Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica
Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones

Diseño de una red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones

AUTOR

Roel ÑIQUEN ORTEGA

ASESOR

Mg. Carlos Alberto SOTELO LOPEZ

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ñiquen, R. (2023). *Diseño de una red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos Complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Roel Ñiquen Ortega
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75664974
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-8865-3886
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Sotelo Lopez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07017259
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8960-6567
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Rafael Bustamante Alvarez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09377230
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Wilbert Chavez Irazabal
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08121733
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Roberto Florentino Unsihuay Tovar
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	19944586
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.19.0.38. Teleservicios: Redes y Sistemas de Tele salud, Redes y Sistemas de Teleducación, otros teleservicios
Grupo de investigación	No aplica

Agencia de financiamiento	No aplica
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ancash Provincia: Huari Distrito: Huari Latitud: 9º 20' 55.079" S Longitud: 77º 10' 18.342" W
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022 - 2023
URL de disciplinas OCDE	Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Nº 002/FIEE-EPIT/2023

Los suscritos Miembros del Jurado, pertenecientes a la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, bajo La Presidencia del **DR. BUSTAMANTE ALVAREZ RAFAEL,** integrado por el **MG. WILBERT CHAVEZ IRAZABAL**, el **MG. UNSIHUAY TOVAR ROBERTO FLORENTINO** y el **MG. CARLOS SOTELO LOPEZ**(Asesor).

Después de escuchar la Sustentación de Tesis del **Bach. ROEL ÑIQUEN ORTEGA** con código **N° 15190085** que para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones quien sustentó la Tesis titulada **"DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA EN LAS INSTITUCIONES PÚBLICAS DE LAS PRINCIPALES LOCALIDADES DE LOS DISTRITOS DE HUARI Y CAJAY PARA EL ACCESO A LOS SERVICIOS DE INTERNET E INTRANET"**

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de TRECE **(13).**

Ciudad Universitaria, 19 de diciembre de 2023

MG. BUSTAMANTE ALVAREZ RAFAEL
Presidente de Jurado

MG. CHAVEZ IRAZABAL WILBERT
Miembro del Jurado

MG. UNSIHUAY TOVAR ROBERTO FLORENTINO
Miembro del Jurado

MG. SOTELO LOPEZ CARLOS ALBERTO
Asesor

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Vicerrectorado de Investigación y Posgrado

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo **Mg. Carlos Alberto Sotelo Lopez** en mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de Tesis N ° 002/FIEE-EPIT/2023 de la Tesis cuyo título es: "Diseño de una red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet", presentado por el bachiller Bach. Roel Ñiquen Ortega para optar al título profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 15% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.** Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.



Firma del Asesor
DNI: 07017259
Nombres y apellidos del asesor:
Mg. Carlos Alberto Sotelo Lopez

Dedicatoria

Dedico la realización de esta tesis a mis padres Pedro y Mirta, y a mi hermano Anderson pues son ellos los que me apoyan y motivan a crecer tanto en mi vida personal como profesional. Así mismo, dedico esta tesis a mi ciudad natal Huari en la cual me inspiré para la realización de este trabajo de investigación.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres y a mi hermano, por haberme apoyado durante mi carrera profesional y por motivarme a terminar esta tesis.

Gracias a mi alma mater la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, así como también a la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica por haberme permitido ser alumno y formar parte de su institución dándome una buena formación académica y profesional.

Así mismo agradezco a los profesores o maestros que conocí a lo largo de mi carrera profesional, pues en base a sus enseñanzas pude tener una sólida formación para tener la capacidad de realizar por mi mismo este trabajo de investigación.

También agradezco a mis compañeros de trabajo que conocí a lo largo de mi experiencia laboral, pues de ellos aprendí mucho para tener un panorama más amplio y claro acerca del tema que desarrollo en esta tesis.

Resumen

La presente investigación trata acerca del diseño de una red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet. La finalidad del proyecto es encontrar el mejor diseño de una red inalámbrica que se pueda proponer, y comprobar la hipótesis de que dicho diseño de red influye o determina la dimensión técnica del acceso a los servicios de internet e intranet en las 70 instituciones públicas beneficiarias elegidas que se ubican en los distritos de Huari y Cajay. Se emplearán instrumentos de recolección de datos como el análisis de documentos los cuales serán principalmente datos estadísticos (INEI, MINEDU, MIDIS), fichas técnicas de normas (OSIPTEL, MTC), fichas técnicas de proyectos (Pronatel), y datasheets (equipos de red, etc), otro instrumento a utilizar serán los sistemas de información geográfica (Google Earth y SIGE-INEI). Los datos se analizarán mediante ecuaciones teóricas, simulaciones (Radio Mobile e ISP design) y cálculos de costos. Analizando los resultados obtenidos se concluye que el diseño de red inalámbrica propuesto determinará la dimensión técnica del acceso a los servicios de internet e intranet en cada una de las instituciones como, por ejemplo: el límite de velocidad de acceso a estos servicios, las aplicaciones de dichos servicios a campos como la telemedicina, teleducación y gestión municipal, también determinará los servicios de red de intranet disponibles en las instituciones (Web/FTP, Telefonía IP, Videoconferencia), los cuales dependerán de la arquitectura de red que se haya proyectado en el diseño de la red inalámbrica.

Palabras clave: radioenlaces, microondas, inalámbrico, diseño de red, intranet

Abstract

The present investigation deals with the design of a wireless network in public institutions of the main towns of the districts of Huari and Cajay for access to internet and intranet services. The purpose of the project is to find the best wireless network design that can be proposed, and to test the hypothesis that said network design influences or determines the technical dimension of access to internet and intranet services in the 70 chosen beneficiary public institutions. that are located in the districts of Huari and Cajay. Data collection instruments will be used, such as the analysis of documents, which will be mainly statistical data (INEI, MINEDU, MIDIS), standard technical sheets (OSIPTEL, MTC), project technical sheets (Pronatel), and datasheets (network equipment, etc), another instrument to be used will be the geographic information systems (Google Earth and SIGE-INEI). The data will be analyzed using theoretical equations, simulations (Radio Mobile and ISP design) and cost calculations. Analyzing the results obtained, it is concluded that the proposed wireless network design will determine the technical dimension of access to Internet and intranet services in each of the institutions, such as: the speed limit of access to these services, the applications of said services to fields such as telemedicine, tele-education and municipal management, it will also determine the intranet network services available in the institutions (Web/FTP, IP Telephony, Videoconference), which will be obtained from the network architecture that has been projected in the wireless network design.

