilo de vidrio utilizado para el transporte de la luz. El tamaño del grosor del filamento es muy idéntico al de un cabello humano, y mide aproximadamente 0,1 milímetro. Además, un cable de fibra óptica consta de un núcleo, un revestimiento y una funda. (Eveliux, 2014).

Figura 10. Cable de fibra óptica



Fuente: (prezi.com/sc6g_s9ffgib/propiedades-del-cableado-de-fibra-optica/)

En ese sentido, para que la luz recorra largas distancias, es esencial que su transmisión tenga un ángulo de incidencia óptimo que permita su reflexión o refracción. Si esto no ocurre, la luz se perderá. (CEI, 2015).

1.3.8 Tipos de Fibra Óptica

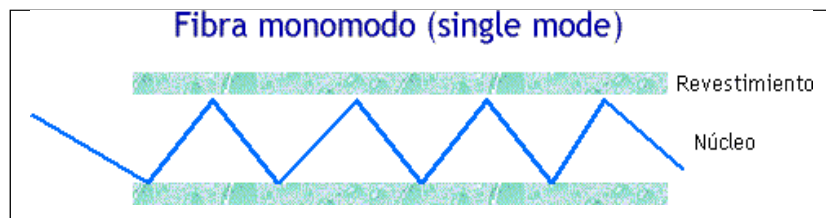
1.3.8.1 Fibra Óptica Monomodo

La fibra monomodo se refiere a un tipo de fibra que permite la propagación de un solo modo de luz a la vez. Normalmente, la fibra monomodo tiene un núcleo de diámetro estrecho de 8 a 10 μm (micrómetros) que puede propagarse a una longitud de onda de 1310 nm a 1550 nm. La dimension pequeña del nucleo de la fibra monomodo y el pulso de luz único eliminan prácticamente cualquier distorsión que pueda resultar del solapamiento de los pulsos de luz. (www.community.fs.com, 2021).

Este tipo de fibra es mayormente usado en proyecto de telecomunicaciones de gran envergadura , se estima que tiene una inversion en muchos paises en vias de desarrollo.

También es importante señalar que, este tipo de fibra se usa para tramos largos de distancia, aproximadamente mas de 10 a 13 km de distancia , siempre y cuando tenga sus repetidores es decir sus puntos donde llega la señal y pueda tener mayor impulso y no se pierda la buena señal garantizada.

Figura 11. Fibra óptica monomodo.



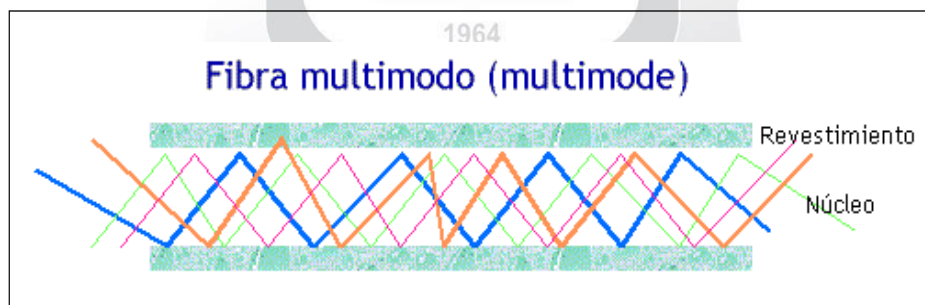
Fuente: (<https://sofiacuraarias.wordpress.com/2015/05/26/tipos-de-fibra-optica/>)

1.3.8.2 Fibra Óptica Multimodo

La fibra multimodo es un tipo de fibra que se usa principalmente para la comunicación a corta distancia. El cable de fibra óptica multimodo tiene un núcleo más amplio, normalmente de 50 o 62,5 micras, que permite la emisión de múltiples modos de luz. Esto permite que pasen más datos simultáneamente por el paso de esta fibra. La distancia máxima de transmisión del cable MMF es de aproximadamente 550 m a una velocidad de 10 Gb/s. De hecho, puede transmitir a distancias mayores, pero a velocidades de datos inferiores, como 2 km a 100 Mb/s. (www.community.fs.com, 2021).

Cabe precisar, que este tipo de fibra se usa mas a menudo cuando hay cortas distancias entre tramos menos de 2 km aproximadamente. Tambien se utiliza en los nodos de transporte, dentro de los gabinetes de control por su facil uso como multiplexor, que viene hacer la conversion de las señales de luz a digitales.

Figura 12. Fibra óptica multimodo



Fuente: (<https://sofiacuraarias.wordpress.com/2015/05/26/tipos-de-fibra-optica/>)

1.3.9 Las Redes inalámbricas

Son conexiones mediante el aire, es decir mediante ondas de radio que se esparcen por el viento eliminando la necesidad de cualquier tipo de cableado. Estas redes sirven para diversos fines, y a veces se utilizan como sustituto de las redes cableadas, mientras que en otros casos se emplean para proporcionar acceso a datos corporativos desde ubicaciones remotas. (Jordy Salazar , 2016, p.6).

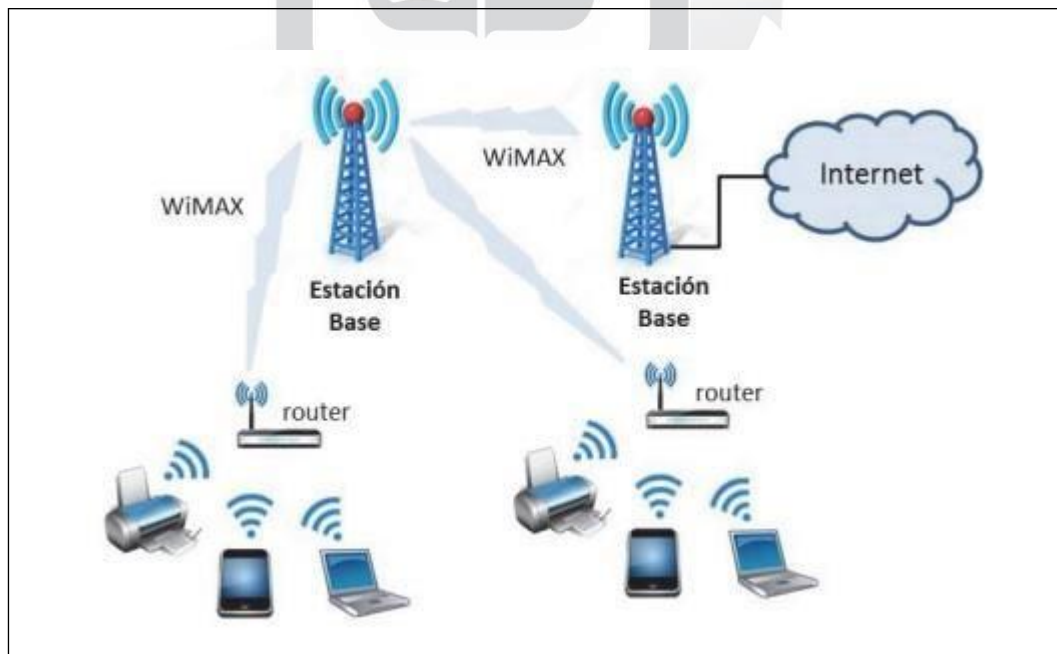
En este trabajo utilizaremos las antenas de Radio y microondas , AP tanto en torre como en las instituciones beneficiarias. Utilizaremos la frecuencia de 5.8 GHz para las antenas punto a punto y punto multipunto.

1.3.10 Tecnología WiMAX

Las redes WMAN, también conocidas como WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), son la tercera categoría de redes inalámbricas.

WiMAX es similar a Wi-Fi, pero ofrece cobertura a mayores distancias. Mientras que Wi-Fi está pensado para zonas normalmente pequeñas , como oficinas, casas o hotspots, WiMAX funciona en dos bandas de frecuencia, con licencia y sin licencia, que van de 2 GHz a 11 GHz y de 10 GHz a 66 GHz. Puede tener una velocidad de hasta 70 Mbps a una distancia de 50 km, dando servicio a miles de usuarios. **(Jordy Salazar , 2016, p.14).**

Figura 13. Diagrama de una red WiMAX



Fuente: (Redes Inalambricas 2016 , Jordy Salazar)

Esta tecnología Wimax se utiliza para las conexiones de internet a un rango menor de dos kilómetros, hasta 10 km máxima de distancia, es la más ideal para vencer obstáculos en medio de zonas geográficas muy accidentadas, así mismo se está implementando en varias soluciones como alternativa principal.

La implementación de esta tecnología reduce algunos costos ya que son genéricas en mayor parte de sus usos. Sin embargo, según la ley del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, las torres tienen un costo “notable” por tramos de 3 metros cuando son muy elevadas o muy altas.

En ese sentido, se plantea siempre reducir estos costos teniendo mayor precisión en las alturas sin perder la garantía de la señal. A diferencia que en años anteriores, se va desarrollando las configuraciones de estos equipos, convirtiéndose más accesible y amigables al momento de realizar los ajustes en los parámetros de configuración, los soportes y garantía de equipos tienen mayor demanda ayudando así en la implementación.

2.1 Descripción de la realidad problemática

Los servicios de internet y el intercambio de información mediante datos en precaria en zonas rurales, además de la falta de respuesta en el campo tecnológico, las rutas complicadas a las zonas rurales dificultan la implementación de infraestructura que permita brindar servicios de internet a los pobladores de las localidades por la RDNFO (Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica).

El distrito de Rio Grande es uno de los 8 distritos que conforman la provincia de Condesuyos en el departamento de Arequipa, se caracteriza por su reciente desarrollo económico ya que es uno de los distritos que abarca zona minera, además el acceso es difícil ya que cuenta con una carretera en trocha de tres horas desde el distrito de Ocoña para llegar a los anexos del distrito de Rio Grande, además la carretera se encuentra en mejoría por lo cual el acceso a estos anexos es muy complicado ya que se realiza pausas continuas de 30 a 50 minutos de espera por los carros, camiones y camionetas que transitan hacia los anexos. Adicional a ello, estas localidades se encuentran aisladas de estos servicios, teniendo como único operador de telefonía con baja velocidad hasta casi nula, a lo que se refiere a redes móviles los únicos operadores Claro 3G y movistar 4G LTE, en algunos anexos del distrito los cuales no cubre la necesidad de la población de estar actualizado con la tecnología, LTE, 4.5 G y 5G, teniendo en cuenta también, que se viene habilitando el servicio de agua potable y servicios sanitarios.

En ese contexto, el gobierno regional emprendió un proyecto a toda la región de Arequipa que permite llevar servicios de banda ancha (PRONATEL), el mismo que ya se encuentra en una segunda fase de implementación y construcción de estaciones base en toda la región. Sin embargo, es necesario realizar un diseño de red en base a la topología existente en los nodos centrales y que permita garantizar un servicio de alta velocidad de datos por medio de Radioenlaces vía Microondas hacia las instituciones beneficiarias tales como la Plaza principal, instituciones como comisarias, centros educativos y centros médicos. Todo ello tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de los pobladores, a fin de que todas sus localidades tengan las mismas oportunidades de mejora, desarrollo y el beneficio global de estas comunidades.

2.2 Formulación del problema general y específicos

2.2.1 Problema General

¿Cómo se realiza el diseño de una red de banda ancha utilizando fibra óptica y enlaces vía microondas para los anexos del distrito de Río Grande en el departamento de Arequipa?

2.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿De qué manera se realiza el diseño de una red de banda ancha utilizando fibra óptica y enlaces vía microondas para el distrito de Río Grande?
- b) ¿De qué manera el diseño de una red de banda ancha utilizando fibra óptica y enlaces vía microondas es más óptima para la mejor conectividad en el distrito de Río Grande?
- c) ¿Cómo la fibra óptica y los enlaces vía microondas mejora la conectividad de una red de banda ancha en los anexos del distrito de Río Grande?

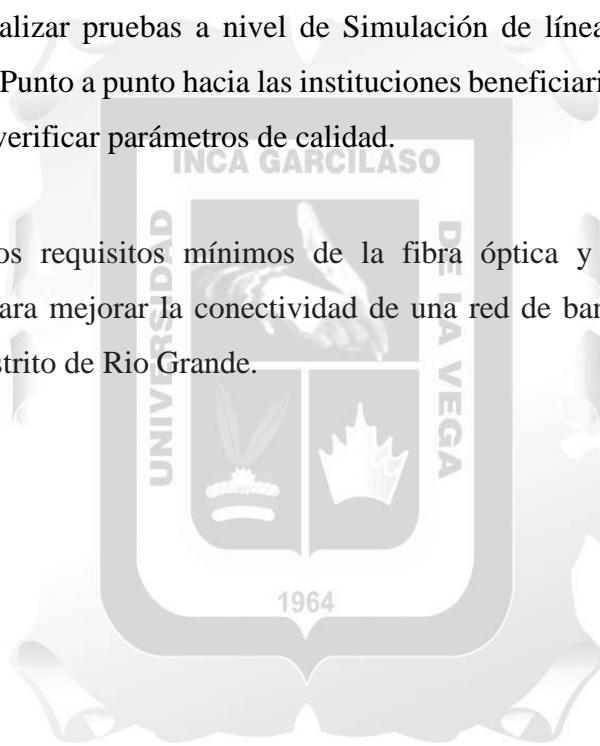
2.3 Objetivo general y específicos

2.3.1 Objetivo General

Diseñar una red de banda ancha utilizando el tendido de fibra óptica y radioenlaces vía Microondas para mejorar la cobertura de servicio de banda ancha a los anexos del distrito de Río Grande en la provincia de Condesuyos en el departamento de Arequipa.

2.3.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar los estudios previos como de línea de vista, recolectando información real de campo, estudio demográfico y calcular la demanda de ancho de banda de acuerdo a las condiciones actuales de los servicios de telecomunicaciones y así determinar el diagrama general del diseño de la red de fibra óptica en la cual el tendido alcance hasta un punto máximo donde se pueda aprovechar por los todos los anexos posibles.
- b) Analizar y realizar pruebas a nivel de Simulación de línea de vista de los Radioenlaces Punto a punto hacia las instituciones beneficiarias en cada anexo del distrito y verificar parámetros de calidad.
- c) Determinar los requisitos mínimos de la fibra óptica y los enlaces vía microondas para mejorar la conectividad de una red de banda ancha en los anexos del distrito de Rio Grande.



3 CAPITULO III: JUSTIFICACION Y DELIMITACION DE LA INVESTIGACION

3.1 Justificación e importancia del estudio

3.1.1 Justificación

El desarrollo de esta investigación se enfoca a la mejora de la cobertura de banda ancha en el distrito de Rio Grande. Este diseño de red mejorará el uso puntual del acceso a la información en la población, beneficiará al desarrollo económico de la población, en el desempeño educativo y dar una mejor calidad de vida.

3.1.1.1 Justificación Tecnológica

El uso de la fibra óptica garantiza la buena cobertura a todos los pueblos en toda la region sea eficiente ya que puede transferir los datos con una buena velocidad y gran capacidad de ancho de banda.

3.1.1.2 Justificación Económica

Crear una red de banda ancha que pueda prestar servicios requiere una inversión importante, sin embargo, a muchas empresas les resulta difícil asumir ese riesgo. Es importante plantearse utilizar una tecnología que tenga potencial a futuro y solo realizar cambios en determinados equipos o necesidades de los usuarios, en lugar de la propia red propuesta. El sector económico también influye en el sector inmobiliario, al disponer de esta tecnología aumentaría su valor de servicios agregados.

3.1.1.1 Justificación Social

En esta investigación se presenta un diseño de fibra óptica y radioenlaces en el distrito de Rio Grande de la region de Condesuyos en Arequipa, realmente estos sitios existe una necesidad de internet por lo tanto esto traería un cambio social, el desarrollo de investigación en los colegios , la seguridad también ejercerá su roll brindando el acceso a internet en las comisarías, muchas comisarias no tienen acceso a internet ni acceso a las comunicaciones telefónicas poniendo en riesgo la efectividad en la seguridad de la población. Un cambio estricto en lo que podría ser un avance en la medicina como consultas, y apoyo médico al usuario en las postas médicas, estos puestos de salud no cuentan con conexión a internet, facilitaría la gestión o consultas con otras entidades, brindaría conexión gratuita en las plazas, cualquier usuario podría conectarse a internet gratuitamente cuando el usuario este dentro de los 50 metros, existirán locales llamados “MAC”, tienen una semejanza a cabinas de internet especiales para el uso gratuito de los pobladores,etc. Adicionalmente en una segunda fase de este proyecto se piensa implementar en hogares para el uso público, donde se podría dar a un precio módico según sea la demanda, esto a su vez generaría inversión a futuro.

3.1.1.2 Importancia del Estudio

Este estudio es importante ya que ofrece un diseño óptimo, utilizando puntos estratégicos en el distrito de Rio Grande. Se pondrá en práctica mis conocimientos adquiridos.

3.2 Delimitación del estudio

3.2.1 Delimitación Espacial

El trabajo de estudio se desarrolla en el distrito de Rio Grande en la provincia de Condesuyos en el departamento de Arequipa - Perú 2023.

3.2.2 Delimitación Temporal

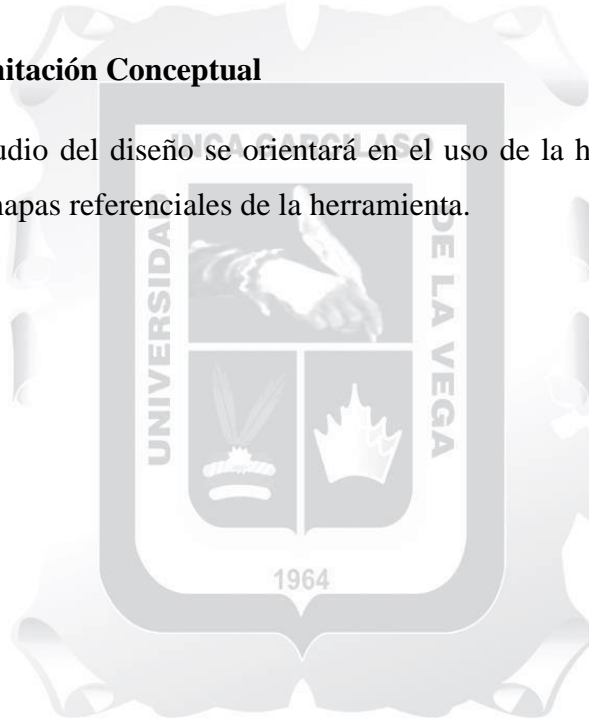
El proyecto tiene una duración de 4 años; considerando como año de inicio del 2019

3.2.3 Delimitación Social

El grupo de objeto de estudio son los colaboradores internos de la empresa transnacional del rubro de Telecomunicaciones que usarán la información.

3.2.4 Delimitación Conceptual

La simulación y estudio del diseño se orientará en el uso de la herramienta Path loss 5 licenciado y de geomapas referenciales de la herramienta.



4.1 Diseño esquemático

4.1.1 Análisis de la zona geográfica

4.1.1.1 Distrito de Río Grande

El distrito de Río Grande en Arequipa es uno de los ocho distritos que conforman la provincia de Condesuyos en el departamento de Arequipa, Perú. Este distrito se encuentra al norte de Arequipa. La carretera entre Arequipa y Ocoña está bien asfaltada y señalizada, pero tiene obstrucciones entre Ocoña e Iquipí, y es una carretera de trocha sin asfaltar entre Iquipí y San Juan de Chorunga.

Para llegar al distrito de río Grande se debe ir por la carretera de Arequipa, La joya luego ir en dirección al valle de Majes, luego Camaná y subir hacia Ocoña y entrar hacia Iquipí aproximadamente 3 horas desde el cruce hasta San Juan de Chorunga.

Figura 14. Ubicación Provincia de Condesuyos



Fuente: (www.wikipedia.com)

Figura 15. Provincia de Condesuyos



Fuente: (www.wikipedia.com)

Figura 16. Ubicación del distrito de Río Grande.



Fuente: (www.wikipedia.com)

4.1.1.2 División Política

El distrito de Rio Grande geográficamente, ha generado una división político-administrativa en anexos y comunidades ya definidos en el transcurso de los años.