Keywords: radio links, microwave, wireless, network design, intranet.

Contenido

Dedicatoria I

Agradecimientos II

Resumen III

Abstract IV

CAPÍTULO 1: 1

INTRODUCCIÓN 1

1.1 Introducción 1

1.2 Antecedentes del problema: 2

1.2.1. Porcentaje de niños(as) con nivel satisfactorio en matemática y lectura en el departamento de Ancash 2

1.2.2. Número de habitantes por cada médico en el departamento de Áncash 4

1.2.3. Pobreza no monetaria en los distritos de Huari y Cajay 5

1.3 Planteamiento del problema: 6

1.3.1 Determinación del problema 6

1.3.2 Formulación del problema 7

1.4 Objetivos 8

1.4.1 Objetivo general 8

1.4.2 Objetivos específicos 8

1.5 Importancia y alcance de la investigación 8

1.6 Límitaciones de la investigación 10

CAPÍTULO 2: 11

REVISIÓN DE LITERATURA 11

2.1 Marco teórico 11

2.1.1. Consideraciones sobre la propagación de ondas electromagnéticas 11

2.1.2. Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas 22

2.1.3. Atenuación por lluvia en la propagación de ondas electromagnéticas 39

2.1.4. Infraestructura y equipos para radioenlaces microondas 44

2.1.5. Servicios de red 52
2.1.6. Campos de aplicación de los servicios de red 57
2.1.7. Sistema de protección contra rayos 59
2.1.8. Sistema fotovoltaico autónomo 61
2.2 Antecedentes del estudio 63
2.3 Bases teóricas 67
2.3.1. Normativa para bandas no licenciadas en Perú 67
2.3.2. Requisitos de velocidad en servicios de red. 74
2.3.3. Normativa para velocidades de conexión a internet 81
2.4 Definición de términos 84
CAPÍTULO 3: 88
HIPÓTESIS Y VARIABLES 88
3.1 Hipótesis 88
3.1.1 Hipótesis general 88
3.1.2 Hipótesis específicas 88
3.2 Variables 89
3.3 Operacionalización de las variables 89
3.4 Matriz de consistencia 90
CAPÍTULO 4: 92
MATERIALES Y MÉTODOS 92
4.1 Área de estudio 92
4.1.1 Información general de los distritos 92
4.1.2 Localidades de los distritos de Huari y Cajay 94
4.1.3 Localidades beneficiarias 98
4.1.4 Instituciones beneficiarias 100
4.1.5 Indicadores de educación, salud, economía y conectividad 107
4.2 Metodología 123

4.3 Diseño de investigación 124
4.4 Tipo y nivel de la investigación 127
4.4.1 Tipo 127
4.4.2 Nivel de la investigación 128
4.5 Población y muestra 129
4.5.1 Población 129
4.5.2 Muestra 129
4.6 Procedimientos, Técnicas e instrumentos de recolección de información 130
4.6.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 130
4.6.2 Procedimientos 131
Establecimientos 156
4.7 Análisis estadístico 240
CAPÍTULO 5 241
RESULTADOS 241
5.1 Número de computadoras en las instituciones beneficiarias. 241
5.1.1. Centros educativos 241
5.1.2. Municipalidades y centros comunitarios. 243
5.1.3. Establecimientos de salud 243
5.2 Velocidades y asignación de anchos de canal para los enlaces de la red de transporte. 245
5.2.1. Velocidad de internet. 245
5.2.2. Velocidad de intranet. 252
5.2.3. Velocidades nominales por localidad 261
5.2.4. Velocidades efectivas por localidad 262
5.2.5. Velocidades efectivas en los enlaces de la red de transporte 264
5.2.6. Asignación de canales en los enlaces de la red de transporte. 266
5.3 Simulación y cálculo de enlaces de la red inalámbrica 270

5.3.1 Simulación y cálculo de enlaces de la red de transporte 270
5.3.2 Simulación y cálculo de enlaces punto a punto de la red de acceso 421
5.3.3 Simulación y cálculo de los enlaces punto a multipunto de la red de acceso ... 429
5.3.4 Tipos y cantidad de enlaces en el diseño inalámbrico 458
5.3.5 Capacidad total de subida y bajada en la red de transporte 459
5.4 Cantidad de equipos en la red inalámbrica 460
5.5 Diseño de los sistemas fotovoltaicos autónomos en repetidores 462
5.5.1. Demanda de energía eléctrica en los repetidores 463
5.5.2. Número de baterías en los repetidores. 464
5.5.3. Elección del controlador en los repetidores 465
5.5.4. Número de paneles solares en los repetidores 466
5.5.5. Elección del inversor en los repetidores 467
5.6 Costos y/o presupuesto de los equipos de la red inalámbrica 468
5.6.1. Presupuesto de mástiles y torres. 468
5.6.2. Presupuesto de equipos inalámbricos y antenas 476
5.6.3. Presupuesto de accesorios de red. 477
5.6.4. Presupuesto de sistema de protección contra rayos 478
5.6.5. Presupuesto de servidores de red 488
5.6.6. Presupuesto de equipos de conmutación 488
5.6.7. Presupuesto de equipos del sistema fotovoltaico 489
5.6.8. Presupuesto total 489
5.7 Costo del acceso a los servicios 490
CAPÍTULO 6 491
DISCUSIÓN 491
CAPÍTULO 7 496
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 496
Conclusiones 496