Rio Grande cuenta con 5 Anexos: Piuca, Huaca, Iquipi, Alto Molino, Pueblo Libre y San Juan de Chorunga. De acuerdo a lo revisado en el INEI estos son los centros poblados correspondientes al distrito de Rio Grande que cuentan con la mayor parte de carencias respecto a vías de acceso, servicio de agua, etc.

Figura 17. Foto del pueblo de secocha



Fuente: **Elaboracion Propia**

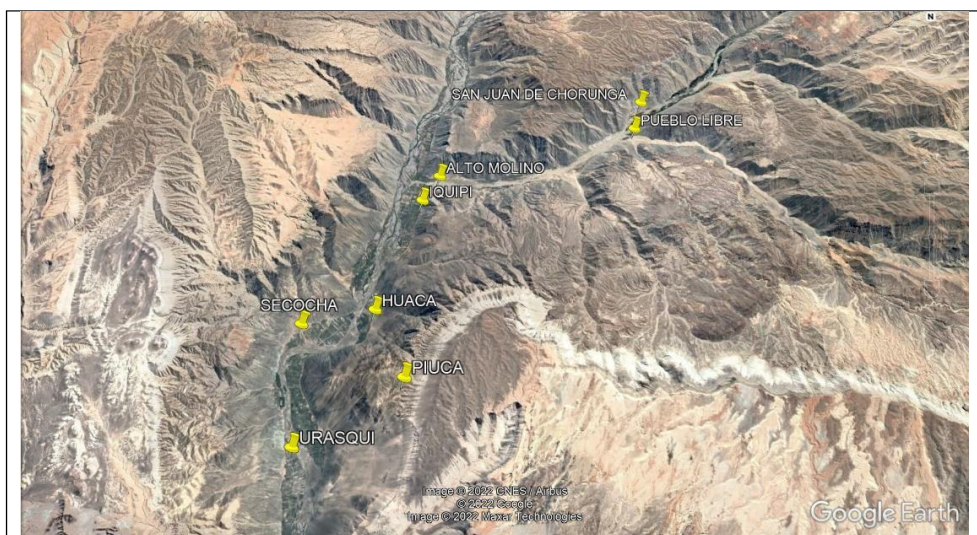
Como se visualizar en la figura 17 , la ciudad de secocha como la mayoría de pueblos son parcelas y terrenos de cosecha asimismo la trayectoria de estos lugares son muy lejanos e impide tener una cobertura total. Algunos de estos pueblos tienen escasos recursos y la implementación de carretera se ha compuesto por la misma población ya que abunda la minería ilegal. Lamentablemente el estado y los municipios no brindan

el apoyo suficiente para el desarrollo de estas ya que se encuentra apoderado las microempresas de comercialización de minerales.

4.1.1.3 Ubicación de los Anexos del Distrito de Rio Grande

Se selecciona los anexos de Rio Grande en el programa Google Earth a continuación:

Figura 18. Ubicación De Centros Poblados.



Fuente: **Elaboración Propia**

En la figura 18 podemos visualizar la elaboración de puntos en el programa Google Earth según las coordenadas captadas en campo teniendo en consideración las siguientes características:

- No tiene acceso a Internet, o el servicio es de muy baja calidad. No cuenta con velocidad y hasta casi nula.
- No están incluidos en el proyecto nacional de PRONATEL.
- No cuentan con los operadores del estado: por ejemplo, carecen de empresas de telefonía importantes como Telefónica, Claro, Entel y Bitel. Hay algunos distritos tienen cobertura, pero en 3G, teniendo difícil acceso a internet.
- Cuentan con energía Eléctrica y Desagüe.

4.1.1.4 Estudio demográfico

Se tomó como base a la cantidad de la población menor a 25 años, se consigue los usuarios de mayor consumo (móvil y fija), tal como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Población Distrito de Rio Grande

Código	Distrito	Urbano encuesta	Rural encuestas	Edad 0	Edad 1	Edad 2	Edad 3	Edad 4	Edad 5	Edad 6	Edad 7	Edad 8	Edad 9	Edad 10	Edad 11	Edad 12	Edad 13	Edad 14	Edad 15	Edad 16	Edad 17	Edad 18	Edad 19	Edad 20	Edad 21	Edad 22	Edad 23	Edad 24	Edad 25	Edad 26	Edad 27
40606	Arequipa, Condesuyos, distrito: Río Grande	0	3567	54	45	61	71	53	61	61	48	62	54	49	50	58	49	32	48	41	28	31	23	49	43	56	55	59	54	68	50

Fuente : INEI 2017

En relación a la cantidad de la población total, se obtiene la cantidad demanda de ancho de banda, tal como se muestra en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Población según anexos

CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
040606	DISTRITO RÍO GRANDE			3 181	1 908	1 355	1 634	1 551	83
0030	PUEBLO LIBRE	Yunga marítima	730	289	138	151	434	96	-
0001	IQUIPI	Chala	484	275	157	118	92	92	-
0002	SAN JUAN DE CHORUNGA	Yunga marítima	733	1 335	724	611	871	830	41
0021	ALTO MOLINO	Chala	496	801	549	252	232	207	25
0027	HUACA	Chala	434	77	45	32	35	35	-
0029	PIUCA	Chala	375	404	217	187	169	158	11

Fuente: INEI 2017

En la **Tabla 3** se muestra el número de localidades beneficiadas, locales escolares, instituciones de salud, comisarías y plazas.

Tabla 3. Instituciones beneficiadas.

Anexo	Localidades Escolares	Establecimiento de Salud	Comisarias	Plaza
Piuca	2	1	0	1
Huaca	1	0	0	1
IQUIPI	1	1	1	1
Alto Molino	1	1	0	0
Pueblo Libre	1	1	0	0
San Juan de Chbrunga	1	1	0	0

Fuente: **Elaboración Propia.**

En la **Tabla 4** se muestra la cantidad de Mbps de velocidad que podría recibir cada institución teniendo los criterios de PRONATEL.

Tabla 4. Nuevos criterios de asignación de Banda Ancha

Servicio	Velocidad
Colegio	2 Mbps (30% de aulas)
Universidad	50 Mbps
Puestos de salud	2 Mbps
Centros de salud	4 Mbps
Hospitales	8 Mbps
Institutos de salud	4 Mbps
Comisarias	2 Mbps
Municipalidades	4 Mbps
Sedes del Banco de la Nación	2 Mbps
Museos	2 Mbps

Fuente: **Elaboración Propia.**

4.1.2 Cálculo del Ancho de Banda

La velocidad ofrecida por cada usuario para acceder a internet será de 100 Mbps de Download y 50 Mbps de Upload con un servicio garantizado del 40%.

Tabla 5. Porcentaje de servicios de telecomunicaciones.

Servicio	Penetración (%)
Telefonía Fija	23.1
Telefonía Móvil	91.7
Internet	26.7

Fuente: **Elaboración Propia.**

En base al número de habitantes de la Tabla 3 y a la cantidad de servicios de Telecomunicaciones de la Tabla 5, se obtiene la cantidad de potenciales usuarios de internet, tal como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Potenciales usuarios del distrito de Rio Grande.

localidad	Internet
PIUCA	77.163
HUACA	20.559
IQUIPI	73.425
ALTO MOLINO	213.867
SAN JUAN DE CHORUNGA	356.445
PUEBLO LIBRE	77.163

Fuente: **Elaboración Propia.**

Para el caso de acceso a datos es de 4 a 1 o del 25%. Con esto obtenemos los resultados que se muestran en la **Tabla 7.**

Tabla 7. Tráfico de usuarios simultáneos en Internet.

Localidad	Internet
PIUCA	20
HUACA	6
IQUIPI	19
ALTO MOLINO	54
SAN JUAN DE CHORUNGA	90
PUEBLO LIBRE	20

Fuente: **Elaboración Propia.**

En la **Tabla 8** se brinda información de la cantidad de Megabits de subida y bajada teniendo como base la demanda en cada anexo. Las reparticiones hacia las instituciones serán por medio de los criterios de PRONATEL.

Tabla 8. Demanda en Mbps por cada anexo del distrito de Rio Grande.

localidad	download	upload
PIUCA	154.326	38.5815
HUACA	41.118	10.2795
IQUIPI	146.85	36.7125
ALTO MOLINO	427.734	106.9335
SAN JUAN DE CHORUNGA	712.89	178.2225
PUEBLO LIBRE	154.326	38.5815

Fuente: **Elaboración Propia.**

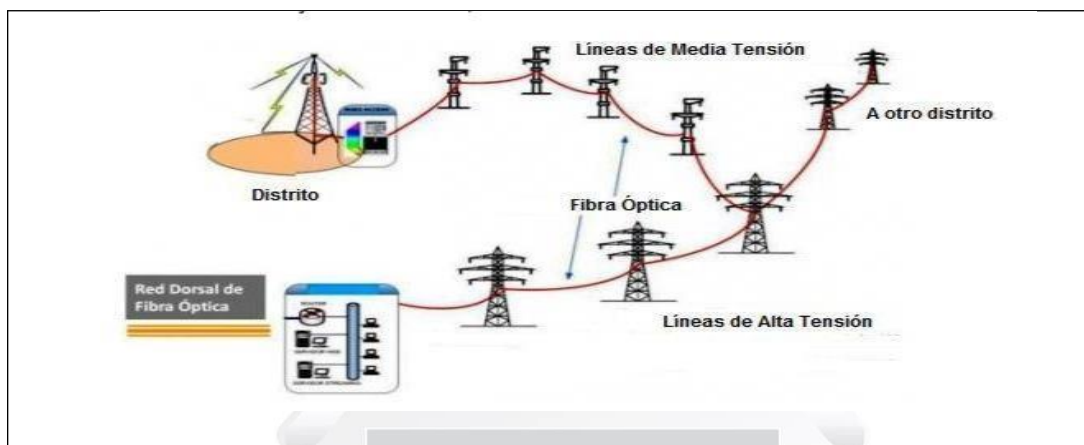
4.1.3 Diseño de la red de fibra óptica

Para dimensionar la cantidad de fibra óptica a emplear por kilometros , se considera las distancias de las rutas y tramos por las que pasará y el tipo de soporte que estas tienen, puede ser el caso que no tengan postes ciertos tramos y seria muy riesgoso colocar la fibra optica ya que en un temblor estas pueden desplomarse. En ese caso se solicitaria la implementacion de nuevos postes.

El Gobierno Regional debe facilitar y apoyar en todas las condiciones como por ejemplo permitir la instalación de nuevos postes y/o reubicación de nuevos postes, esto incluye el otorgar las aprobaciones y autorizaciones en base al derecho de vía de acuerdo con las normas y procedimientos establecidos por la ley.

Desde el Nodo Distrital de la ciudad de Ocoña se desarrollará la red provincial de transporte de fibra óptica que interconectará las demás capitales de distrito donde se instalarán los nodos ópticos. Para esto se hará uso de la infraestructura eléctrica de baja tensión, así como de la red vial.

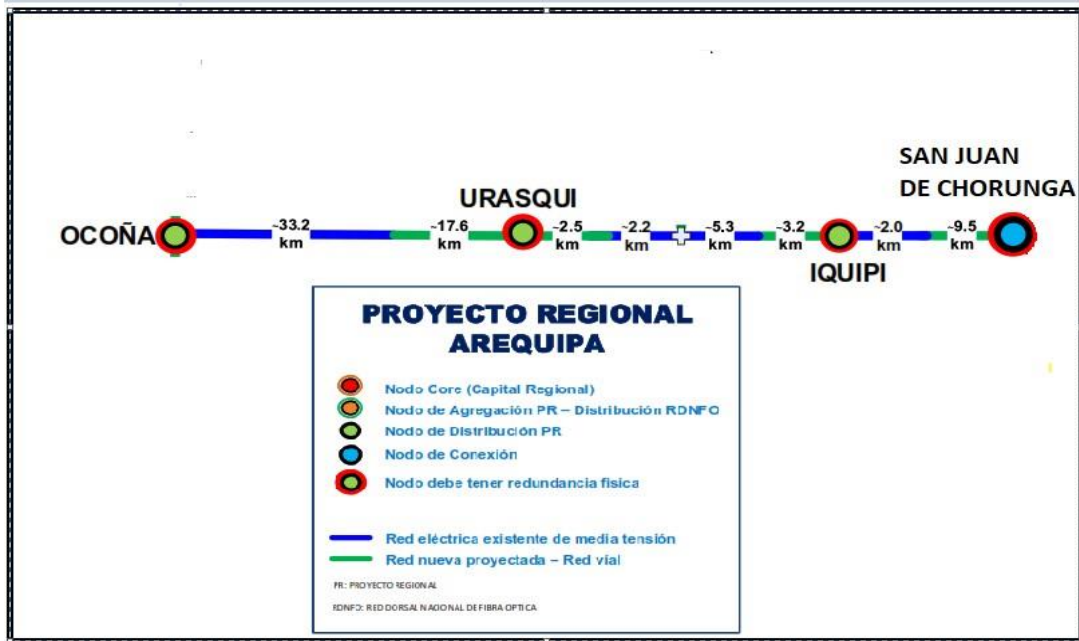
Figura 19. Infraestructura para el tendido de fibra óptica.



Fuente: **Elaboración Propia.**

Para diseñar correctamente, se debe tener en consideración el dimensionamiento las distancias y las alturas donde estarán las torres de telecomunicaciones. En la figura 27 se aprecia el tendido de fibra va en paralelo al cableado eléctrico.

Figura 20. Diagrama unifilar de la red de transporte.



Fuente: **Elaboración Propia.**

En la figura 20 podemos visualizar el diagrama unifilar de la fibra óptica con su leyenda, el tramo comienza en Ocoña un Nodo distrital que funciona también como centro de mantenimiento ya que es el principal de color azul es la red aprovechada con los postes de media y baja tensión, el tramo de color verde es el tendido de fibra con los nuevos postes a implementar. También podemos visualizar la distancia en kilómetros.

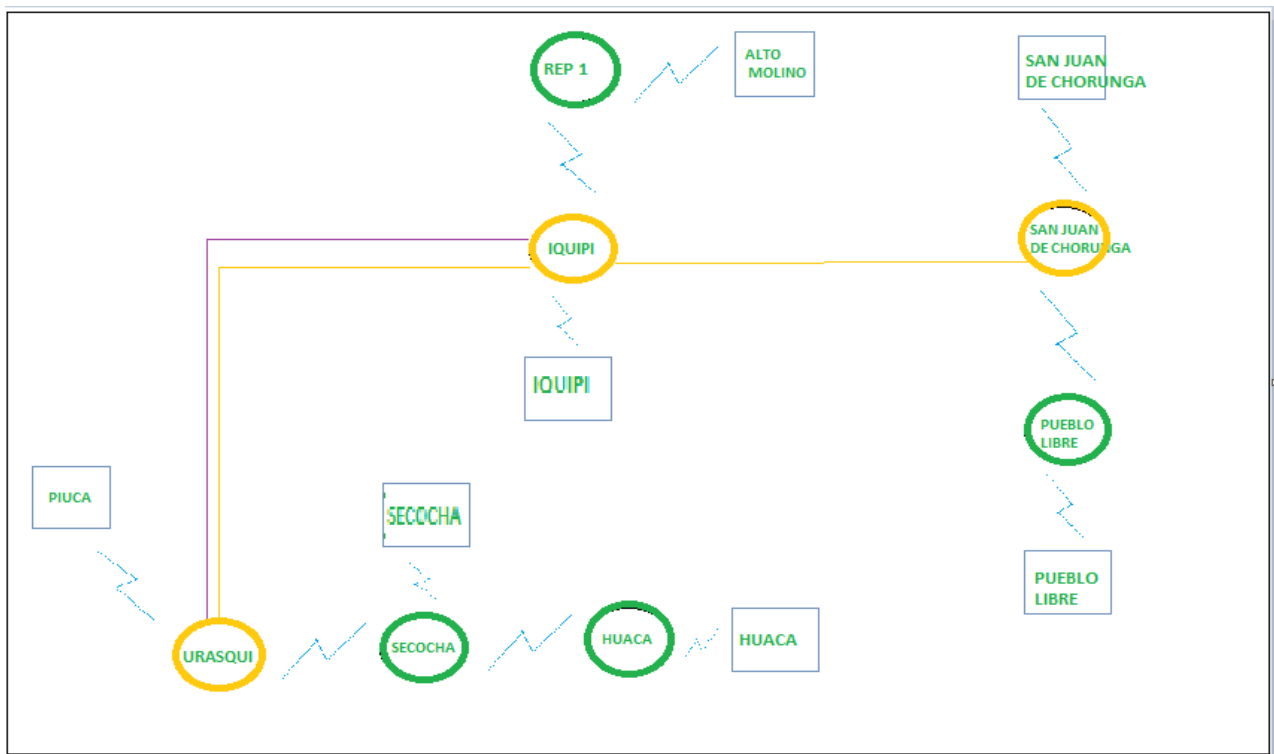
Figura 21. Recorrido de la red de fibra óptica. Tramo Urasqui – Iquipi – San Juan de Chorunga.



Fuente: **Elaboración Propia.**

En la figura 21 podemos ver el trazo de la ruta de color amarillo que representa a la fibra óptica con los nuevos postes a instalar, empieza desde Urasqui y termina en San Juan de Chorunga. Se tiene como referencia la carretera que cruza todo el valle ya que es una única ruta de acceso público en la zona, o cual fue identificada como una restricción durante el diseño.

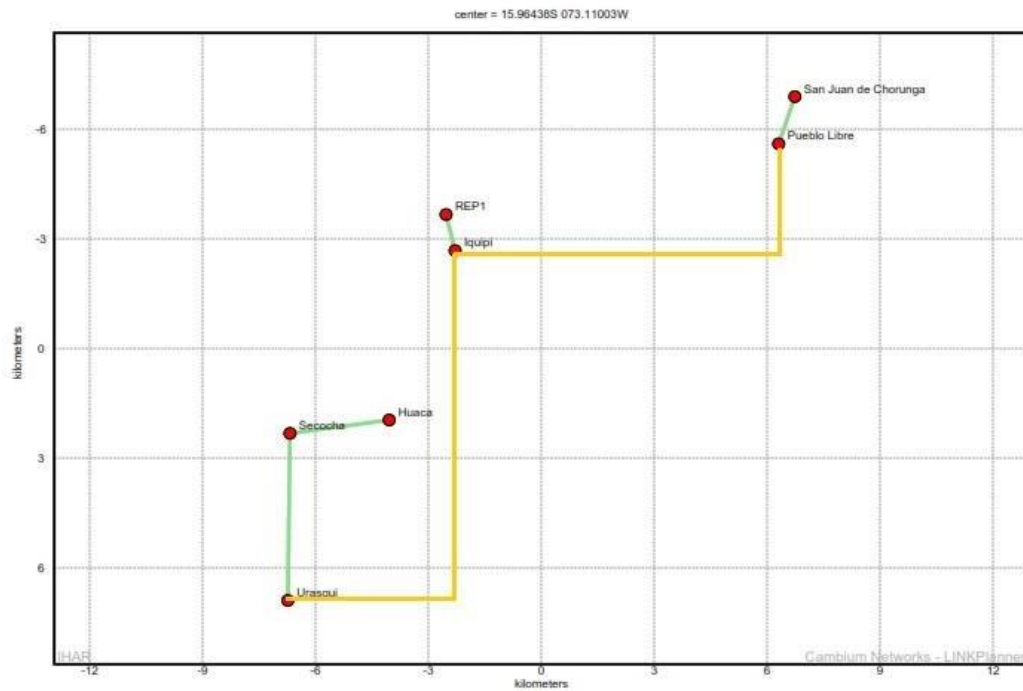
Figura 22. Diagrama del diseño de Red



Fuente: **Elaboración Propia.**

En la figura 22 podemos apreciar un diagrama propiamente elaborado mostrando los tipos de conexiones donde podemos ver la línea de color amarillo es la fibra óptica, los rayos de color celeste son los enlaces vía microondas, el tramo de color morado es el tendido de fibra utilizando los postes de baja tensión. Los círculos de color amarillo son los nodos intermedios y de color verde son los nodos terminales.

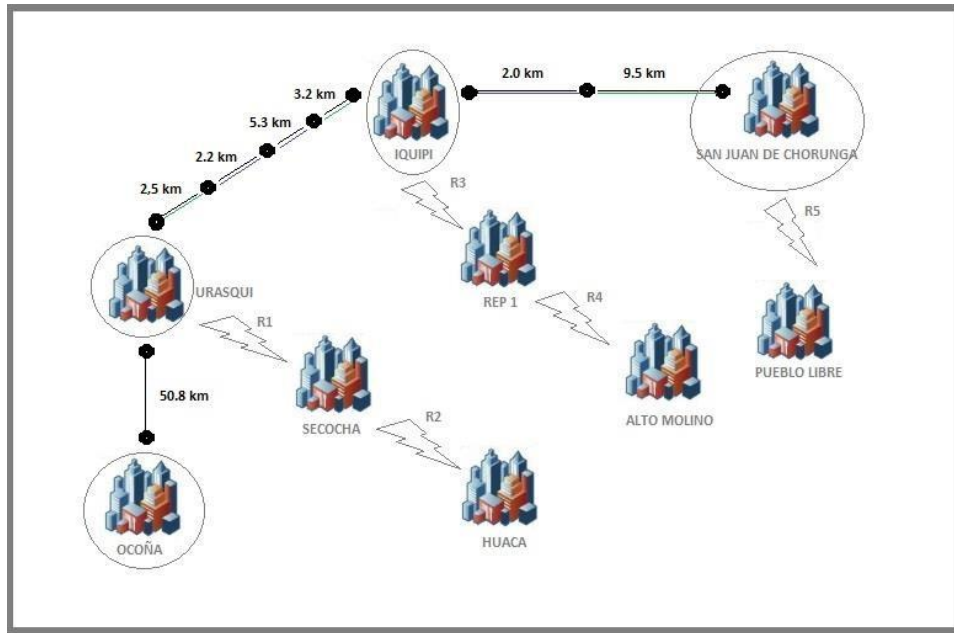
Figura 23.Diagrama de diseño de Red en Link Planner.



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 23 podemos visualizar un diagrama realizado en el programa Link Planner el tramo de color amarillo que va desde Urasqui hasta San Juan de Chorunga, los tramos de color verde son los radioenlaces. Asimismo, vemos que Urasqui brinda radioenlace hacia Secocha luego a Huaca, También de Iquipi a REP 1 y por último de Pueblo Libre a San Juan de Chorunga.

Figura 24. Diagrama de Diseño de Red.

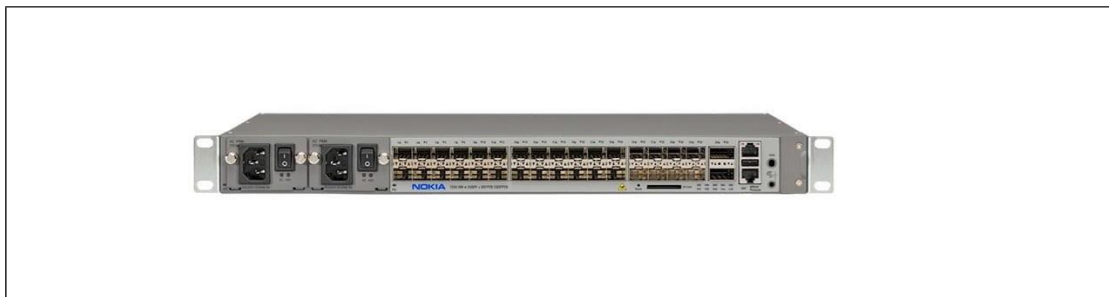


Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4 Tecnología a utilizar

Se utilizará un conmutador óptico, un enrutador **Nokia 7250 IXR- e 2QSFP28 8SFP28 24SFP+**.

Figura 25. Enrutador Nokia

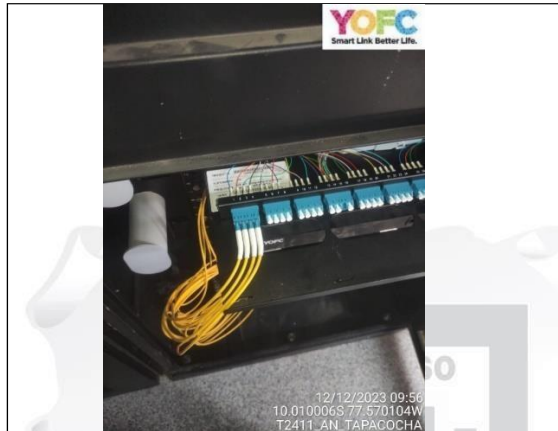


Fuente: Elaboración Propia

Son capaces de admitir transceptores 1GE, 10GE o 25GE, tiene una capacidad de memoria

de 3 GB y soportar un tráfico de 600 GB por segundo. Cuenta con envío bidireccional en IPV4 y IPV6.

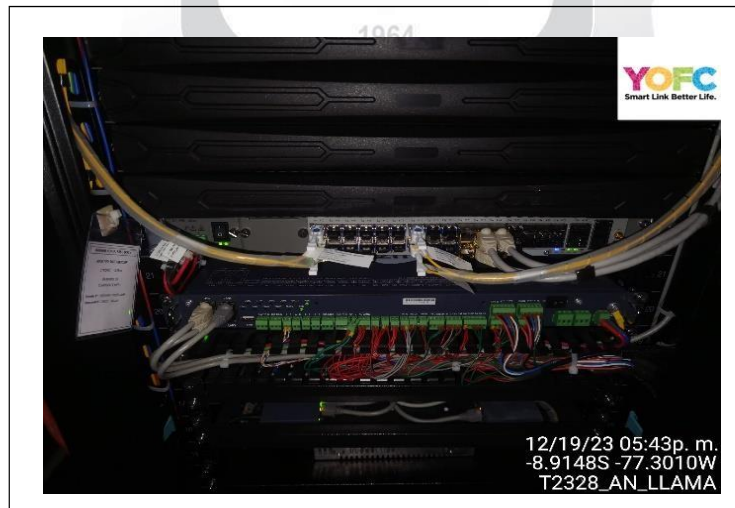
Figura 26. Conmutador de Fibra



Fuente : **Elaboración Propia**

En la figura 26 podemos apreciar la conexión del multiplexor de la fibra optica mediante 4 hilos, cada bandeja cuenta con 32 hilos , 4 de transmision y 4 de recepcion y con su back up.

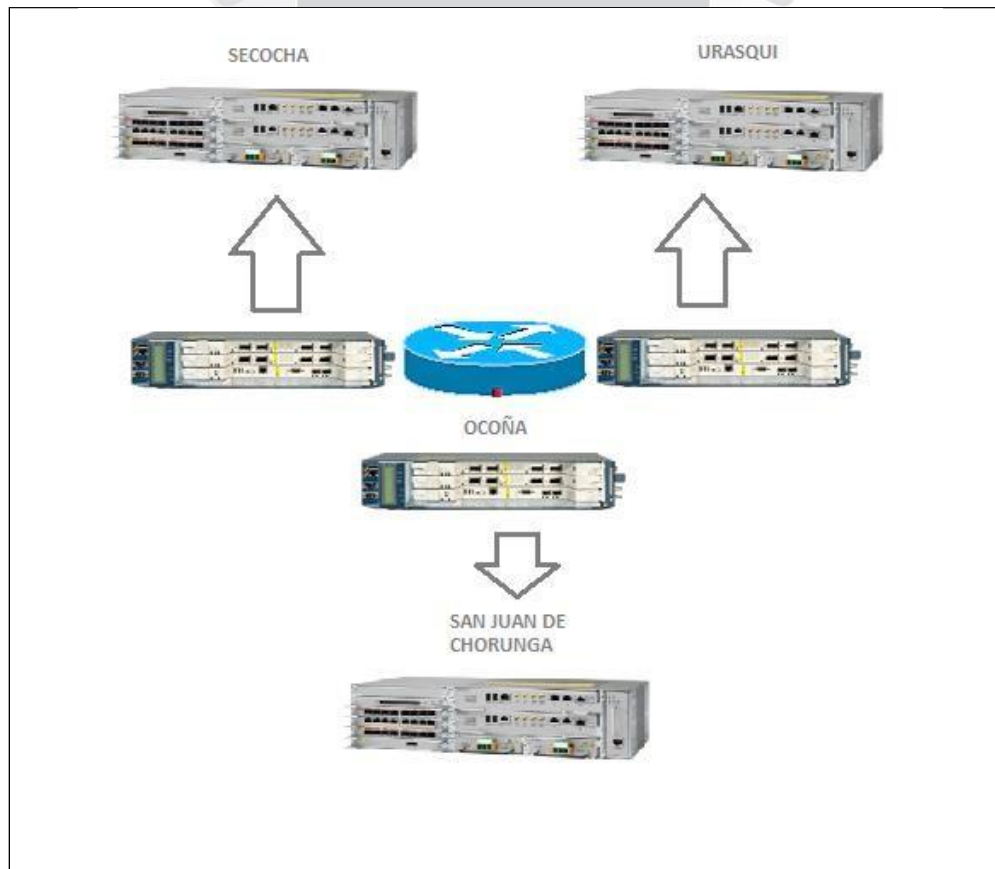
Figura 27. Router Nokia instalado



Fuente : **Elaboracion Propia**

En la figura 27 se puede demostrar la instalacion del router nokia en el gabinete , claramente podemos visualizar la llegada de la fibra optica mediante conectores transceivers para fibra optica. Este equipo se alimenta con energia DC , es decir con 48 v.

Figura 28. Esquemas de la Red de Transporte Regional.



Fuente : **Elaboracion Propia**

En la figura 28 se verifica la instalacion de router por sitio. Podemos ver el tipo de router cisco en el nodo central de ocoña y de alli se reparte hacia los nodos de Secocha , Urasqui y San Juan de Chorunga

4.1.5 Diseño de la red inalámbrica

Una vez realizado el tendido de fibra en los nodos de transporte ya podemos hacer la complementación de los nodos de accesos (torres) .

4.1.5.1 Evaluación de los radioenlaces

En la siguiente tabla, se puede visualizar la modulación digital según su capacidad.

Tabla 9. Relación Capacidad / Modulación.

Capacidad	Modulación	airMAX ac
La más alta	1024QAM	-
.	256QAM	19 dBm
.	64QAM	21 dBm
.	16QAM	22 dBm
.	QPSK	24 dBm
La más baja	BPSK	27 dBm

Fuente : **Elaboracion Propia**

De la tabla 9 se deduce que la capacidad de los datos del radioenlace aumenta a medida que la modulación se hace más compleja.

Además, la potencia se elige en función del tipo de modulación deseado.

Se debe considerar que si la potencia supera los 19 dBm, el equipo seguirá utilizando la modulación 256 QAM. Esto suceda que al aumentar la potencia se ampliará el alcance del radioenlace, caso contrario la capacidad de transmisión.

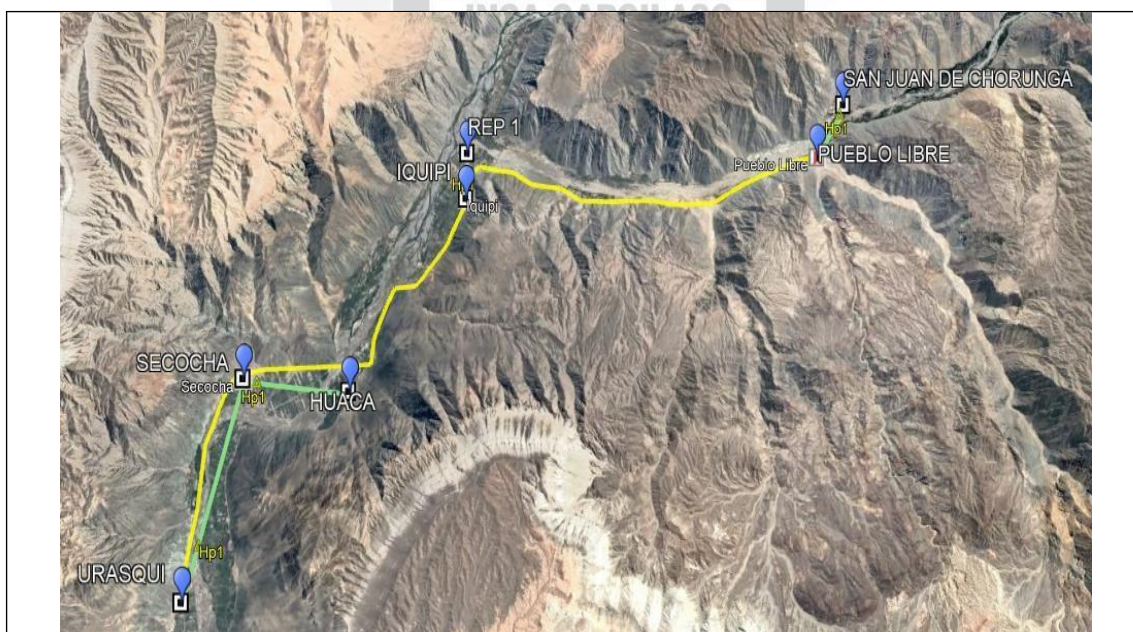
Otro detalle importante es que el nivel adecuado de potencia de recepción (Rx) debe estar dentro del intervalo de -55 dBm a -45 dBm.

Un nivel de potencia superior a -40 dBm puede dañar el equipo de radio, mientras que un nivel de potencia inferior a -60 dBm provoca errores de transmisión. Para que los niveles de energía estén dentro de los márgenes adecuados, los fabricantes recomiendan ajustar la ganancia de la antena.

4.1.5.2 Centros poblados a Coberturar

Ya se cuenta con los pueblos seleccionados tanto como el tendido de fibra como radioenlaces para llegar a una mejor cobertura.

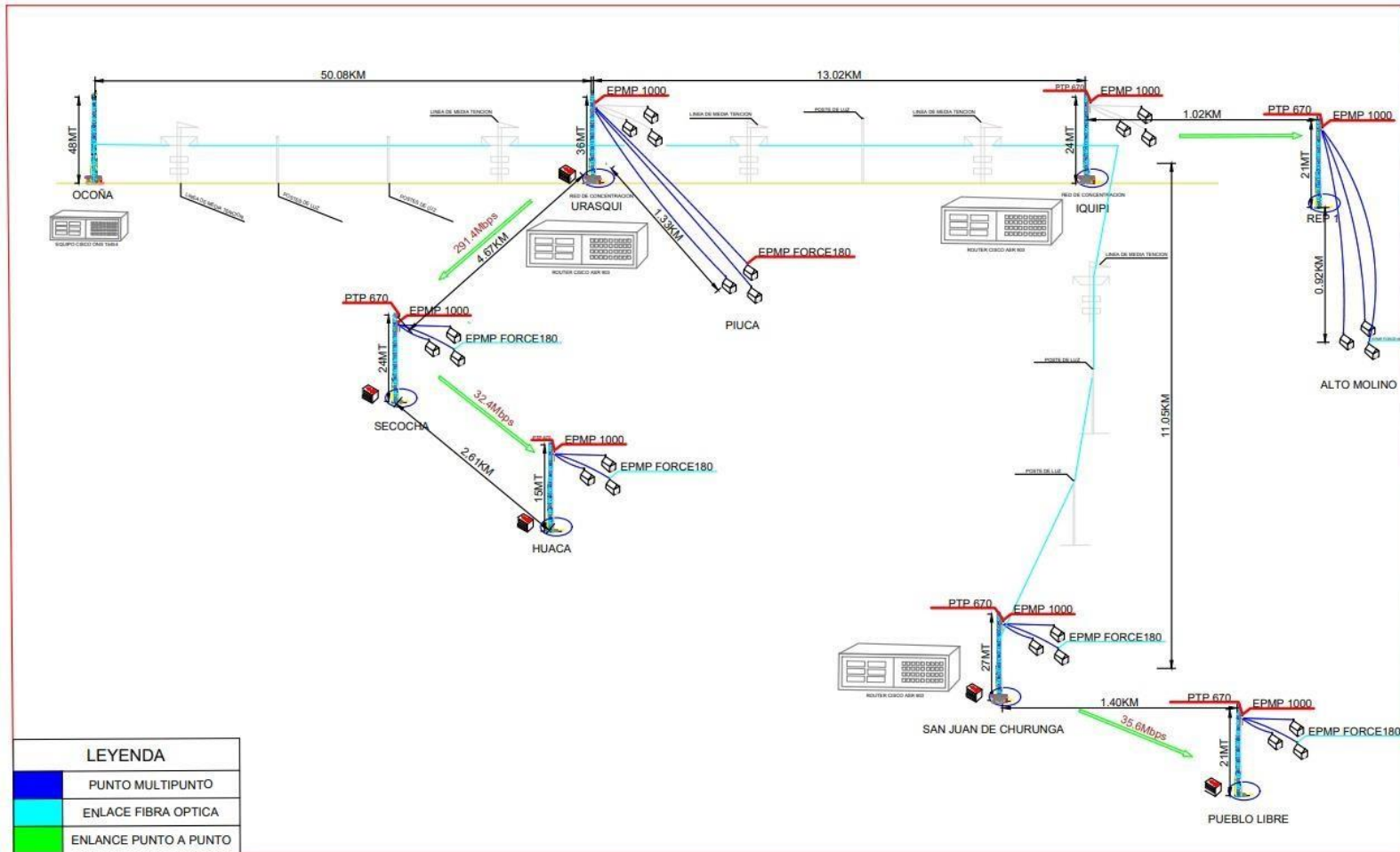
Figura 29. Imagen en Google Earth sobre el recorrido de fibra óptica.



Fuente : **Elaboracion Propia**

En la figura 29 podemos apreciar un diagrama elaborado en el programa Google Earth donde se coloca los puntos de color azul las localidades que se emplearan la conexión de internet.

Figura 30. Diagrama de diseño de Red de Banda Ancha vía Fibra Óptica y enlace Microondas.



Fuente : Elaboracion Propia

En la figura 30 podemos ya demostrar el diseño de red en su totalidad, donde se puede ver las alturas de la torre de cada una de las estaciones, por ejemplo en Ocoña se implementará una torre de 48 metros de altura , a 50.08 kilometros se encuentra la estacion de Urasqui en cual tendra una torre de 36 metros de altura, vemos que este tramo sera por fibra optica aprovechando los postes de media y baja tension.

En la torre de Urasqui ya empieza a brindar radioenlaces hacia Secocha cuya torre tendra una altura de 24 metros. Vemos que para el enlace multipunto se usa una antena epmp 100, esta puede ser remplazada por las nuevas antenas radwin asimismo las antena punto a punto. La antena que va a Urasqui tambien brinda conexión punto multipunto a la ciudad de Piuca.

La torre de Secocha se conecta con el anexo de Huaca que tendra una altura de 15 metros. Aquí podemos apreciar claramente que la torre de Huaca solo brinda acceso a sus instituciones es decir punto multipunto lo que podemos definir como nodo terminal. La distancia de Secocha y Huaca es de 2.61 km. El nodo de Urasqui conecta con el nodo de Iquipi mediante fibra optica, vemos que este tramo es aprovechado por los postes nuevos a implementar. La torre de Iquipi tendra una altura de 24 metros y este conectara con REP 1 que tendra una altura de 21 metros. La torre de REP 1 brindara acceso al anexo a las instituciones de Alto Molino.

Por ultimo la torre de Iquipi se conectara con el nodo de San Juan de Chorunga a una distancia de 11.05 kilometros mediante fibra optica tendido por los postes nuevos a instalar.

La torre de San Juan de Chorunga tendra una altura de 24 metros que conectara via enlace microondas con el nodo de Pueblo Libre. La distacina de San Juan de Chorunga hasta Pueblo Libre tiene una distancia de 2.61 kilometros. La torre de Pueblo Libre tendra una altura de 15 metros y brindara acceso a su instituciones respectivamente.

4.1.6 Ubicación de los Nodos

4.1.6.1 Nodos Intermedios del diseño de red

REP 1:

Ubicada al norte del distrito de Iquipi, a unos 1.06 Kilometros del anexo de Iquipi, la altura del terreno es de 467 m.s.n.m. La coordenada es: latitud: **-15.931245°**, longitud: **-73.133651°**. En este sitio se encuentra parcelas, pero el terreno es firme.

IQUIPI

Localizada al sur del distrito de Iquipi, a unos 5.01 Kilometros del anexo de Huaca, la altura del terreno sobre el nivel del mar es de 476 m.s.n.m. La latitud es : **-15.940172°**, y la longitud: **-73.131405°**. Este pueblo es grande tiene instituciones beneficiarias, luz eléctrica y desagüe.