Recomendaciones 498
Referencias 499
ANEXOS 513
ANEXO 1 513

Índice de figuras

Resumen

Figura 1: Porcentaje de estudiantes del 4° de primaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash 3
Figura 2: Porcentaje de estudiantes del 2° de secundaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash 4
Figura 3: Número de habitantes por cada médico en el departamento de Áncash 5
Figura 4: Pobreza No Monetaria 6
Figura 5: Representación geométrica de una onda electromagnética 12
Figura 6: Elementos de una onda electromagnética 13
Figura 7: Tipos de ondas según su propagación 14
Figura 8: Propagación por onda directa 15
Figura 9: Aplicación del principio de Huygens 16
Figura 10: Reflexión 17
Figura 11: Tipos de reflexión 18
Figura 12: Refracción 19
Figura 13: Patrón de difracción de una onda en una ranura 20
Figura 14: Patrón de difracción de una onda en un obstáculo 20
Figura 15: Absorción de una onda 21
Figura 16: Ubicación de las microondas en el espectro radioeléctrico 22
Figura 17: Representación geométrica de la densidad de flujo de potencia 23
Figura 18: Representación del cálculo de enlace 26
Figura 19: Representación del azimuth de las antenas de un enlace 28
Figura 20: Representación del tilt de una antena 29
Figura 21: Representación geométrica de las zonas de Fresnel 31
Figura 22: Mínimo despejamiento en un enlace 33
Figura 23: Diagrama de constelación para BPSK 35
Figura 24: Diagrama de constelación para 4-PSK o QPSK 36
Figura 25: Diagrama de constelación 4 fases para 8QAM 38
Figura 26: Diagrama de constelación 8 fases para 8-QAM 38
Figura 27: Diagrama de constelación para 16-QAM 39
Figura 28: Coeficiente k de polarización horizontal 42
Figura 29: Coeficiente a de polarización horizontal 43
Figura 30: Coeficiente k de polarización vertical 43

Figura 31: Coeficiente a de polarización vertical 44
Figura 32: Enlace en modo duplexación por división de frecuencia (FDD) 46
Figura 33: Arquitectura All Indoor 47
Figura 34: Arquitectura All Outdoor 48
Figura 35: Arquitectura Split Mount 49
Figura 36: Torre autosoportada 50
Figura 37: Torre ventada 51
Figura 38: Torre Monoposte o monopolo 52
Figura 39: Pararrayos tipo Franklin en torrre de telecomunicaciones 61
Figura 40: SFA en corriente continua (DC) y alterna (AC) 63
Figura 41: Ubicación del distrito de Huari en la provincia de Huari 93
Figura 42: Ubicación del distrito de Cajay en la provincia de Huari 94
Figura 43: Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el Perú según la gestion 108
Figura 44: Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el Perú según la gestión 109
Figura 45: Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el Perú según la zona 110
Figura 46: Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el Perú según la zona 111
Figura 47: Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el departamento de Ancash 112
Figura 48: Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el departamento de Ancash 113
Figura 49: Nivel primaria alcanzado por la población de 15 a más años de edad en Áncash 115
Figura 50: Nivel secundaria alcanzado por la población de 15 a más años de edad en Áncash 116
Figura 51: Tasa de analfabetismo de la población de 15 a más años de edad en Áncash 118
Figura 52: Número de hogares sin conexión a internet en los distritos de Huari y Cajay 122
Figura 53: Métodología de la de investigación 123
Figura 54: Enlaces entre nodos de la red de transporte 138
Figura 55: Enlaces de la red de transporte 140
Figura 56: Topología lógica de los enlaces de la red de transporte 141
Figura 57: Arquitectura del servicio de internet en el campo de la teleeducación 146
Figura 58: Arquitectura de los servicios de intranet en el campo de la teleeducación 148
Figura 59: Arquitectura del servicio de internet en el campo de la telemedicina 149
Figura 60: Arquitectura de los servicios de intranet en el campo de la telemedicina 151
Figura 61: Arquitectura del servicio de internet en el campo de la gestión municipal 152
Figura 62: Arquitectura de los servicios de intranet en el campo de la gestión municipal 153
Figura 63: Relación para determinar el número de PCs en un centro educativo 156
Figura 64: Relación para determinar el número de PCs en un establecimiento de salud 157

Figura 65: Relación para determinar el número de PCs en una municipalidad 158
Figura 66: Servidor DELL PowerEdge R240 169
Figura 67: Servidor Xorcom CTS3000 170
Figura 68: Servidor Xorcom CTS2000 171
Figura 69: Servidor Grandstream modelo IPVT10-BS 173
Figura 70: Ejemplo de topología de red con cálculo de velocidades de subida y bajada 174
Figura 71: Equipo microondas Ubiquiti airFiber-5XHD 180
Figura 72: Antena Ubiquiti AF-5G23-S45 183
Figura 73: Antena Ubiquiti AF-5G30-S45 184
Figura 74: Antena Ubiquiti AF-5G34-S45 185
Figura 75: Montaje de la ODU full-outdoor AF-5XHD con la antena airFiber X 186
Figura 76: Conexión de alimentación de la ODU a través de Ethernet 187
Figura 77: Protección de sobrecarga 188
Figura 78: Equipo Ubiquiti Ethernet Surge Protector modelo ETH-SP 189
Figura 79: Equipo Ubiquiti LTU-Rocket 191
Figura 80: Antena AirMAX AM-5AC21-60 192
Figura 81: Patrón de radiación de la antena AirMAX AM-5AC21-60 193
Figura 82: Antena Ubiquiti AirMAX AM-5G19-120 194
Figura 83: Patrón de radiación de la antena AirMAX AM-5G19-120 194
Figura 84: Antena AirMAX AMO-5G13 195
Figura 85: Patrón de radiación de la antena AirMAX AMO-5G13 196
Figura 86: Equipo Acces Point Ubiquiti LTU-LR 197
Figura 87: Patrón de radiación del equipo Acces Point Ubiquiti LTU-LR 197
Figura 88: Conexión de PC hacia airFiber AF-5X HD para acceso a su configuración 198
Figura 89: Configuración IP en PC para acceso al airFiber AF-5X HD 199
Figura 90: Configuración de idioma, país y términos de uso en airFiber AF-5X HD 200
Figura 91: Aviso para cambio de contraseña en airFiber AF-5X HD 200
Figura 92: Cambio de contraseña en airFiber AF-5X HD 201
Figura 93: Configuración fuera de banda en airFiber AF-5X HD 202
Figura 94: Configuración inalámbrica en airFiber AF-5X HD 205
Figura 95: Configuración del sistema en airFiber AF-5X HD 206
Figura 96: Herramientas útiles en airFiber AF-5X HD 207
Figura 97: Analizador de espectro en airFiber AF-5X HD 207
Figura 98: Diagrama de constelación en airFiber AF-5X HD 208
Figura 99: Switch Cisco Catalyst modelo WS-C2960-24-S 217