SECOCHA

Esta ubicada al norte de Iquipi, a unos 2.6 Kilometros del anexo de Huaca, la altura del terreno es de 458 m.s.n.m. La coordenada es: latitud: **-15.985276°**, longitud: **-73.172301°**. Este pueblo es grande cuenta con mina, está en pleno desarrollo económico.

4.1.6.2 Nodos Terminales del diseño de red

Son nodos que son la última llegada a los pueblos donde llega la cobertura debido a que estos se encuentran lejanos.

PUEBLO LIBRE

Ubicado en el sur de Rio Grande, aproximadamente a unos 1.36 Kilometros del anexo de San Juan de Chorunga, la altura es de 718 m.s.n.m. La es: latitud **-15.913777°**, longitud: **-73.051153°**. Este pueblo cuenta con todos los servicios básicos y hospedaje, cuenta con negocios de venta de mineral.

HUACA

Localizada al sur del distrito de Rio Grande , aproximadamente a unos 2.6 Kilometros del anexo de Secocha , la altura sobre el nivel del mar es de de 427 m.s.n.m. La coordenada es: latitud: **-15.981938°**, longitud: **-73.147586°**. se tiene terreno de propiedad privada y de fácil acceso a la carretera.

4.1.6.3 Nodos Distritales del diseño de red

SAN JUAN DE CHORUNGA

Ubicado al norte de secocha , aproximadamente a unos 1.36 Kilometros del anexo de Pueblo Libre , cuenta con una altura de 766 m.s.n.m. La coordenada es:latitud: **-15.902101°**, longitud: **-73.047141°**. En este pueblo se ubica una mina de extracción de oro, la cual tiene un convenio con la población para la distribución de los servicios. El terreno se encuentra en la misma mina lo cual facilitaría su construcción en corto tiempo.

URASQUI

Localizada al sur en el mismo distrito de Camana , a unos 4.57 Kilometros del anexo de Secocha , su altura es de 354 m.s.n.m. La coordenada es:latitud: **-16.026646°**, longitud: **-73.172924°**. En este lugar debemos considerar que tiene bajo relieve de vegetación.

4.1.6.4 Anexos Optimizados del diseño de red

Son cuyos nodos son aprovechados para dar coberturas a otras localidades cercanas.

ALTO MOLINO

Ubicado al sur de San Juan de chorunga , aproximadamente a unos 0.92 Kilometros del anexo de REP 1 , la altitud de 489 m.s.n.m. La coordenada es: latitud: **-15.930436°**, longitud: **-73.12505**, cuenta con tres instituciones: Plaza, Colegio y Posta.

PIUCA

Ubicado al frente de Secocha , a unos 1.65 Kilometros del anexo de Urasqui la altitud de 399 m.s.n.m. La coordenada es: latitud: **-16.00997°**, longitud: **-73.16802°**. Este pueblo cuenta con 2 instituciones, plaza y colegio.

4.2 Descripción de los aspectos básicos del diseño

4.2.1 Metodología para el diseño de Redes

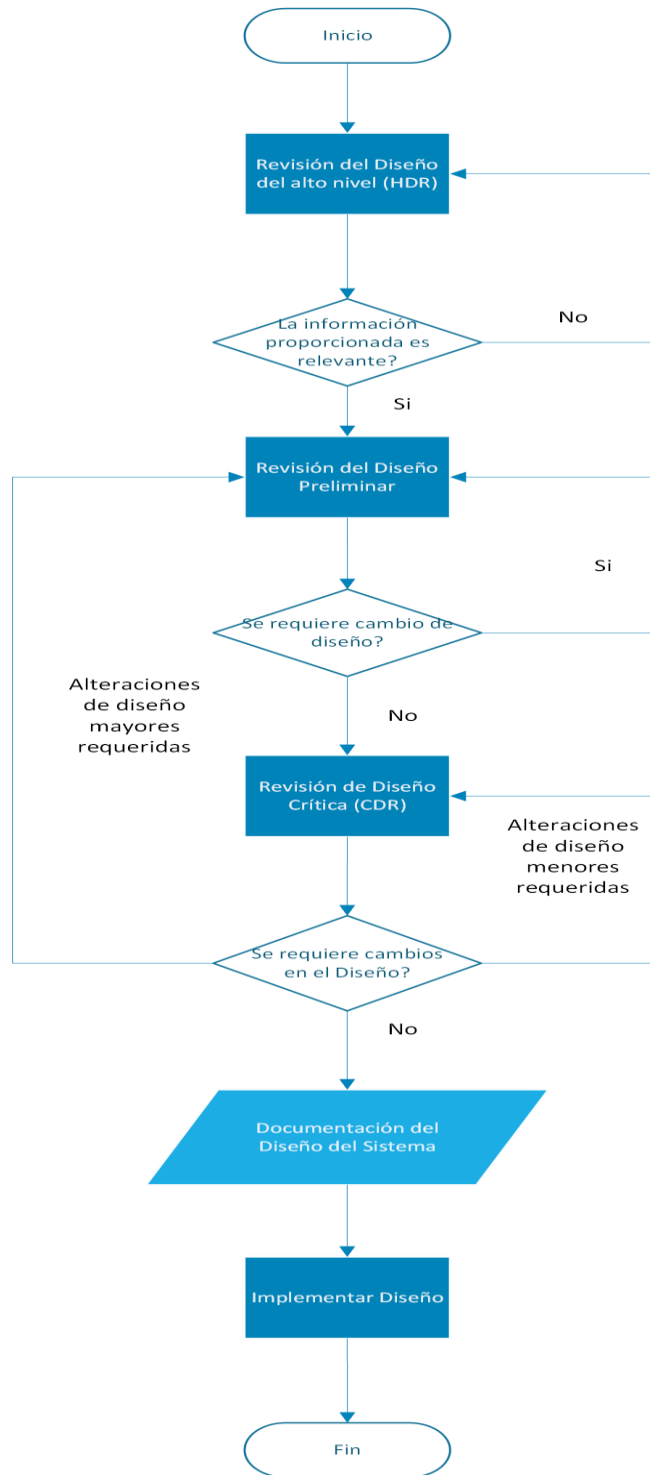
No se puede exagerar la importancia de la implementación del diseño en cualquier sistema de acceso radioeléctrico. Los protocolos de diseño de radiofrecuencia consisten en un conjunto de normas o procedimientos utilizados en ingeniería, no sólo para el diseño de redes y la integración de nuevos componentes como los emplazamientos celulares, sino también para mejorar el rendimiento de la red. **[Smith and Collins, 2013]**.

El tipo de metodología se usa dependiendo al caso que se necesite, por ejemplo:

- Cuando se intenta colocar una nueva red desde cero.
- Cuando se intenta aumentar una tecnología para mejorar la red.
- Cuando se instala una nueva tecnología a la ya existente.

El flujo del proceso de Planificación sugerido se ilustra en la Figura 17. Es crucial tener en cuenta que, para que el diseño tenga sentido, existen requisitos de cobertura y capacidad en las ubicaciones elegidas que tienen sus propias realidades geográficas. En términos más sencillos, hemos determinado los servicios que deben prestarse y su capacidad y calidad.

Figura 31. Proceso de diseño.



Fuente: Adaptado de [Smith and Collins, 2013].

4.2.2 Procedimientos de diseño de Red

Se tiene puntos claves para poder realizar un diseño de red desde cero. Asimismo, se necesita tener toda la información previa para presentar un proyecto y pueda tener una implementación garantizada Se toma los siguientes criterios:

- Estudio demográfico.
- Estudio de campo.
- Modelo de propagación de un diseño de red.
- Simulación en software.
- Planificación y presupuesto del enlace.

4.2.2.1 Estudio Demográfico

Este proceso inicial comprende en la recolección de datos reales en campo donde se tendrá consideración datos como, por ejemplo:

- Cantidad de personas: se debe saber la cantidad de personas para poder calcular el ancho de banda que se pueda utilizar en un pueblo y así saber cuál es la potencia adecuada para su mejor funcionamiento
- Área geográfica: es importante saber el área geográfica y donde está ubicado, si en este caso está cerca al mar litoral puede haber fenómenos como la reflexión, si hay desiertos pisos llanos las alturas de las torres deben ser altas ya que por la forma de la tierra que es redonda a mayor distancia se va perdiendo la línea de vista, si es área de árboles (parte selva). Se debería realizar desbroces en la zona. Se verifica también si el área pertenece a alguna organización o reserva natural o arqueológica, ya que en esos campos sería casi imposible realizar una implementación de red.
- Coordinación Legal: se debe tener en consideración los locales o terrenos donde se van a poner las estaciones o torres ya que pueden ser privados o públicos o también puede

pertenecer a una comunidad campesina. Para el arriendo o compra de terreno se necesita una verificación previa mediante trámites legales que complementan su adquisición garantizada y evitar inconvenientes adicionales a futuro.

- Planeamiento de red: el personal de la empresa encargada en el área de microondas tiene la función de brindar polígonos de búsqueda para que se pueda hacer una exhaustiva labor en encontrar los candidatos para los terrenos.

4.2.2.2 Estudio de Campo

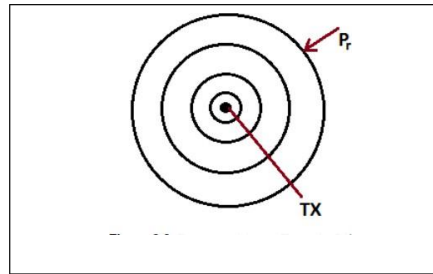
Esta parte del procedimiento se basa en la recolección de datos reales en campo, se necesita la visita a los terrenos y realizar el estudio de línea de vista (LOS) que incluye los siguientes criterios:

- Obtener coordenadas de los terrenos e instituciones beneficiarias.
- Obtener los niveles de terreno.
- Obtener información de instituciones beneficiarias, altura del local, espacio para colocación de antena y equipos, colocación de pozo a tierra si es que lo requiera.
- Tomar fotos y videos con el drone, a varias alturas desde 1 metro hasta los 200 metros, metro a metro para un mejor análisis, desde el terreno hasta las instituciones y viceversa, y hacia las torres punto a punto.
- Determinar si hay obstáculos y si los hay tomar cotas y tomar fotos con el drone.
- Establecer puntos medios si en caso la distancia es demasiada larga se debe tener puntos de referencia como un acercamiento y facilitar la línea de vista.

4.2.2.3 Modelo de propagación para un diseño de red

Se toma como referencia el modelo de propagación de Longle-Rice, es un modelo de propagación que toma en cuenta el terreno, la curvatura y el clima para predecir la cobertura de radio [Ghasemi et al., 2012].

Figura 32. Propagación de espacio Libre.



Fuente: [Ghasemi et al., 2012].

El modelo en sí mismo es muy complejo, pero afortunadamente muchas herramientas de software que ejecutan estos cálculos. Radio Mobile es uno de estos softwares. [Coudé, 2010].

4.2.2.4 Software y aplicativos de uso

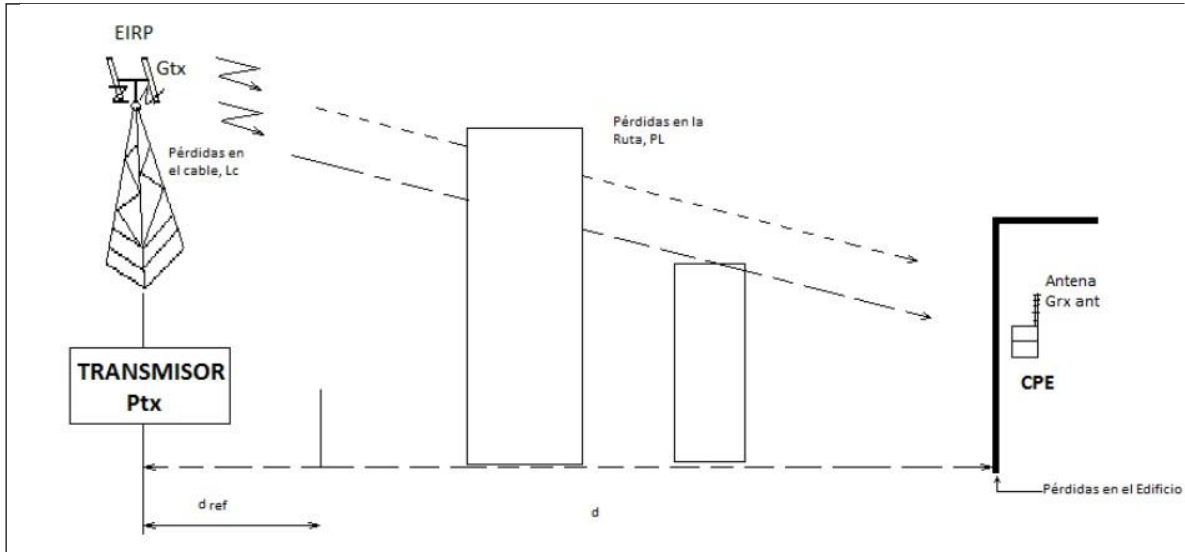
La información recopilada en campo tiene mucha importancia ya que los datos sobre la ubicación del terreno donde se implementará la torre se procesará mediante varios aplicativos el software Path Los y Google Earth. Con estos últimos se ubicarán también en el mapa la posición del nodo que distribuirá la señal hacia las viviendas e instituciones del distrito, además de puntos adicionales de instituciones que recibirán el servicio de datos.

Utilizaremos el Microsoft Excel (cuadros y gráficos estadísticos) como hoja de cálculo que permitan el dimensionamiento y operacional de los diversos elementos del enlace óptico como empalmes y ferretería requeridos.

4.2.2.5 Planificación y presupuesto de enlace.

En esta parte del procedimiento se verifica la propuesta final para la instalación de la torre, según la ubicación y la altura del terreno se brinda los detalles de la altura final de la torre, estas torres pueden llegar a medir de 12 hasta 60 metros según lo amerite el caso.

Figura 33. Presupuesto del enlace.



Fuente: transmisores.com

4.2.3 Herramientas para el estudio de campo

Se utiliza una serie de herramientas tanto como para el estudio de campo y la simulación en las que se encuentran las siguientes:

- GPS
- DRONE
- RADIO WALKI TALKIE
- LINK PLANNER
- PATH LOS 5
- GOOGLE EARTH.

4.2.3.1 Link Planner: software

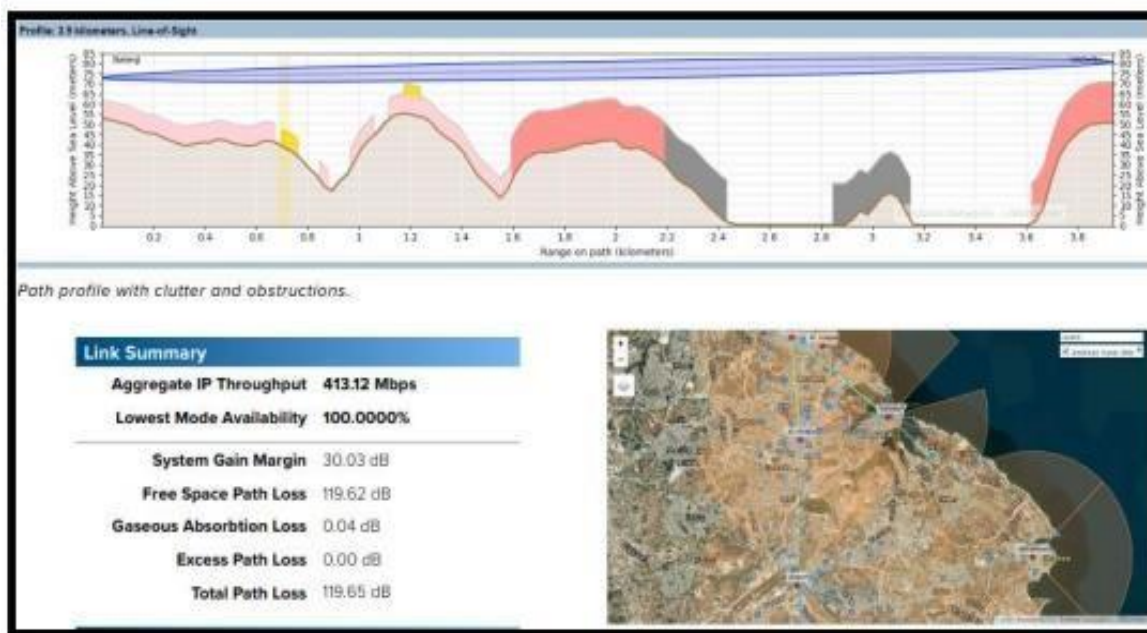
En la figura 34 podemos ver una imagen en relación al programa Link Planner, una herramienta preferencial para el diseño y configuración de enlaces punto a punto, permite realizar simulaciones basadas en la geografía, altura de la antena, distancias, la potencia de transmisión y otros factores, para optimizar el rendimiento del sistema.

Link Planner trabaja vía Internet a través de Google Maps y Google Earth.

Características del software son:

- a. Siempre trabaja con datos de internet.
- b. Realiza el funcionamiento en paralelo con google earth.
- c. Realiza cálculos de enlaces punto a punto y enlaces multipunto
- d. Tiene base de datos actualizado con los mapas geográficos.

Figura. Software Link Planner.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2 Path Loss 5 software

En este programa nos sirve para realizar simulación de enlace punto a multipunto: estudios locales La opción de diseño punto a multipunto agrega estaciones base multisectorial a la visualización de la red. Estos se utilizan para las características de diseño automático del enlace punto multipunto. Además, se pueden realizar estudios de cobertura local desde una estación base utilizando la intensidad de la señal, el margen de desvanecimiento o la

visibilidad como criterios de visualización. Además de los algoritmos de difracción determinista de Pathloss, se pueden realizar estudios locales utilizando las curvas F (50,50), F (50,90), F (50,10), algoritmos empíricos de Okimura (Hata) y Cost (Hata) Características del software son:

- Enlace automático punto a punto: genere todos los enlaces posibles entre dos grupos de sitios y determine la configuración final en función de la longitud de la ruta, las alturas de la antena, la pérdida por difracción o el margen de desvanecimiento.
- Enlace automático de punto a multipunto: genere enlaces desde una estación base a un grupo de sitios o todos los sitios dentro de un radio específico y determine la configuración final en función de la longitud de la ruta, las alturas de la antena, la pérdida por difracción o el margen de desvanecimiento. Los sitios remotos están vinculados al mejor sector en la estación base.