Figura 100: Switch Cisco Catalyst modelo 2960-8TC-S....218
Figura 101: Switch Cisco Catalyst modelo WS-C3650-24TS-E....220
Figura 102: Router Cisco C921-4P....221
Figura 103: Batería Pylontech modelo US3000C....224
Figura 104: Regulador de carga SmartSolar MPPT 150/35....227
Figura 105: Panel solar monocristalino PERC EcoGreen de 24V - 550W....229
Figura 106: Inversor Phoenix modelo 48/250....231
Figura 107: Simulación del enlace Huari – Cushin en UISP Design Center....274
Figura 108: Simulación del enlace Huari – Cushin en RadioMobile....275
Figura 109: Simulación del enlace Cushin – Ampas en UISP Design Center....280
Figura 110: Simulación del enlace Cushin – Ampas en RadioMobile....281
Figura 111: Simulación del enlace Cushin – Huayllabamba en UISP Design Center....284
Figura 112: Simulación del enlace Cushin – Huayllabamba en RadioMobile....285
Figura 113: Simulación del enlace Huayllabamba – Chinchas en UISP Design Center....288
Figura 114: Simulación del enlace Huayllabamba – Chinchas en RadioMobile....289
Figura 115: Simulación del enlace Huayllabamba – Yacya en UISP Design Center....292
Figura 116: Simulación del enlace Huayllabamba – Yacya en RadioMobile....293
Figura 117: Simulación del enlace Yacya – Repetidor B en UISP Design Center....296
Figura 118: Simulación del enlace Yacya – Repetidor B en RadioMobile....297
Figura 119: Simulación del enlace Repetidor B – Mallas en UISP Design Center....300
Figura 120: Simulación del enlace Repetidor B – Mallas en RadioMobile....301
Figura 121: Simulación del enlace Mallas – Colpa en UISP Design Center....304
Figura 122: Simulación del enlace Mallas – Colpa en RadioMobile....305
Figura 123: Simulación del enlace Huari – Huancarpata en UISP Design Center....308
Figura 124: Simulación del enlace Huari – Huancarpata en RadioMobile....309
Figura 125: Simulación del enlace Huancarpata – Ampatac en UISP Design Center....312
Figura 126: Simulación del enlace Huancarpata – Ampatac en RadioMobile....313
Figura 127: Simulación del enlace Ampatac – Ulia en UISP Design Center....316
Figura 128: Simulación del enlace Ampatac – Ulia en RadioMobile....317
Figura 129: Simulación del enlace Ulia – Acopalca en UISP Design Center....320
Figura 130: Simulación del enlace Ulia – Acopalca en RadioMobile....321
Figura 131: Simulación del enlace Acopalca – Querobamba en UISP Design Center....324
Figura 132: Simulación del enlace Acopalca – Querobamba en RadioMobile....325
Figura 133: Simulación del enlace Huari – Cajay _1 en UISP Design Center....329
Figura 134: Simulación del enlace Huari – Cajay_2 en UISP Design Center....330

Figura 135: Simulación del enlace Huari – Cajay _1 en RadioMobile.....330
Figura 136: Simulación del enlace Huari – Cajay _2 en RadioMobile.....331
Figura 137: Simulación del enlace Cajay – Colcas _1 en UISP Design Center.....336
Figura 138: Simulación del enlace Cajay – Colcas _2 en UISP Design Center.....337
Figura 139: Simulación del enlace Cajay – Colcas _1 en RadioMobile 337
Figura 140: Simulación del enlace Cajay – Colcas _2 en RadioMobile 338
Figura 141: Simulación del enlace Colcas – Cayas en UISP Design Center.....342
Figura 142: Simulación del enlace Colcas – Cayas en RadioMobile 343
Figura 143: Simulación del enlace Cayas – Yarmata en UISP Design Center 346
Figura 144: Simulación del enlace Cayas – Yarmata en RadioMobile.....347
Figura 145: Simulación del enlace Yarmata – Huamantanga en UISP Design Center.....350
Figura 146: Simulación del enlace Yarmata – Huamantanga en RadioMobile 351
Figura 147: Simulación del enlace Huamantanga – Huaritambo en UISP Design Center.....354
Figura 148: Simulación del enlace Huamantanga – Huaritambo en RadioMobile 355
Figura 149: Simulación del enlace Huaritambo – Mituchaca en UISP Design Center.....358
Figura 150: Simulación del enlace Huaritambo – Mituchaca en RadioMobile 359
Figura 151: Simulación del enlace Mituchaca – Repetidor A en UISP Design Center.....362
Figura 152: Simulación del enlace Mituchaca – Repetidor A en RadioMobile 363
Figura 153: Simulación del enlace Repetidor A – Ocshapampa en UISP Design Center 366
Figura 154: Simulación del enlace Repetidor A – Ocshapampa en RadioMobile 367
Figura 155: Simulación del enlace Ocshapampa – Chaupiloma en UISP Design Center 370
Figura 156: Simulación del enlace Ocshapampa – Chaupiloma en RadioMobile.....371
Figura 157: Simulación del enlace Repetidor A – Collota en UISP Design Center.....374
Figura 158: Simulación del enlace Repetidor A – Collota en RadioMobile 375
Figura 159: Simulación del enlace Collota – Huamparán en UISP Design Center.....378
Figura 160: Simulación del enlace Collota – Huamparán en RadioMobile 379
Figura 161: Simulación del enlace Repetidor A – Pachachaca en UISP Design Center 382
Figura 162: Simulación del enlace Repetidor A – Pachachaca en RadioMobile.....383
Figura 163: Simulación del enlace Pachachaca – Yanagaga en UISP Design Center.....386
Figura 164: Simulación del enlace Pachachaca – Yanagaga en RadioMobile 387
Figura 165: Simulación del enlace Yanagaga – Tashta en UISP Design Center.....390
Figura 166: Simulación del enlace Yanagaga – Tashta en RadioMobile 391
Figura 167: Simulación del enlace Yanagaga – Sharco en UISP Design Center 394
Figura 168: Simulación del enlace Yanagaga – Sharco en RadioMobile.....395
Figura 169: Simulación del enlace Huaritambo – Repetidor D en UISP Design Center 398

Figura 170: Simulación del enlace Huaritambo – Repetidor D en RadioMobile.....399
Figura 171: Simulación del enlace Repetidor D – Repetidor C en UISP Design Center 402
Figura 172: Simulación del enlace Repetidor D – Repetidor C en RadioMobile.....403
Figura 173: Simulación del enlace Repetidor C – Queroragra en UISP Design Center 406
Figura 174: Simulación del enlace Repetidor C – Queroragra en RadioMobile.....407
Figura 175: Simulación del enlace Repetidor C – Paro en UISP Design Center 410
Figura 176: Simulación del enlace Repetidor C – Paro en RadioMobile.....411
Figura 177: Simulación del enlace Paro – B. Vista de Cachuna en UISP Design Center 414
Figura 178: Simulación del enlace Paro – Buena Vista de Cachuna 415
Figura 179: Simulación del enlace B. Vista de Cachuna – Chacaragra en UISP Design Center.....418
Figura 180: Simulación del enlace Buena Vista de Cachuna – Chacaragra.....419
Figura 181: Simulación del enlace Huari – UGEL Huari en UISP Design Center.....422
Figura 182: Simulación del enlace Huari – UGEL Huari en RadioMobile 423
Figura 183: Simulación del enlace Huari – Centro Médico Huari en UISP Design Center 426
Figura 184: Simulación del enlace Huari – Centro Médico Huari en RadioMobile.....427
Figura 185: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Huari en UISP Design Center 429
Figura 186: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Acopalca en UISP Design Center.....431
Figura 187: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Yacya en UISP Design Center.....433
Figura 188: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Huamparán en UISP Design Center..435
Figura 189: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Mallas en UISP Design Center 437
Figura 190: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Ampas en UISP Design Center 439
Figura 191: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Colcas en UISP Design Center.....441
Figura 192: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Pachachaca en UISP Design Center.443
Figura 193: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Tashta en UISP Design Center.....445
Figura 194: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Huamantanga en UISP Design Center.....447
Figura 195: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Cajay en UISP Design Center 449
Figura 196: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Huaritambo en UISP Design Center..451
Figura 197: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Queroragra en UISP Design Center ..453
Figura 198: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Cayas en UISP Design Center 455
Figura 199: Simulación del mapa de cobertura del A.P. Paro en UISP Design Center 457

Índice de cuadros

Resumen

Cuadro 1: Porcentaje de estudiantes del 4° de primaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash 2
Cuadro 2: Porcentaje de estudiantes del 2° de secundaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash....3
Cuadro 3: Número de habitantes por cada médico en el departamento de Áncash....4
Cuadro 4: Pobreza No Monetaria 5
Cuadro 5: Recomendaciones ITU para 4-PSK o QPSK....36
Cuadro 6: Coeficientes para kH....40
Cuadro 7: Coeficientes para kV 41
Cuadro 8: Coeficientes para aH....41
Cuadro 9: Coeficientes para aV 41
Cuadro 10: Coeficientes para la atenuación específica en frecuencias de 5 - 6 GHz 44
Cuadro 11: Parámetros máximos de operación para equipos en banda no licenciada 72
Cuadro 12: Requisitos de ancho de banda recomendados según la FCC 75
Cuadro 13: Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet en Instituciones Públicas (2015)....76
Cuadro 14: Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet en Instituciones Públicas (2018)....77
Cuadro 15: Proyecto de Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet sin IGV (2022) 78
Cuadro 16: Proyecto de Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet con IGV (2022) 79
Cuadro 17: Proyecto de Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet en otras instituciones (2022) 79
Cuadro 18: Operacionalización de variables 90
Cuadro 19: Matriz de consistencia....91
Cuadro 20: Población y viviendas censadas en el distrito de Huari, año 2017....93
Cuadro 21: Población y viviendas censadas en el distrito de Cajay, año 2017 94
Cuadro 22: Información de los centros poblados del distrito de Huari 95
Cuadro 23: Información de los centros poblados del distrito de Cajay 96
Cuadro 24: Centros poblados beneficiarios del distrito de Huari....99
Cuadro 25: Centros poblados beneficiarios del distrito de Cajay 100
Cuadro 26: Instituciones educativas beneficiarias en el distrito de Huari 102
Cuadro 27: Instituciones educativas beneficiarias en el distrito de Cajay....103
Cuadro 28: Establecimientos de salud beneficiarios en los distritos de Huari y Cajay 104
Cuadro 29: Municipalidades y centros comunitarios en los distritos de Huari y Cajay 106