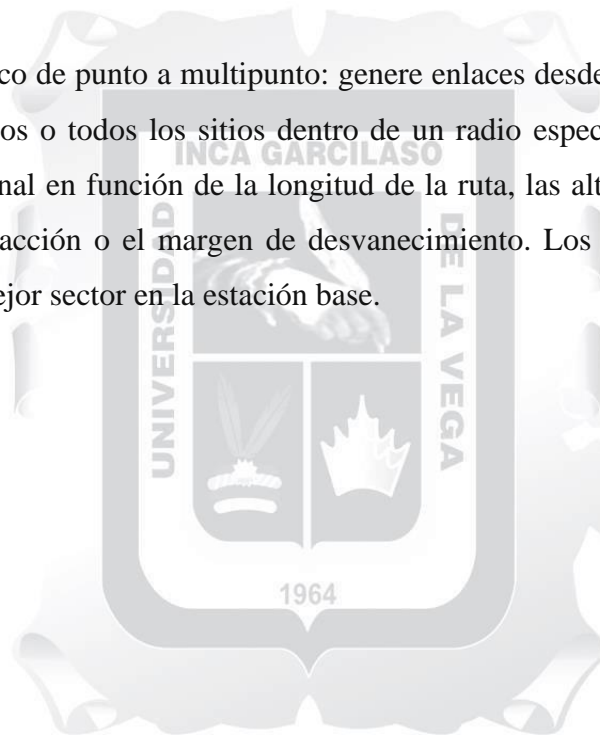
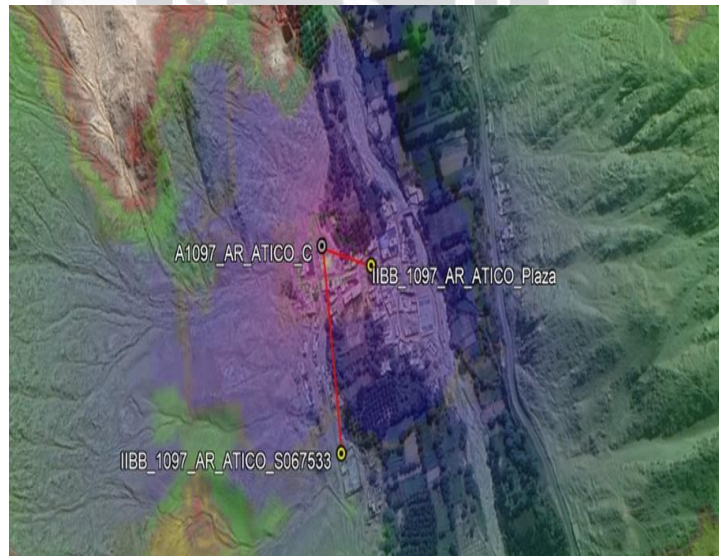
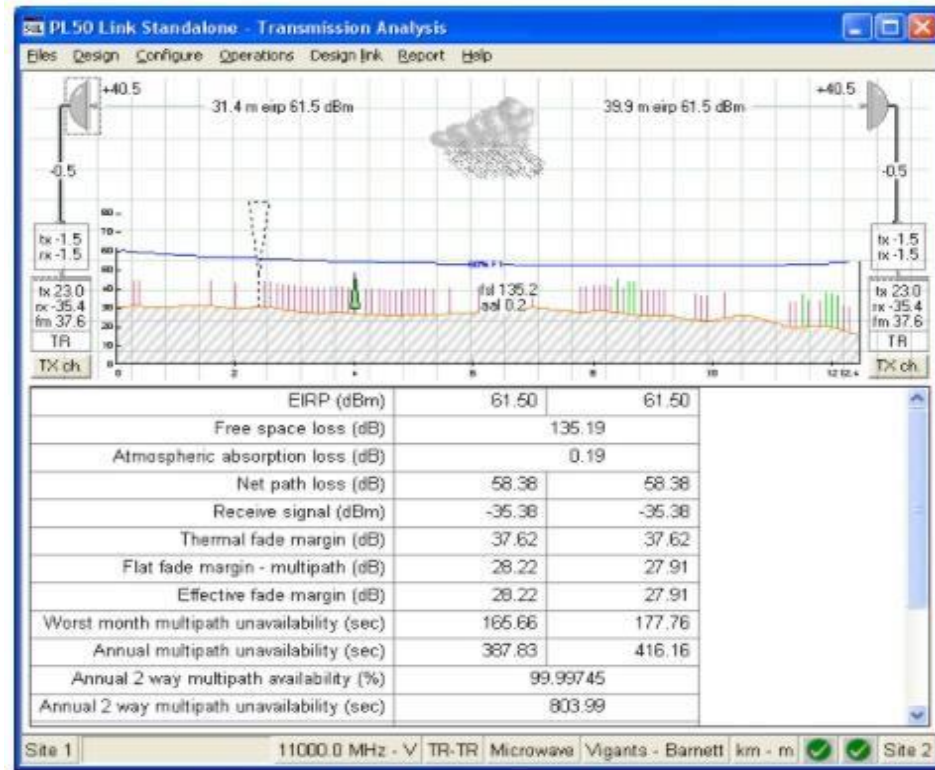


Figura 34. Vista de Path Loss 5



Fuente: **Elaboración Propia.**

- Asignaciones de polarización y frecuencia de canal punto a punto.
- Análisis de rendimiento de la red.
- Diseño de repetidor pasivo.
- Estudios locales y de área.
- Generación de informes para un grupo de enlaces. Se puede imprimir cualquier combinación de opciones de informe para el grupo seleccionado.



5.1 Aplicación de la propuesta de solución

5.1.1 Simulaciones de Enlaces punto a punto para los anexos de Rio Grande

En este punto vamos a tratar las simulaciones de cada enlace, primero con un perfil matemático para tener una referencia de tener una perspectiva teórica con la finalidad de demostrar o comparar los resultados reales en campo. Todos estos equipos trabajaran con la frecuencia de 5,8 GHz y se asignaran un ancho de banda de 40 MHz.

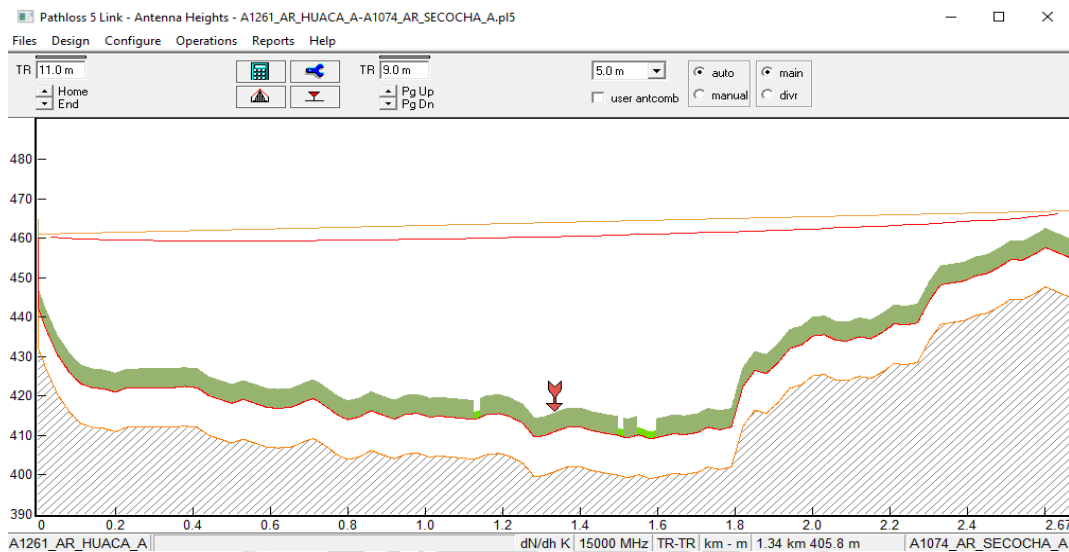
5.1.1.1 Conexión Secocha hacia Huaca

La estación intermedia de Secocha se conectará con la estación Huaca en el cual está a una distancia de 2.64 km, se ingresa los datos al path loss:

- Coordenadas del nodo Secocha 1964
- Coordenadas del nodo Huaca
- Se fija un rango de error de diez metros

Se visualiza lo siguiente en el path Loss 5:

Figura 35. Enlace de Secocha hacia Huaca vista de Path Loss 5.



Fuente: **Elaboración Propia**

Se puede apreciar en la figura 36 está libre de obstáculos, el área verde es área de vegetación y así mismo en la parte de abajo es el margen de error de 10 metros. Hay gran cantidad de árboles, pero no obstaculizan la señal. Lo más probable es que sea vegetación baja, arboles de mediana altura que no superan los 5 metros.

Se debe prever la zona de catastro, verificar que no pertenezca alguna zona de riesgo ya que en el valle está cerca de un rio que frecuentemente está seco.

Figura 36. Enlace de Secocha Hacia Huaca vista de Google Earth.



Fuente: **Elaboración Propia**

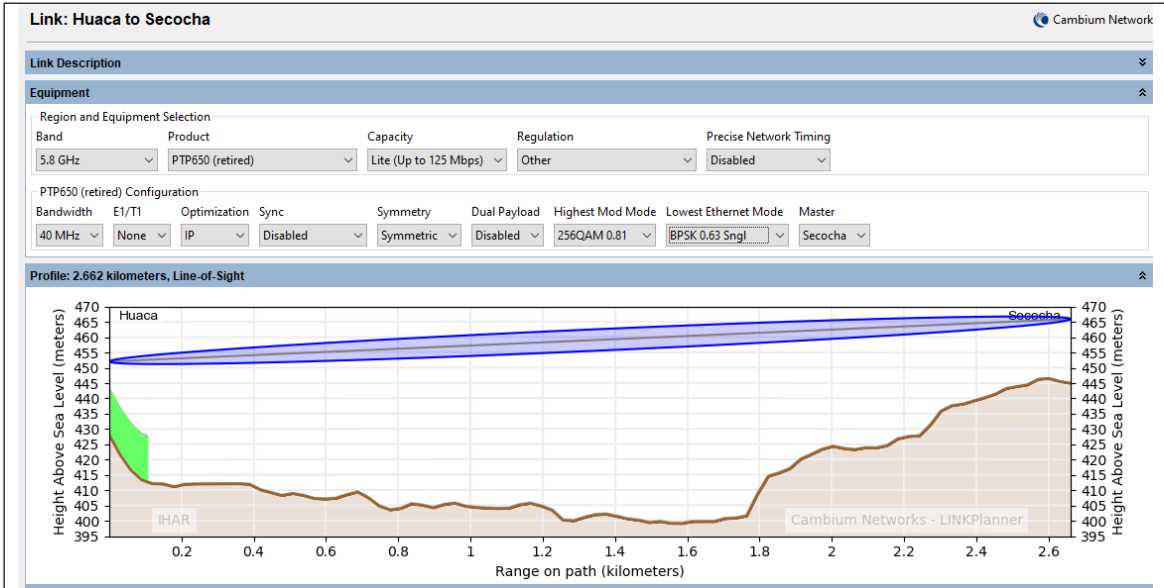
En la figura 37 la vista en el programa Google Earth como en la figura 40 se puede apreciar si hay obstáculos de otra perspectiva como casas o arboles.

Esta conexión se hace referencia para el nodo Secocha una torre con altura de 11 metros, pero se usará una torre de 24 metros donde la antena será colocada a los 21 metros de altura. Enlazada con el nodo de Huaca con una altura de antena de 9 metros, pero en este caso se utilizará una torre de 18 metros y se coloque la antena a 15 de altura.

Este equipamiento trabajara a una potencia de transmisión de 24dbm, Ganancia de antenas de 23dbi en la frecuencia de operación de 5,8Ghz.

Tenemos una vista en el link planner:

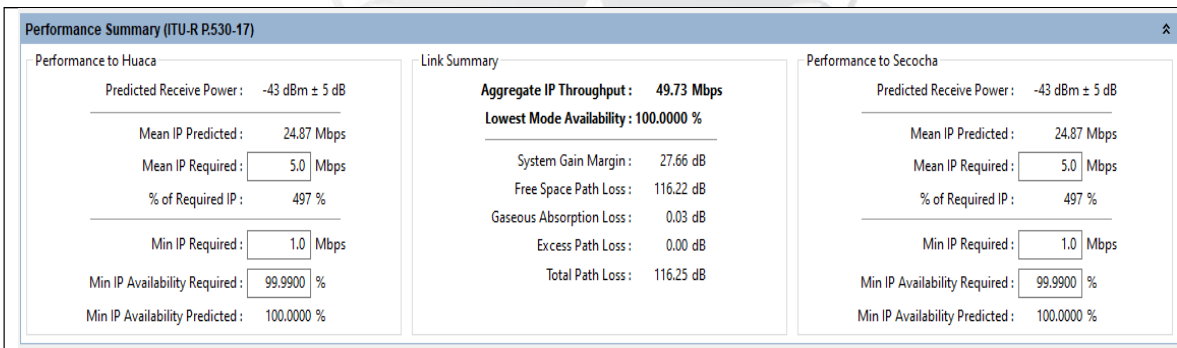
Figura 37. Enlace de Secocha hacia Huaca vista de en Link Planner.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 38 podemos visualizar la conexión de Huaca hacia Secocha , en la cual hay una distancia de 2.6 km, presenta relieve de vegetacion al principio pero desaparece a los primeros 10 metros de distancia desde Huaca. Podemos visualizar que hay en un valle de medio por lo cual no hay obstaculos en su trayectoria.

Figura 38. Enlace de Secocha hacia Huaca vista de parámetros en Link Planner.



Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2 Conexión Urasqui hacia Secocha

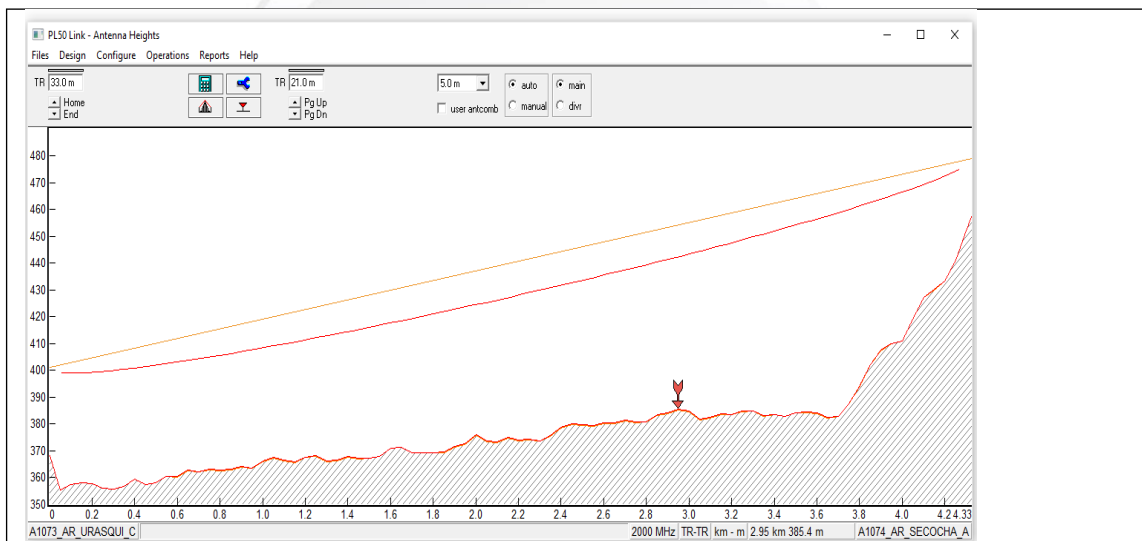
Entre el nodo de Urasqui y el nodo de Secocha hay una distancia de 4.56 Km.

Se verifica que el nodo de Urasqui para que tenga una mejor línea de vista debe contar torre de 36 metros donde la antena se instalará a los 33 metros de altura. Enlazada con el nodo de Secocha con una torre de altura de 24 metros y donde la antena se instalará a 21 metros.

El equipamiento funcionara con una potencia transmisión de 24 dbm, Ganancia de antenas de 23 dBi en la frecuencia de operación de 5,8Ghz.

Vista del programa de Path loss 5:

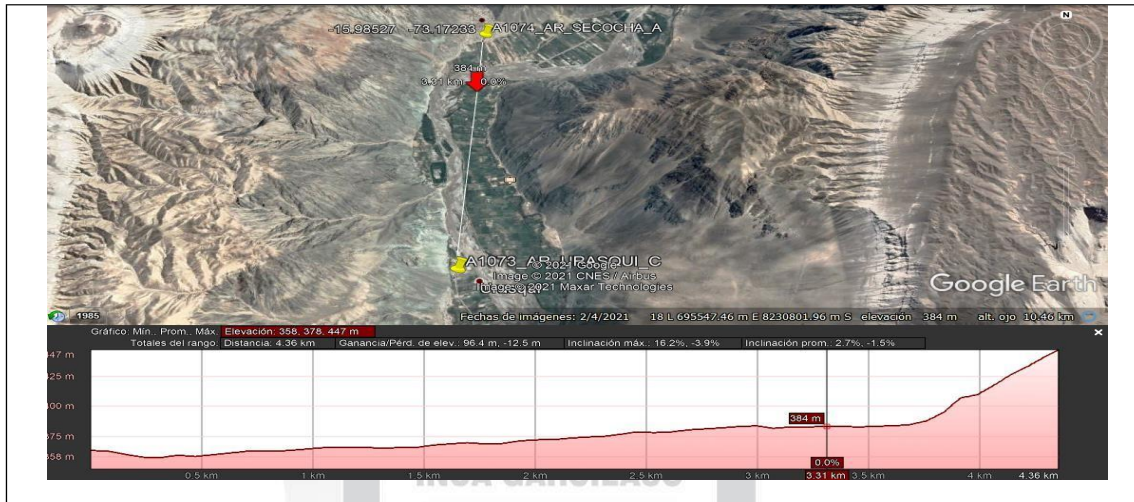
Figura 39. Enlace de Urasqui hacia Secocha Vista de Path Loss 5.



Fuente: **Elaboración propia**

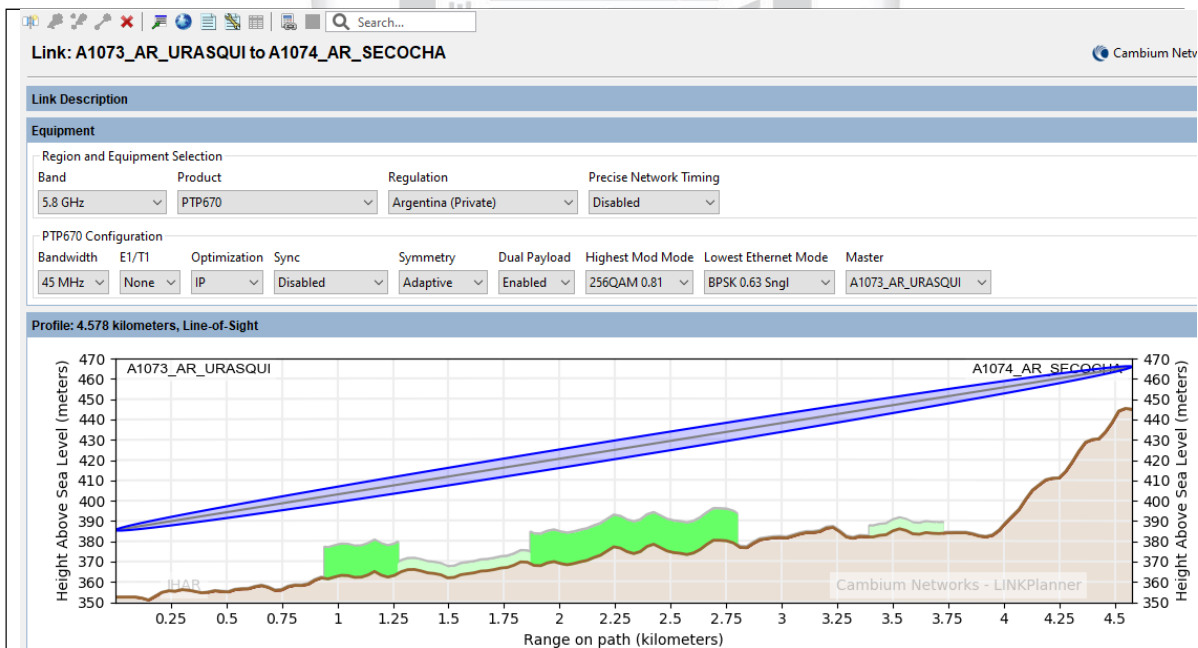
Se puede apreciar en la figura 40 que está libre de obstáculos, vemos un relieve accidentado producto del valle, sin embargo, se puede visualizar que la torre de Secocha se encuentra más alto esto quiere decir que la torre de Secocha tendrá una altura menor ya que no cuenta con inconvenientes para brindar señal a cierta altura.

Figura 40. Enlace de Urasqui hacia Secocha Vista de Google Earth.



Fuente: Elaboración propia

Figura 41. Enlace de Urasqui hacia Secocha vista de Línea de vista en Link Planner.



Fuente: Elaboración propia

Figura 42. Enlace de Urasqui hacia Secocha vista de parámetros en Link Planner.