Cuadro 30: Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el Perú según la gestion.....107
Cuadro 31: Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el Perú según la gestión 108
Cuadro 32: Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el Perú según la zona.....109
Cuadro 33: Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el Perú según la zona 110
Cuadro 34: Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el departamento de Ancash 111
Cuadro 35: Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el departamento de Ancash...112
Cuadro 36: Nivel de educación de la población de 15 a más años de edad en Áncash 114
Cuadro 37: Tasa de analfabetismo de la población de 15 a más años de edad en Áncash 117
Cuadro 38: Porcentaje de estudiantes con repitencia en el nivel primaria según distrito 119
Cuadro 39: Porcentaje de estudiantes con repitencia en el nivel secundaria según distrito 119
Cuadro 40: Porcentaje de estudiantes con atraso escolar en el nivel primaria por distrito.....120
Cuadro 41: Porcentaje de estudiantes con atraso escolar en el nivel secundaria por distrito ...120
Cuadro 42: Porcentaje de estudiantes aprobados en el nivel primaria según distrito.....121
Cuadro 43: Porcentaje de estudiantes aprobados en el nivel secundaria según distrito 121
Cuadro 44: Número de hogares sin conexión a internet en los distritos de Huari y Cajay 122
Cuadro 45: Técnicas e instrumentos de recolección de datos 130
Cuadro 46: Nodos del distrito de Huari.....133
Cuadro 47: Nodos del distrito de Cajay 134
Cuadro 48: Distancias entre algunos de los nodos del proyecto 135
Cuadro 49: Enlaces entre nodos de la red de transporte 137
Cuadro 50: Repetidores de la red de transporte 139
Cuadro 51: Enlaces entre nodos y repetidores de la red de transporte 139
Cuadro 52: Nodos con un Access Point para la red de acceso 143
Cuadro 53: Relación para determinar el número de PCs en un centro educativo 155
Cuadro 54: Relación para determinar el número de PCs en un establecimiento de salud.....156
Cuadro 55: Relación para determinar el número de PCs en una municipalidad.....157
Cuadro 56: Velocidad de internet en una PC o terminal de red 159
Cuadro 57: Velocidad de datos en una PC o terminal de red 160
Cuadro 58: Velocidad de telefonía IP en una PC o terminal de red.....161
Cuadro 59: Velocidades mínimas y recomendadas para videollamadas en Skype.....162
Cuadro 60: Velocidad de videoconferencia en una PC o terminal de red.....164
Cuadro 61: Velocidad a contratar en una institución pública.....166
Cuadro 62: Datasheet del servidor DELL PowerEdge R240.....168
Cuadro 63: Datasheet del servidor Xorcom CTS3000 170
Cuadro 64: Datasheet del servidor Xorcom CTS2000 171

Cuadro 65: Datasheet del servidor Grandstream modelo IPVT10-BS 172
Cuadro 66: Velocidades de subida y bajada de los sitios del ejemplo de topología de red.....175
Cuadro 67: Velocidades de subida y bajada de los enlaces del ejemplo de topología de red ..177
Cuadro 68: Datasheet del equipo microondas Ubiquiti airFiber-5XHD 179
Cuadro 69: Datasheet de la capacidad agregada del equipo microondas airFiber-5XHD.....181
Cuadro 70: Datasheet de la sensibilidad del equipo microondas airFiber-5XHD.....182
Cuadro 71: Datasheet de la potencia máxima del equipo microondas airFiber-5XHD 182
Cuadro 72: Datasheet de la antena Ubiquiti AF-5G23-S45.....183
Cuadro 73: Datasheet de la antena Ubiquiti AF-5G30-S45.....184
Cuadro 74: Datasheet de la antena Ubiquiti AF-5G34-S45.....184
Cuadro 75: Datasheet del equipo Ubiquiti LTU-Rocket.....191
Cuadro 76: Datasheet de la antena Ubiquiti AirMAX AM-5AC21-60.....192
Cuadro 77: Datasheet de la antena Ubiquiti AirMAX AM-5G19-120 193
Cuadro 78: Datasheet de la antena Ubiquiti AirMAX AMO-5G13 195
Cuadro 79: Datasheet del equipo Access Point Ubiquiti LTU-LR.....196
Cuadro 80: Relación entre modulación y señal a ruido (CINR) en airFiber AF-5X HD 209
Cuadro 81: Frecuencias mínimas y máximas de un ancho de canal en las bandas de 5 GHz .213
Cuadro 82: Frecuencias para un determinado canal en la banda 5.250-5.350 GHz 214
Cuadro 83: Frecuencias para un determinado canal en la banda 5.470-5.725 GHz 215
Cuadro 84: Frecuencias para un determinado canal en la banda 5.725-5.850 GHz 216
Cuadro 85: Datasheet del switch Cisco Catalyst modelo WS-C2960-24-S 217
Cuadro 86: Datasheet del switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S 218
Cuadro 87: Datasheet del switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S 219
Cuadro 88: Datasheet del router Cisco C921-4P 221
Cuadro 89: Sitios para la implementación de un SFA 222
Cuadro 90: Datasheet de la batería Pylontech modelo US3000C 224
Cuadro 91: Datasheet del regulador de carga SmartSolar MPPT 150/35 226
Cuadro 92: Datasheet del inversor Phoenix 230
Cuadro 93: Cálculo de la energía consumida al día en el Repetidor A 233
Cuadro 94: Cálculo de la demanda corregida de energía al día en el Repetidor A 233
Cuadro 95: Número de computadoras en las instituciones educativas.....242
Cuadro 96: Número de computadoras en las municipalidades y centros comunitarios.....243
Cuadro 97: Número de computadoras en los establecimientos de salud 244
Cuadro 98: Velocidad nominal de internet en las instituciones educativas 247
Cuadro 99: Velocidad nominal de internet en la teleeducación.....248