Performance Summary (ITU-R P.530-17)		
Performance to A1073_AR_URASQUI Predicted Receive Power : -48 dBm ± 5 dB <hr/> Mean IP Predicted : 225.09 Mbps Mean IP Required : 5.0 Mbps % of Required IP : 4502 % <hr/> Min IP Required : 1.0 Mbps Min IP Availability Required : 99.9900 % Min IP Availability Predicted : 100.0000 %	Link Summary Aggregate IP Throughput : 450.17 Mbps Lowest Mode Availability : 100.0000 % <hr/> System Gain Margin : 40.32 dB Free Space Path Loss : 120.91 dB Gaseous Absorption Loss : 0.05 dB Excess Path Loss : 0.00 dB Total Path Loss : 120.96 dB	Performance to A1074_AR_SECOCHA Predicted Receive Power : -48 dBm ± 5 dB <hr/> Mean IP Predicted : 225.09 Mbps Mean IP Required : 5.0 Mbps % of Required IP : 4502 % <hr/> Min IP Required : 1.0 Mbps Min IP Availability Required : 99.9900 % Min IP Availability Predicted : 100.0000 %

Fuente: **Elaboración propia**

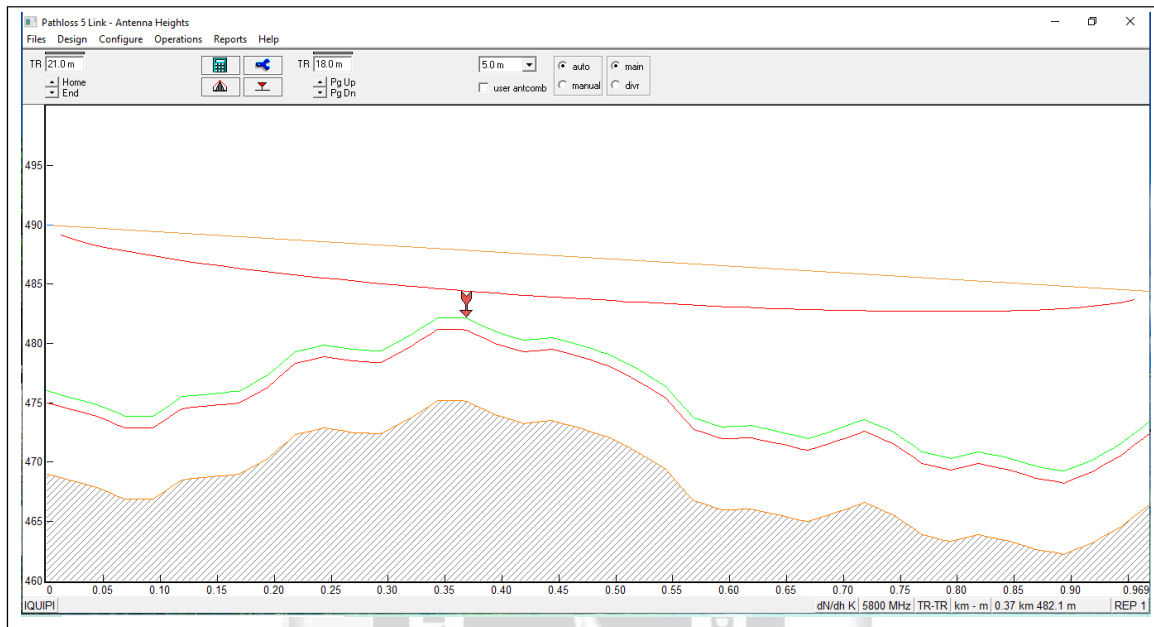
5.1.1.3 Conexión Iquipi hacia REP 1

Entre el nodo de Iquipi y el nodo REP 1 se tiene una distancia de 1.05 Km, es una distancia considerable y menor a las anteriores que veremos en esta investigación.

El nodo de Iquipi debe tener una torre de altura de 24 metros desde el suelo donde la antena se instalará a los 21 metros de altura considerando el margen de separación. Enlazada con REP 1 con una altura de torre de 21 metros y donde la antena se instalará a 18 metros de altura. Siempre tener en cuenta el margen de separación desde el término de la torre a la ubicación de antena debe de ser de 3 metros, ya que la antena no se puede colocar al extremo de la torre por seguridad.

Estos equipos se encuentran operando con una potencia de Transmisión de 24 dbm, Ganancia de antenas de 23dBi en la frecuencia de operación de 5,8Ghz.

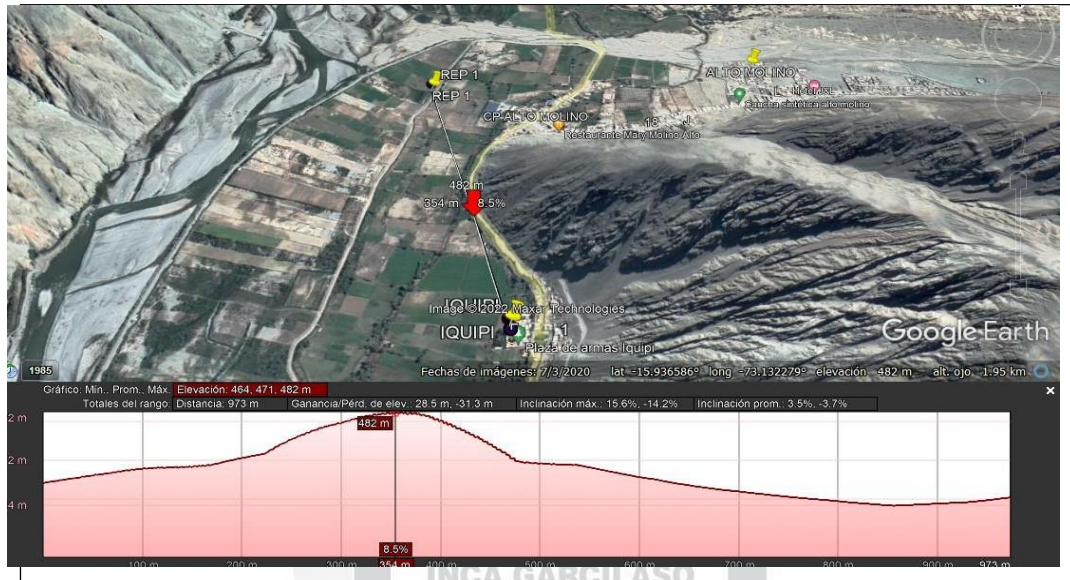
Figura 43. Enlace de Iquipi hacia REP 1 Vista de Path Loss 5.



Fuente: **Elaboración propia**

Se puede visualizar en la figura 44 que no cuenta con obstáculo, pero hay que considerar el punto de la flechita de color rojo ya que puede ser posible punto crítico ya que si hay un árbol este puede poner en riesgo la línea de vista. En estos casos son ideales para requerir una segunda visita y hacer un estudio más minucioso ya que si es un árbol tiende a crecer en unos 10 años, si es una casa posiblemente crezca el número de pisos, lo propicio sería tomar fotos con el drone en el mismo punto crítico para tener una mejor visualización de la línea de vista.

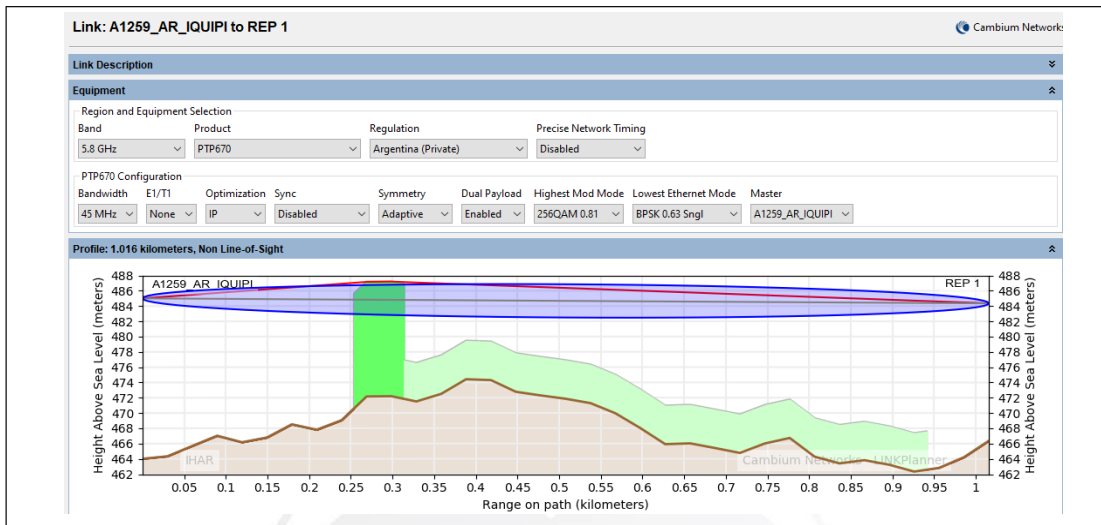
Figura 44. Enlace de Iquipi hacia REP 1 Vista de Google Earth.



Fuente: Elaboración propia

Podemos visualizar en la figura 45 que hay parcelas en medio del camino y hay una elevacion de terreno lo cual puede ser posible obstaculo , para garantizar la cobertura se tendria que tomar fotos con el drone en ese punto para asi confirmar que no haya interrupcion en la linea de vista.

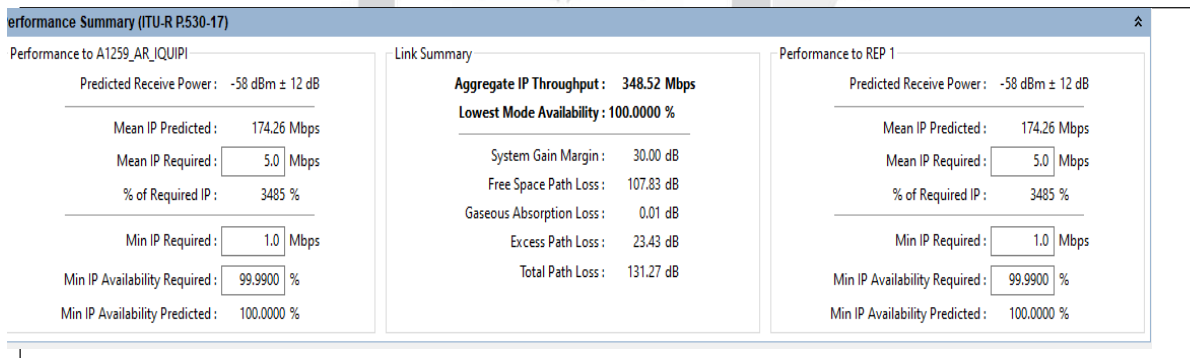
Figura 45. Enlace de Iquipi hacia REP 1 vista de Link Planner.



Fuente: **Elaboración propia**

Se visualiza en link planner en la figura 46 una posible interrupción en la zona de fresnal aun así se debe garantizar la buena señal con la información recolectada en campo. La mancha de color verde es un árbol que posiblemente obstaculice en medio de la trayectoria de la señal.

Figura 46. Enlace de Iquipi hacia REP 1 vista de parámetros en Link Planner.



Fuente: **Elaboración propia**

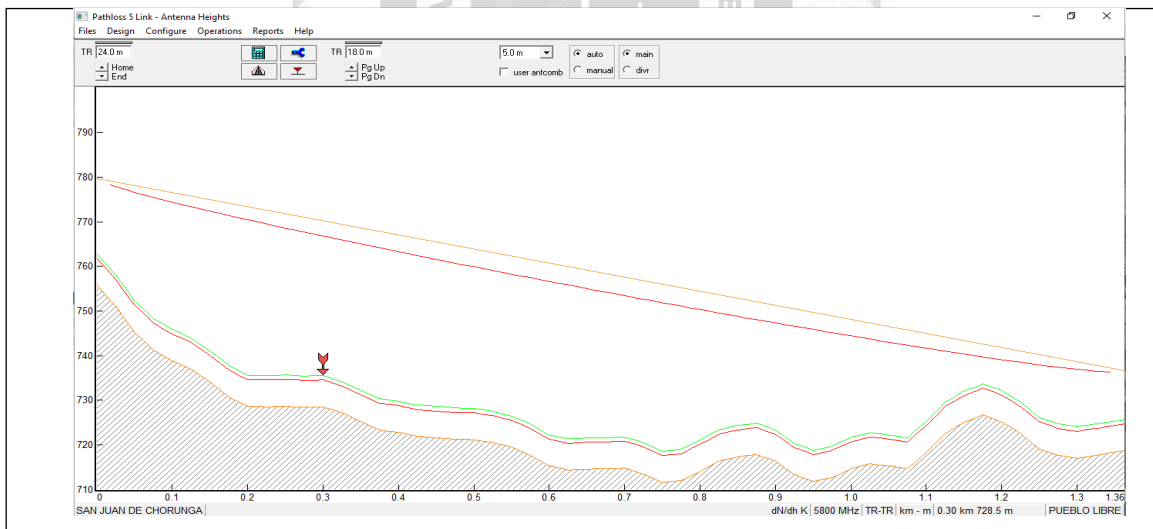
En la figura 47 podemos ver los buenos niveles de potencia de la señal esta dentro de los 56 dBm.

5.1.1.4 Conexión de San Juan de Chorunga hacia Pueblo Libre

Entre el nodo de San Juan de Chorunga y el nodo de Pueblo Libre se tiene una distancia de 1.37 Km. No se verifica obstáculos. La torre en San Juan de Chorunga tendrá una altura de 24 metros donde la antena se instalará a 21 metros de altura. San Juan de Chorunga es la mayor parte una mina, en la cual todo el pueblo se beneficia en recursos que brinda la mina. San Juan de Chorunga está ubicado en la parte alta de un cerro lo cual esto será aprovechado para no implementar una torre muy alta. Conectará con Pueblo Libre con una altura de torre de 18 metros y donde la antena será ubicada a 15 metros de altura. Estos equipos se encuentran operando con una potencia de Transmisión 24 dbm, Ganancia de antenas de 23dBi en la frecuencia de operación de 5,8Ghz.

Vista en Path Loss 5:

Figura 47. Enlace de San Juan de Chorunga hacia Pueblo Libre Vista de Path Loss 5



Fuente: **Elaboración propia**

Se puede visualizar que no hay obstáculos y en el nodo San Juan de Chorunga se encuentra elevado, eso quiere decir que no habría problema en la línea de vista.

Podemos ver que también está en medio el valle, a pesar que la geografía es accidentada no vemos la presencia de árboles en la zona.

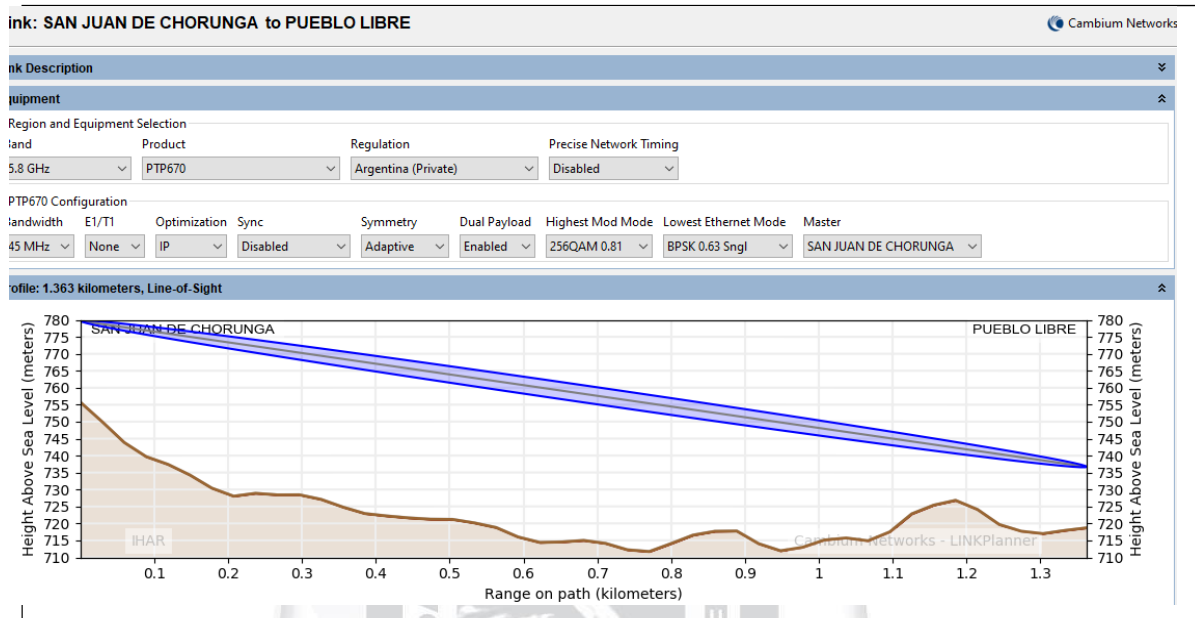
Figura 48. Enlace de San Juan de Chorunga hacia Pueblo Libre Vista de Google Earth.



Fuente: **Elaboración propia**

En la figura 49 podemos ver un diagrama captado por el programa de Google Earth en el cual apreciamos la distancia de ambos pueblos está a 1.38 kilómetros aproximadamente y cada uno se encuentra a extremos del valle, por el medio hay un río existente, pero está seco frecuentemente y pocas veces en época de verano aumenta su caudal, lo que hace factible su conexión y estabilidad de la señal.

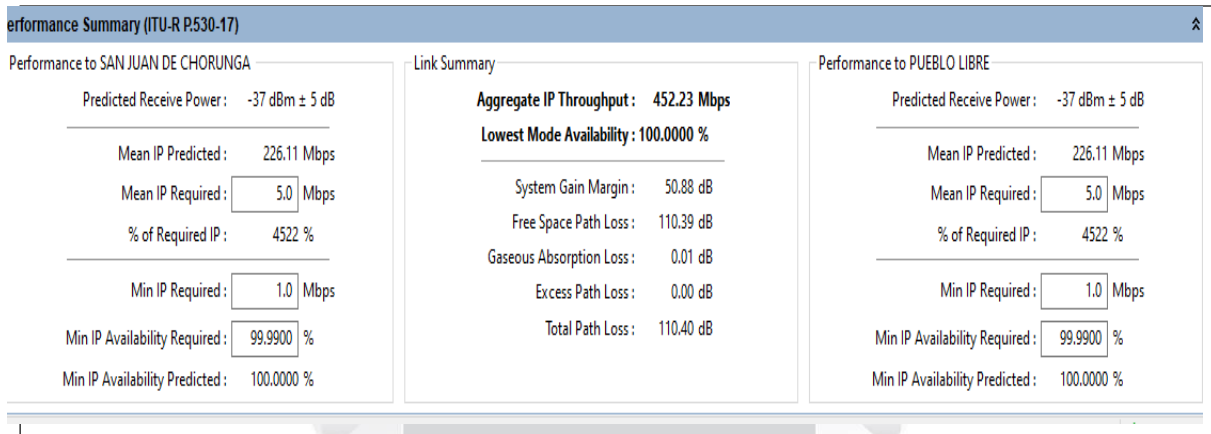
Figura 49. Enlace de San Juan de Chorunga hacia Pueblo Libre Vista de Link Planner.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 50 podemos ver el diagrama elaborado en el programa link planner, podemos ver la zona de fresnel sin problemas ni obstáculos, ya que se encuentra en medio el valle y la altura de San Juan de Chorunga garantiza una buena señal.

Figura 50. Enlace de San Juan de Chorunga hacia Pueblo Libre Vista de Link Planner.



Fuente: **Elaboración propia**

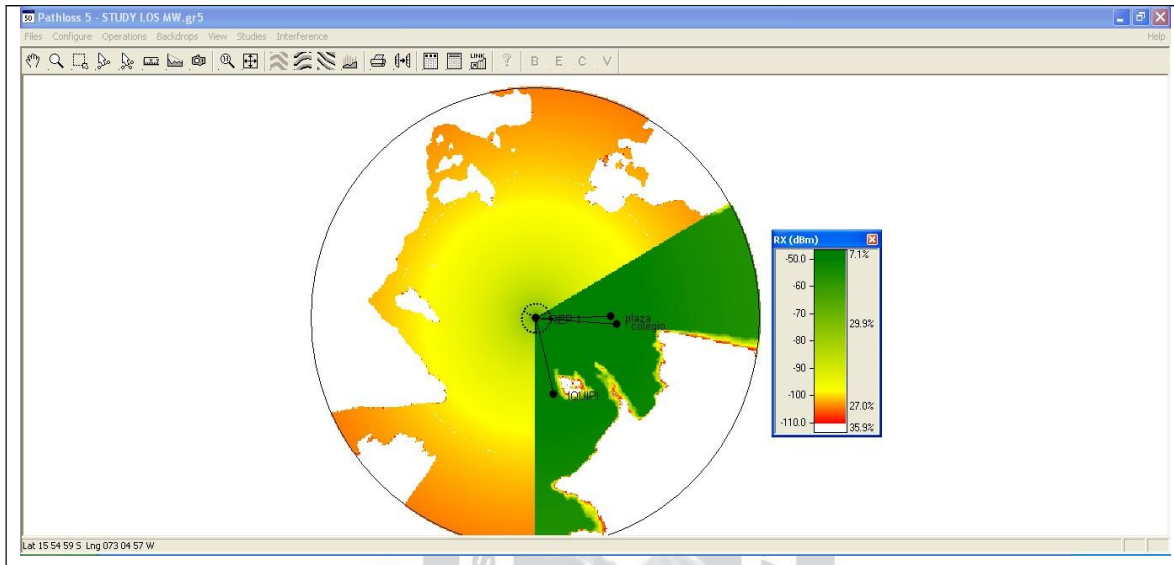
En la figura 51 podemos visualizar una demostración de la señal en el programa Link Planner esta dentro de los 37 dbm a 5 dbm de potencia de transmisión lo cual garantiza una buena señal.

5.1.2 Simulaciones de Radioenlaces Punto Multipunto para las instituciones beneficiarias de los anexos de Rio Grande

5.1.2.1 Conexión REP 1 hacia beneficiarios de ALTO MOLINO

Se verifica en la figura 59 que el Repetidor REP 1 brindará cobertura a las instituciones beneficiadas de ALTO MOLINO, en la cual se encuentra plaza y colegio.

Figura 51. Diagrama de potencia (dBm) en Path Loss 5.

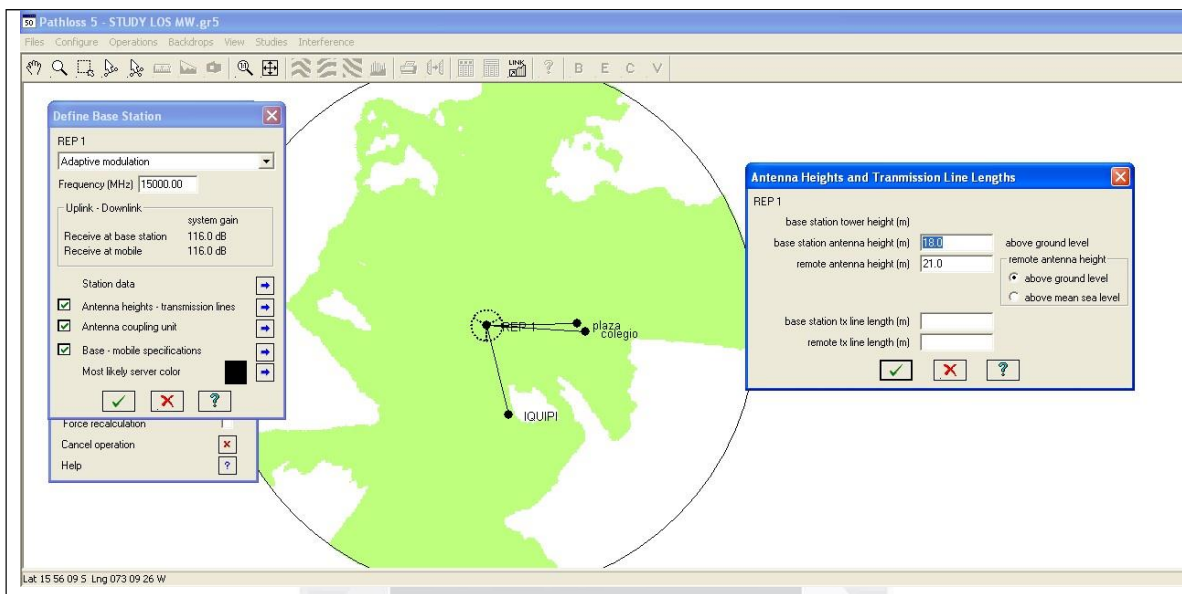


Fuente: **Elaboración propia**

Se puede visualizar en la figura 52 nos muestra la propagación de espacio libre, vemos que la mancha de color verde es una buena emisión de la señal por lo cual no se tendría problemas ni inconvenientes porque hacia ese lado se encuentra las instituciones beneficiarias.

La instalación de las antenas AP en las instituciones serán ubicadas mirando dentro del radio de cobertura con la misma potencia de señal. Sabemos bien que debe estar menos de los -40 dbm de potencia para una señal más óptima.

Figura 52. Mapa de cobertura LOS (Line of sight).



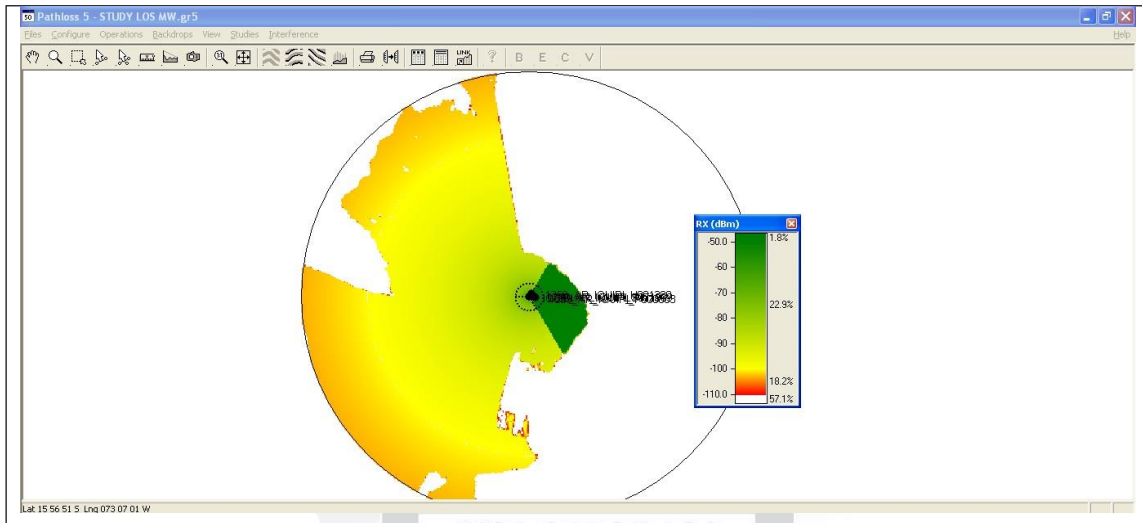
Fuente: **Elaboración propia**

En la figura 53 se muestra todo el radio de cobertura, en donde vemos que la instituciones están dentro de la mancha verde que representa la llegada de cobertura en la zona.

5.1.2.2 Conexión IQUIPI hacia los beneficiarios de IQUIPI

El nodo de IQUIPI será un nodo Distrital por la cual llega la fibra mediante un nodo tipo transporte y brindará cobertura a toda la localidad de IQUIPI mediante un nodo tipo Acceso a las instituciones beneficiarias que son colegio, posta, comisaria y plaza. Se demuestra en la figura 54 y 55.

Figura 53. Iquipi hacia sus beneficiarios Diagrama de potencia (dBm) en Path Loss.

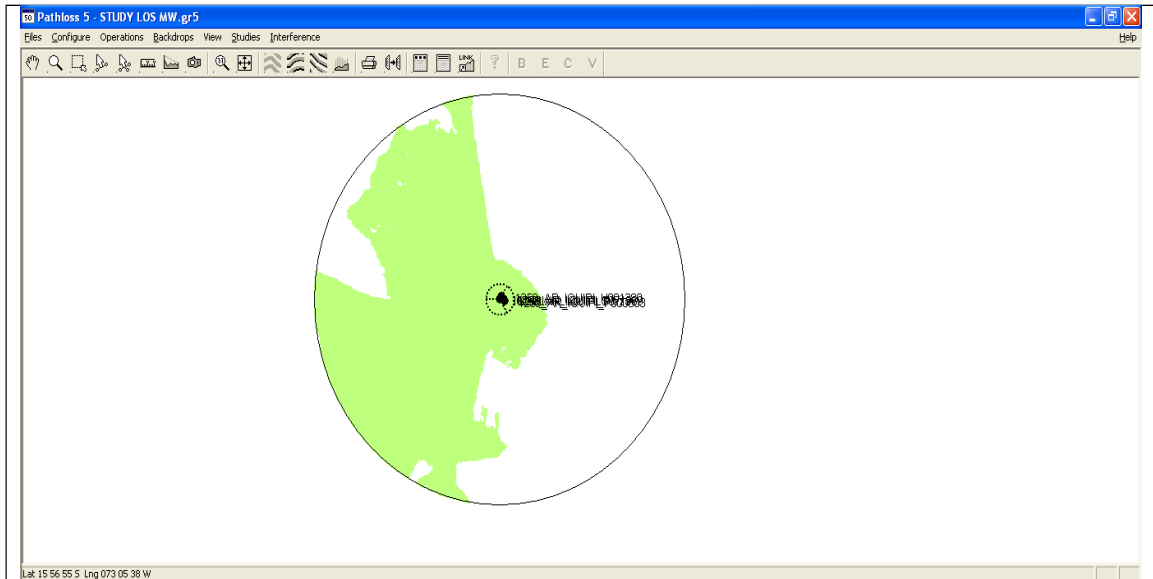


Fuente: **Elaboración propia**

Se puede visualizar en la figura 54 nos muestra la propagación de espacio libre, vemos que la mancha de color verde es una buena emisión de la señal ya que está dentro de los -40 dbm por lo cual no se tendría inconvenientes porque hacia ese lado se encuentra las instituciones beneficiarias.

La mancha de color amarillo está dando una cobertura, pero no tan ideal ya que está por encima de los -40 dbm.

Figura 54. Iquipi hacia sus beneficiarios Mapa de cobertura LOS (Line of sight).



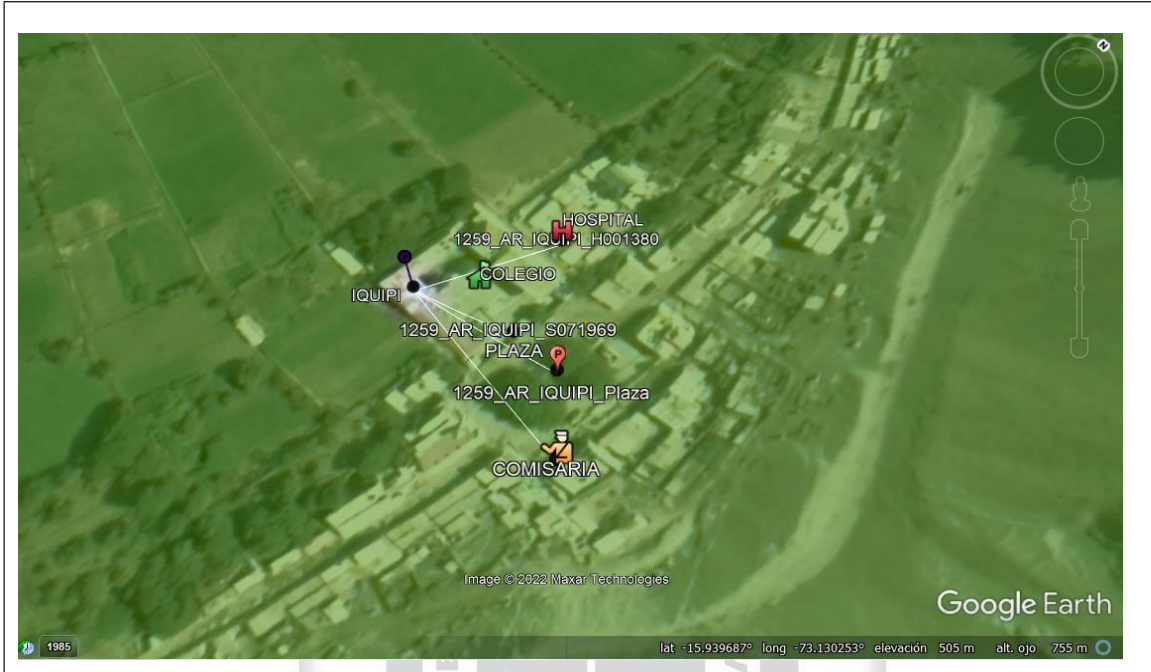
Fuente: **Elaboración propia**

En la figura 55 vemos el campo de cobertura que es representada por la mancha de color verde en la cual las instituciones se encuentran dentro de este rango.

Cabe resaltar que el distrito de IQUIPI cuenta con 3 instituciones que son colegio, posta y plaza.

Según el estudio de línea de vista el colegio se encuentra al costado de la posta médica. El colegio cuenta con 4 pisos lo cual obstaculiza la línea de vista hacia la posta. En ese caso usaremos una AP como repetidor en el colegio para que dé cobertura a la posta, esta es una solución que se usa paralelamente para tener buena llegada hacia otras instituciones.

Figura 55. Mapa de cobertura en Google Earth.



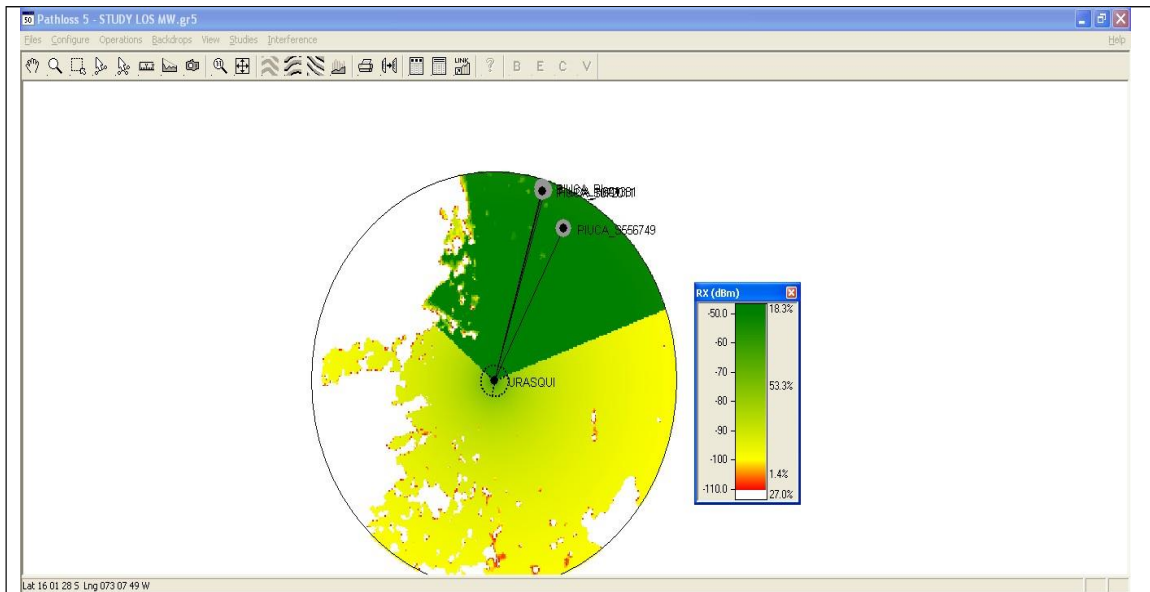
Fuente: Elaboración propia

En la figura 56 se verifica mediante Google Earth las ubicaciones de las instituciones, se puede demostrar su cercanía y no presenta obstáculos alrededor.

5.1.2.3 Conexión URASQUI hacia beneficiarios de PIUCA

El nodo de Urasqui es un nodo distrital que se encuentra en el distrito de Camaná límite con el distrito de Rio Grande, el cual dará cobertura vía microondas a las instituciones beneficiadas del anexo Piuca. El distrito de Piuca cuenta con un colegio y plaza. ya que se encuentra dentro del rango de 2 km. Se verifica en la figura 57 y 58.

Figura 56.Urasqui hacia Piuca Diagrama de potencia (dBm) en Path Loss.

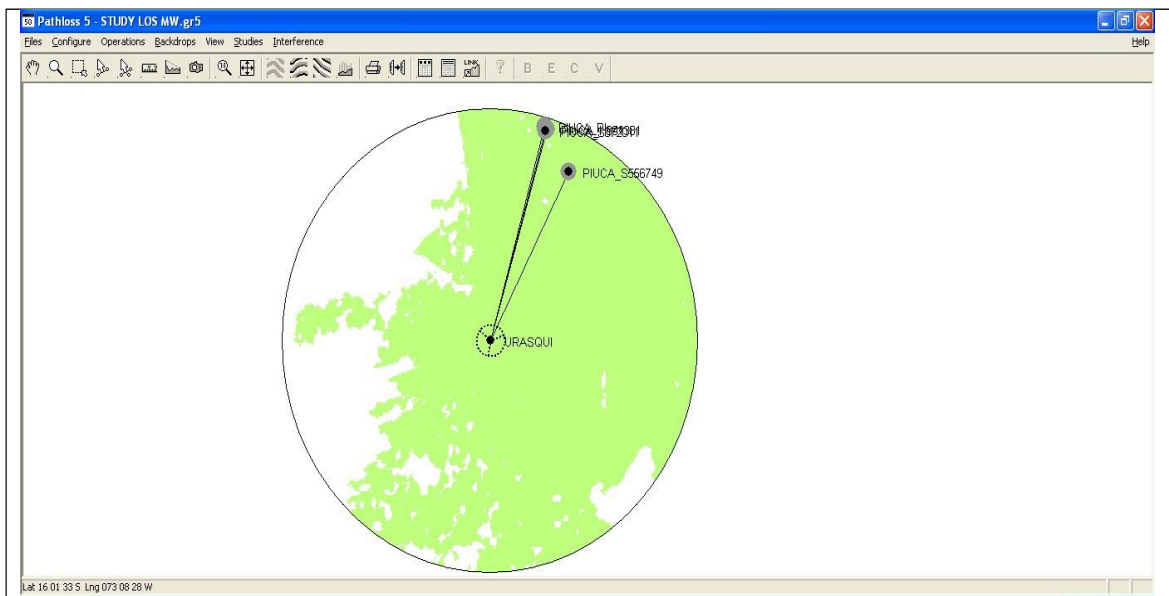


Fuente: **Elaboración propia**

Vemos en la figura 57 las dos instituciones que son colegio y plaza están dentro del radio de cobertura. El anexo de Piuca es un pequeño pueblo, paralelamente está en desarrollo con distrito de San Juan de Chorunga, cuenta con los servicios básicos de luz y agua mediante conexiones de manguera.

Asimismo, se puede verificar gracias al mapa de cobertura el alcance a estas instituciones lo cual garantiza una buena señal.

Figura 57. Urasqui hacia beneficiarios de Piuca Mapa de cobertura LOS (Line of sight).

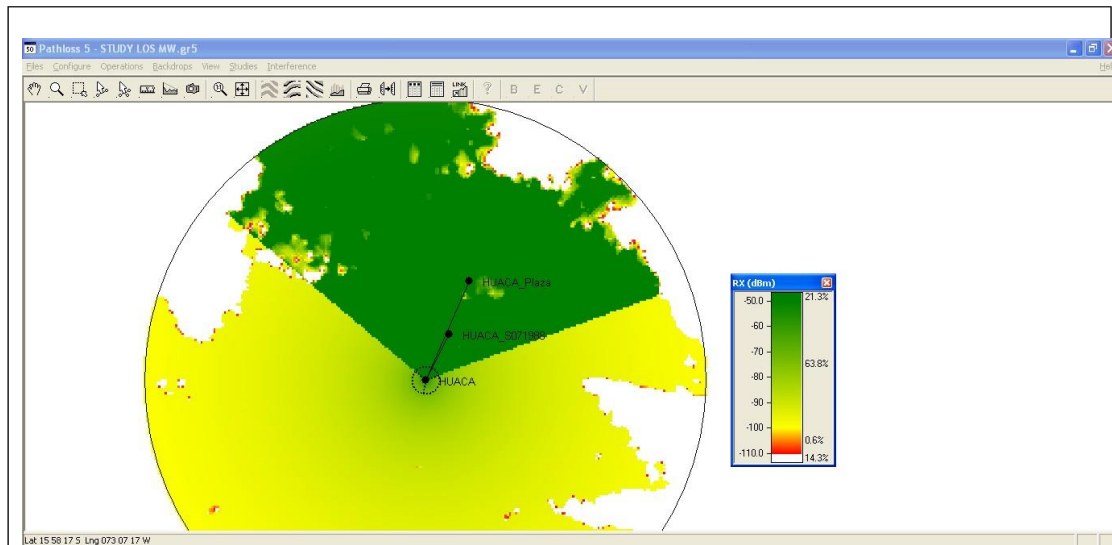


Fuente: **Elaboración propia**

5.1.2.4 Conexión HUACA hacia beneficiarios de HUACA

Huaca es un nodo que conectara vía microondas y brindara cobertura a sus propias instituciones que son colegio y plaza. Se verifica en la figura 59 el área de cobertura (color verde) se da en un sector de 120°, según el diagrama la potencia está señalada de color verde como buena recepción de señal.