Cuadro 100: Velocidad nominal de internet en los establecimientos de salud 249
Cuadro 101: Velocidad nominal de internet en la telemedicina 249
Cuadro 102: Velocidad nominal de internet en las municipalidades y centros comunitarios.....250
Cuadro 103: Velocidad nominal de internet en la gestión municipal.....251
Cuadro 104: Velocidad nominal de los servicios de internet.....251
Cuadro 105: Velocidad efectiva de los servicios de internet 252
Cuadro 106: Velocidad nominal de intranet en las instituciones educativas.....255
Cuadro 107: Velocidad nominal de intranet en la Teleeducación 256
Cuadro 108: Velocidad nominal de intranet en los establecimientos de salud 257
Cuadro 109: Velocidad nominal de intranet en la Telemedicina 257
Cuadro 110: Velocidad nominal de intranet en las municipalidades y centros comunitarios.....258
Cuadro 111: Velocidad nominal de intranet en la gestión municipal.....259
Cuadro 112: Velocidad nominal de los servicios de intranet.....260
Cuadro 113: Velocidad efectiva de los servicios de intranet 260
Cuadro 114: Velocidad nominal de subida y bajada de intranet e internet en las localidades ..261
Cuadro 115: Velocidad efectiva de subida y bajada de intranet e internet en las localidades...262
Cuadro 116: Velocidad efectiva de subida y bajada de los nodos de la red de transporte.....263
Cuadro 117: Velocidad efectiva de subida y bajada de los enlaces de la red de transporte 265
Cuadro 118: Asignación de frecuencias portadoras en los nodos de la red de transporte.....268
Cuadro 119: Velocidades y capacidades en el enlace Huari – Cushin 273
Cuadro 120: Datos del enlace Huari – Cushin.....278
Cuadro 121: Velocidades y capacidades en el enlace Cushin – Ampas 280
Cuadro 122: Datos del enlace Cushin – Ampas.....282
Cuadro 123: Velocidades y capacidades en el enlace Cushin – Huayllabamba.....284
Cuadro 124: Datos del enlace Cushin – Huayllabamba 286
Cuadro 125: Velocidades y capacidades en el enlace Huayllabamba – Chinchas.....288
Cuadro 126: Datos del enlace Huayllabamba – Chinchas 290
Cuadro 127: Velocidades y capacidades en el enlace Huayllabamba – Yacya.....292
Cuadro 128: Datos del enlace Huayllabamba – Yacya 294
Cuadro 129: Velocidades y capacidades en el enlace Yacya – Repetidor B.....296
Cuadro 130: Datos del enlace Yacya – Repetidor B 298
Cuadro 131: Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor B – Mallas 300
Cuadro 132: Datos del enlace Repetidor B – Mallas.....302
Cuadro 133: Velocidades y capacidades en el enlace Mallas – Colpa 304
Cuadro 134: Datos del enlace Mallas – Colpa.....306

Cuadro 135: Velocidades y capacidades en el enlace Huari – Huancarpata.....308
Cuadro 136: Datos del enlace Huari – Huancarpata.....310
Cuadro 137: Velocidades y capacidades en el enlace Huancarpata – Ampatac.....312
Cuadro 138: Datos del enlace Huancarpata – Ampatac.....314
Cuadro 139: Velocidades y capacidades en el enlace Ampatac – Ulia.....316
Cuadro 140: Datos del enlace Ampatac – Ulia.....318
Cuadro 141: Velocidades y capacidades en el enlace Ulia – Acopalca.....320
Cuadro 142: Datos del enlace Ulia – Acopalca.....322
Cuadro 143: Velocidades y capacidades en el enlace Acopalca – Querobamba.....324
Cuadro 144: Datos del enlace Acopalca – Querobamba.....326
Cuadro 145: Velocidades y capacidades en los enlaces Huari – Cajay.....329
Cuadro 146: Datos del enlace Huari – Cajay_1.....332
Cuadro 147: Datos del enlace Huari – Cajay_2.....333
Cuadro 148: Velocidades y capacidades en los enlaces Cajay – Colcas.....336
Cuadro 149: Datos del enlace Cajay – Colcas _1.....339
Cuadro 150: Datos del enlace Cajay – Colcas _2.....340
Cuadro 151: Velocidades y capacidades en el enlace Colcas – Cayas.....342
Cuadro 152: Datos del enlace Colcas –Cayas.....344
Cuadro 153: Velocidades y capacidades en el enlace Cayas – Yarmata.....346
Cuadro 154: Datos del enlace Cayas –Yarmata.....348
Cuadro 155: Velocidades y capacidades en el enlace Yarmata – Huamantanga.....350
Cuadro 156: Datos del enlace Yarmata – Huamantanga.....352
Cuadro 157: Velocidades y capacidades en el enlace Huamantanga – Huaritambo.....354
Cuadro 158: Datos del enlace Huamantanga – Huaritambo.....356
Cuadro 159: Velocidades y capacidades en el enlace Huaritambo – Mituchaca.....358
Cuadro 160: Datos del enlace Huaritambo – Mituchaca.....360
Cuadro 161: Velocidades y capacidades en el enlace Mituchaca – Repetidor A.....362
Cuadro 162: Datos del enlace Mituchaca – Repetidor A.....364
Cuadro 163: Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor A – Ocshapampa.....366
Cuadro 164: Datos del enlace Repetidor A – Ocshapampa.....368
Cuadro 165: Velocidades y capacidades en el enlace Ocshapampa – Chaupiloma.....370
Cuadro 166: Datos del enlace Ocshapampa – Chaupiloma.....372
Cuadro 167: Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor A – Collota.....374
Cuadro 168: Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor A – Collota.....376
Cuadro 169: Velocidades y capacidades en el enlace Collota – Huamparán.....378