Figura 58. Hacia los beneficiarios de Huaca diagrama de potencia (dBm) en Path Loss 5.

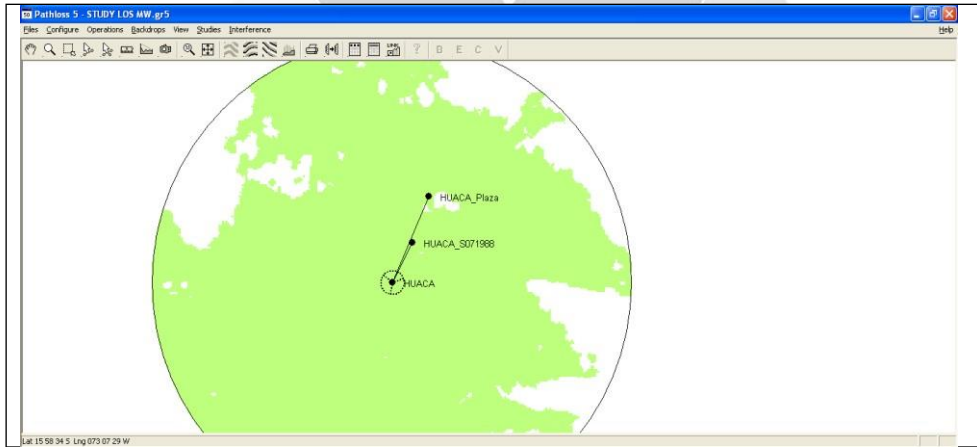


Fuente: **Elaboración propia**

En la figura 59 vemos que esta mancha de color verde es el radio de cobertura que tiene una dimensión de 120 grados brindando señal casi toda la zona.

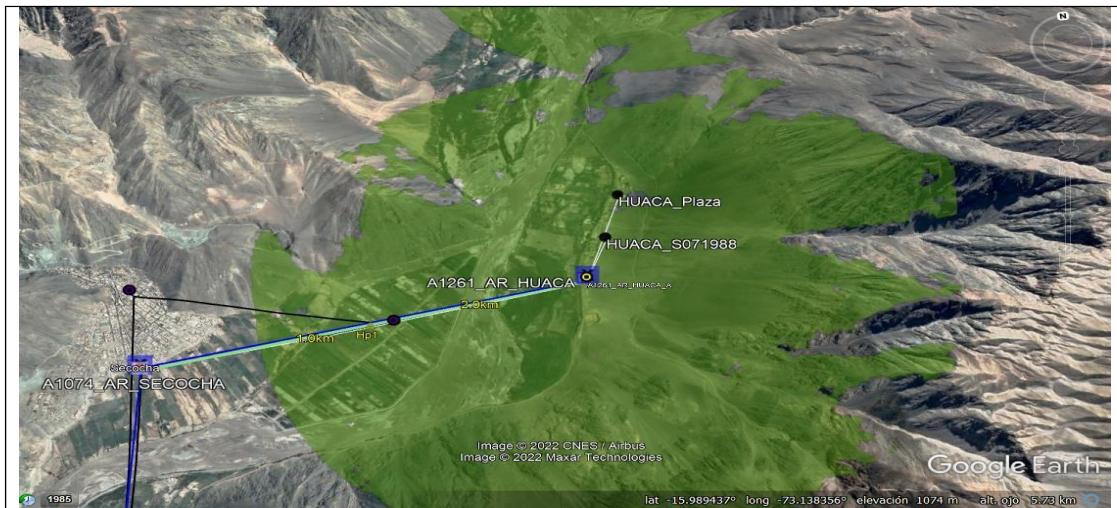
La buena señal se representa por la cantidad de nivel de potencia en este caso vemos que está dentro de los -40 dbm de potencia.

Figura 59. Hacia los beneficiarios de Huaca Mapa de cobertura LOS (Line of sight)



Fuente: Elaboración propia

Figura 60. Hacia los beneficiarios de Huaca Mapa de cobertura en Google Earth.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 61 se verifica en el Google Earth el mapa de cobertura que tiene alcance a toda la localidad, la mancha de color verde demuestra la captación de la señal.

Se ha realizado el diseño de una red de tecnología inalámbrica que abarca radioenlaces en del Distrito de Ocoña hacia los pueblos beneficiados del distrito de Rio Grande,

- Se logró analizar el diseño una red reubicando los nodos en puntos estratégicos donde se pueda aprovechar y garantizar una buena cobertura, determinando la altura correcta de las torres en los pueblos del distrito de Rio Grande, provincia de Condesuyos en el departamento de Arequipa.
- Se realizó la simulación del diseño de red en relacion a los datos recolectados en campo de centros poblados del distrito de Rio Grande, se ha podido determinar la demanda a futuro y a si realizar un cálculo de referencia para que se le brinde la potencia adecuada y se pueda brindar una buena velocidad considerando las instituciones beneficiarias como, por ejemplo, colegios, comisarias, postas y plazas.
- Se ha determinado el tendido de fibra como la más adecuada para la llegada a ciertos nodos del distrito ya que la ruta es casi muy complicada la llegada de la señal desde Ocoña, debido a las características de geografía accidentada de este distrito, aprovechando la red de fluido eléctrico de baja tensión que comunica a los nodos de transporte el acceso de la fibra óptica.
- Se logró colocar nodos Distritales, dos nodos intermedios y 3 nodos terminales, además de 2 anexos optimizados. El planteamiento cuenta con cuatro enlaces Punto a Punto y seis enlaces Punto Multipunto, como nodo principal tenemos a OCOÑA y con nodos de anexos a SECOCHA, URASQUI, SAN JUAN DE CHORUNGA, el cual nos abastece para mejorar la cobertura en la población del Distrito de Rio Grande.
- Se realizó este trabajo usando la frecuencia 5.8 GHz el cual nos brinda mejor velocidad de transmisión. A la par con el software de simulación Path Loss el cual ofrece una

simulación casi real ya que sus mapas se encuentran actualizados y se puede divisar mejor la línea de vista, se obtuvo torres con una altura máxima de 33 metros y mínimos de 18 metros.

7

RECOMENDACIONES

- Se recomienda revisar minuciosamente los obstáculos, como por ejemplos arboles de eucalipto, estos pueden medir inicialmente unos 5 metros y a futuro pueden crecer hasta 40 metros en unos 10 años aproximadamente, y este a su vez pueda ocasionar un declive en la señal.
- Se recomienda usar antenas multipunto en un radio no mayor a 2 km ya que en ese rango se aprovecha mayor potencia de la señal según los protocolos de PRONATEL.
- Se recomienda tomar los niveles de terreno con herramientas de topografía de sugerencia, ya que es necesario tener un terreno plano y no tenga variaciones superiores a los 5 o 6 metros de desnivel esto perjudicaría la línea de vista.
- Si se encuentra obstáculos en la zona de cobertura se recomienda subir la altura de torre o modificar su ubicación, así como también si se encuentra árboles se sugiere el desbroce del mismo.
- Para un mejor estudio de la línea de vista se recomienda hacer un analisis de los puntos críticos, es decir tener la mayor información posible en relacion a las cotas (altura sobre el nivel del mar) para tener una mayor precisión al realizar la simulación.

1. **(Fabián Escobar Sánchez, 2012). Redes de radioenlace de microondas.** Obtenido de: <http://comunicacionmicroondas.blogspot.com/2012/05/redes-deradio-enlace-de-microondas.html>
2. **Luz Ramírez Ramón (2015) Sistemas de comunicaciones.** Obtenido de: <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497324489/sistemas-deradiocomunicaciones->
3. **Huidobro, J. M. y Ordóñez, J. L. (2014). Comunicaciones por radio: tecnologías, redes y servicios de radiocomunicaciones: el espectro electromagnético. RA-MA Editorial.** Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/uladech/106431>
4. **Hernando, Riera y Mendo (2013). Transmisión por Radio** Obtenido de: https://books.google.com.pe/books?id=eHCnDAAAQBAJ&pg=PA41&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false
5. **Flickenger, Rob (2008). Redes inalámbricas en los países en desarrollo: una guía práctica para Planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo.** Obtenido de: <https://libros.metabiblioteca.org/handle/001/229>
6. **Población(2017)**
[https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_R%C3%ADo_Grande_\(Condesuyos\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_R%C3%ADo_Grande_(Condesuyos))
7. **Julio Cesar Monteza Salazar y José Baltazar Sandoval Ramírez (Perú, 2017) “Diseño e Red de Banda Ancha Inalámbrica para mostrar la mejora de la cobertura con calidad de servicio al acceso de las redes y servicios de telecomunicaciones en los centros poblados del Distrito de Chota Cajamarca”** Obtenido de: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/2442>

8. **Jorge Armando Olivares Quispe (Perú, 2018) “Diseño y análisis de una red de banda ancha para demostrar la mejora en el acceso a los servicios de telecomunicaciones en los centros poblados de la provincia de Huancabamba”.** Obtenido de:
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3034>
9. **Br. Joel Peña Minga (Perú, 2021) “Diseño de una red de banda ancha inalámbrica para los anexos del distrito de Puquina Departamento de Moquegua”.** Obtenido de:
<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2506>
10. **Manual Path Los 5 (2015).** Obtenido de: <https://vdocuments.mx/pathloss-5-563647ffd9ba6.html>
11. **INEI. (2017). Población de Condesuyos** <https://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>
12. **[Smith and Collins, 2013] Smith, C. and Collins, D. (2013). Wireless networks.**
McGrawHill Professional.
13. **Eveliux (2014) Fibra Óptica.** Obtenido de: <http://www.eveliux.com/mx/fibraoptica.html>
14. **Guimi (2009) Fibra Óptica.** Obtenido de:
https://guimi.net/monograficos/GCableado_estructurado/G-CENode6.html
15. **The Fiber Optic Association. J. (2014). Guide to Fiber Optics & Premises Cabling.**
Obtenido de: http://www.thefoa.org/ESP/Fibra_optica.htm
16. **MTC. (2010). PLAN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA BANDA ANCHA EN EL PERÚ.** Obtenido de https://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/index.html
17. **Ramírez Behaine. C. A. (2006). Modulación por multiportadoras tipo OFDM. las bases de la nueva generación de transmisión de información.** Obtenido de:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200007
18. **Herramientas WEB. (2014). Medios de transmisión.** Obtenido de
<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/Mtransm.html>

19. **[Rábanos et al., 2015] Rábanos, J. M. H., Tomás, L. M., and Salís, J. M. R. (2015). Comunicaciones móviles. Editorial Universitaria Ramón Areces.**

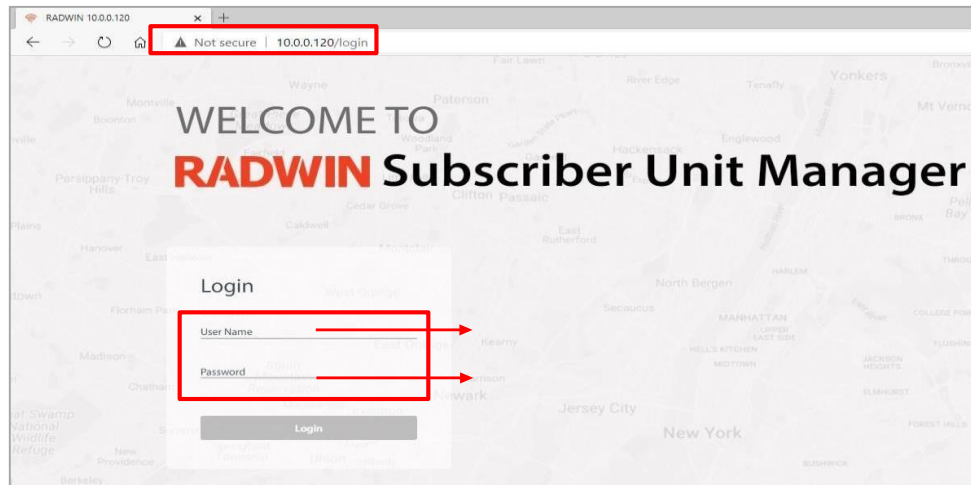
20. **[Holma and Toskala, 2007] Holma, H. and Toskala, A. (2007). HSDPA/HSUPA fUMTS: high speed radio access for mobile communications. John Wiley & Sons.**

21. **CEI. (2015). La transmisión de la luz a través de un medio transparente. Obtenido de: <https://www.lucescei.com/estudios-y-eficiencia/extractos-libro-blanco-de-iluminacion/latransmision-de-la-luz-a-traves-de-un-medio-transparente/>**



Procedimiento para la configuración del equipo RADWIN-5H00-9P54

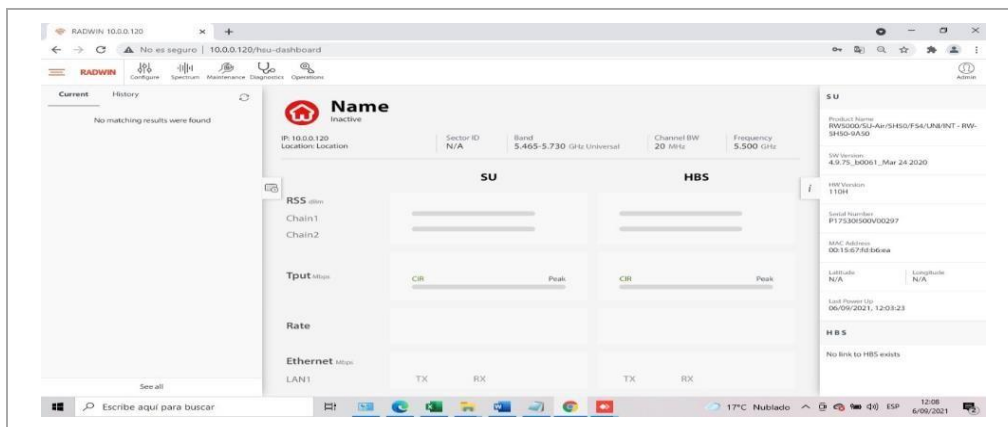
Figura 61. Interfaz de configuración Radwin:



Fuente: **Elaboración Propia**

- Como primer paso, se ingresa a la interfaz de la configuración colocando la ip de fábrica de preferencia en google Chrome.
- Se debe ingresar user y contraseña.

Figura 62. Interfaz de configuración Radwin

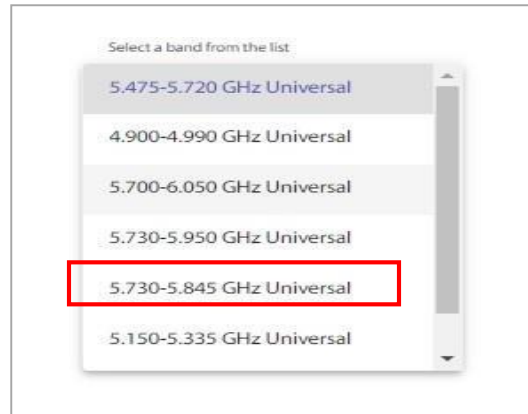


Fuente: **Elaboración Propia**

En la figura 63 se puede apreciar la interfaz de configuración.

- Seguidamente, colocaremos la frecuencia de 5.8 GHZ

Figura 63. Interfaz de configuración Radwin



Fuente: **Elaboración Propia**

- Posterior a ello, se realiza el análisis de espectro, luego de 10 min identifica el canal.

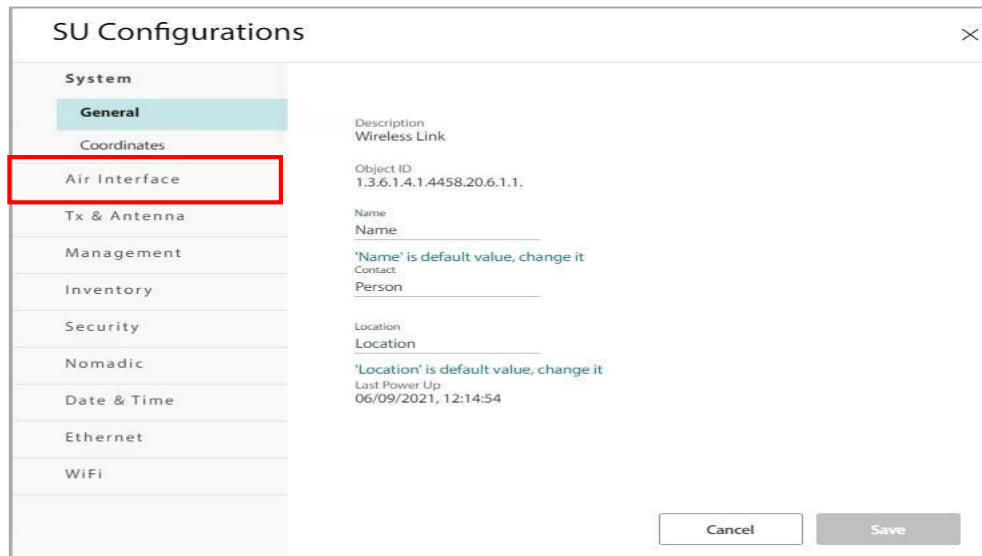
Figura 64. Interfaz de configuración Radwin



Fuente: **Elaboración Propia**

- Luego de unos minutos, podemos percibir los niveles de recepción, tal como se muestra en la Figura 65, vemos que el espectro de color verde es el indicado.

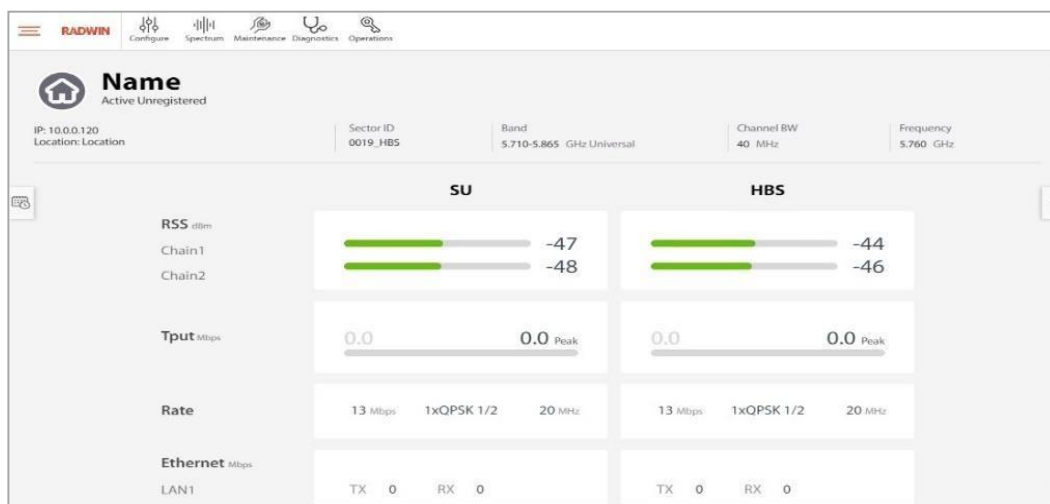
Figura 65. Interfaz de configuración Radwin



Fuente: **Elaboración Propia**

En la figura 66, entramos a Air Interface.

Figura 66. Interfaz de configuración Radwin:



Fuente: **Elaboración Propia**

- Finalmente, se coloca los parámetros de la IP según el planeamiento tal como se muestra en la Figura 68:

Figura 67. Interfaz de configuración Radwin:

The screenshot displays the 'SU Configurations' window with a sidebar menu on the left and a main configuration area on the right. The sidebar menu includes categories like System, Air Interface, Tx & Antenna, Management, and others. The 'Network' option under Management is selected and highlighted in blue. The main configuration area shows the following settings:

IP Version	
IPv4	
IPv4	
IP Address	10.116.0.6
Subnet Mask	255.255.255.224
Default Gateway	10.116.0.1
IPv6	
IP Address	:::
Subnet Prefix Length	64
Default Gateway	:::

At the bottom right of the window, there are two buttons: 'Cancel' and 'Save'.

Fuente: Elaboración Propia