Cuadro 170: Datos del enlace Collota – Huamparán 380
Cuadro 171: Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor A – Pachachaca 382
Cuadro 172: Datos del enlace Repetidor A – Pachachaca 384
Cuadro 173: Velocidades y capacidades en el enlace Pachachaca – Yanagaga.....386
Cuadro 174: Datos del enlace Pachachaca – Yanagaga 388
Cuadro 175: Velocidades y capacidades en el enlace Yanagaga – Tashta 390
Cuadro 176: Datos del enlace Yanagaga – Tashta.....392
Cuadro 177: Velocidades y capacidades en el enlace Yanagaga – Sharco 394
Cuadro 178: Datos del enlace Yanagaga – Sharco 396
Cuadro 179: Velocidades y capacidades en el enlace Huaritambo – Repetidor D 398
Cuadro 180: Datos del enlace Huaritambo – Repetidor D 400
Cuadro 181: Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor D – Repetidor C 402
Cuadro 182: Datos del enlace Repetidor D – Repetidor C.....404
Cuadro 183: Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor C – Queroragra 406
Cuadro 184: Datos del enlace Repetidor C – Queroragra.....408
Cuadro 185: Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor C – Paro 410
Cuadro 186: Datos del enlace Repetidor C – Paro 412
Cuadro 187: Velocidades y capacidades en el enlace Paro – Buena Vista de Cachuna 414
Cuadro 188: Datos del enlace Paro – Buena Vista de Cachuna.....416
Cuadro 189: Velocidades y capacidades en el enlace B. Vista de Cachuna – Chacaragra 418
Cuadro 190: Datos del enlace Buena Vista de Cachuna – Chacaragra 420
Cuadro 191: Asignación de canal en el enlace Huari – UGEL Huari 421
Cuadro 192: Velocidades y capacidades en el enlace Huari – UGEL Huari.....422
Cuadro 193: Datos del enlace Huari – UGEL Huari 424
Cuadro 194: Asignación de canal en el enlace Huari – Centro Médico Huari.....425
Cuadro 195: Velocidades y capacidades en el enlace Huari – Centro Médico Huari 426
Cuadro 196: Datos del enlace Huari – Centro Médico Huari.....428
Cuadro 197: Datos del A.P. Huari según simulación.....430
Cuadro 198: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Huari según simulación 430
Cuadro 199: Datos del A.P. Acopalca según simulación 432
Cuadro 200: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Acopalca según simulación 432
Cuadro 201: Datos del A.P. Acopalca según simulación 434
Cuadro 202: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Yacya según simulación 434
Cuadro 203: Datos del A.P. Huamparán según simulación 436
Cuadro 204: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Huamparán según simulación .436

Cuadro 205: Datos del A.P. Mallas según simulación 437
Cuadro 206: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Mallas según simulación 438
Cuadro 207: Datos del A.P. Ampas según simulación 439
Cuadro 208: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Ampas según simulación 440
Cuadro 209: Datos del A.P. Colcas según simulación 441
Cuadro 210: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Colcas según simulación 442
Cuadro 211: Datos del A.P. Pachachaca según simulación 443
Cuadro 212: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Pachachaca según simulación 444
Cuadro 213: Datos del A.P. Tashta según simulación 445
Cuadro 214: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Tashta según simulación 446
Cuadro 215: Datos del A.P. Huamantanga según simulación 447
Cuadro 216: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Huamantanga según simulación 448
Cuadro 217: Datos del A.P. Cajay según simulación 449
Cuadro 218: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Cajay según simulación 450
Cuadro 219: Datos del A.P. Huaritambo según simulación 451
Cuadro 220: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Huaritambo según simulación .452
Cuadro 221: Datos del A.P. Queroragra según simulación 453
Cuadro 222: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Queroragra según simulación .454
Cuadro 223: Datos del A.P. Cayas según simulación 455
Cuadro 224: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Cayas según simulación 456
Cuadro 225: Datos del A.P. Paro según simulación 457
Cuadro 226: Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Paro según simulación 458
Cuadro 227: Tipos y cantidad de enlaces en el diseño inalámbrico 458
Cuadro 228: Cantidad de equipos PTP en el diseño inalámbrico 459
Cuadro 229: Capacidad total de subida y bajada en el nodo principal de la red de transporte .460
Cuadro 230: Cantidad de antenas PTP en el diseño inalámbrico 461
Cuadro 231: Cantidad de equipos PTMP en el diseño inalámbrico 461
Cuadro 232: Cantidad de antenas PTMP en el diseño inalámbrico 461
Cuadro 233: Cantidad de equipos suscriptores en el diseño inalámbrico 462
Cuadro 234: Cantidad de equipos de conmutación en el diseño inalámbrico 462
Cuadro 235: Demanda corregida de energía eléctrica en el Repetidor A 463
Cuadro 236: Demanda corregida de energía eléctrica en el Repetidor B 463
Cuadro 237: Demanda corregida de energía eléctrica en el Repetidor C 464
Cuadro 238: Demanda corregida de energía eléctrica en el Repetidor D 464

Cuadro 239: Días de autonomía y número de baterías según repetidor 465
Cuadro 240: Modelo y número de controladores de carga según repetidor 466
Cuadro 241: Número de paneles solares según controlador y según repetidor. 467
Cuadro 242: Modelo y número de inversores según repetidor.....467
Cuadro 243: Costo de mástiles de 5 m de altura.....468
Cuadro 244: Costo de torre ventada de 6.65 m de altura 469
Cuadro 245: Costo de torre ventada de 9.15 m de altura 470
Cuadro 246: Costo de torre ventada de 12.5 m de altura 471
Cuadro 247: Costo de torre ventada de 15 m de altura 472
Cuadro 248: Costo de torres autosoportadas.....473
Cuadro 249: Costo de torres en los sitios (nodos y repetidores).....474
Cuadro 250: Costo de torres en las instituciones con equipos suscriptores 475
Cuadro 251: Costo de los equipos microondas (PTP) en el diseño de red.....476
Cuadro 252: Costo de las antenas (PTP) en el diseño de red 476
Cuadro 253: Costo de los equipos Access Point (PTMP) en la red de acceso.....476
Cuadro 254: Costo de las antenas (PTMP) en la red de acceso 477
Cuadro 255: Costo de los equipos suscriptores (PTMP) en la red de acceso 477
Cuadro 256: Costo de accesorios de red en todas las estaciones o nodos.....477
Cuadro 257: Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 6.65 m 478
Cuadro 258: Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 9.15 m 479
Cuadro 259: Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 12.5 m 480
Cuadro 260: Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 15 m 481
Cuadro 261: Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 18 m.....482
Cuadro 262: Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 21 m.....483
Cuadro 263: Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 30 m.....484
Cuadro 264: Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 36 m.....485
Cuadro 265: Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 48 m.....486
Cuadro 266: Costo de los sistemas de protección contra rayos en los sitios 487
Cuadro 267: Costo de los servidores de red 488
Cuadro 268: Costo de los equipos de conmutación 488
Cuadro 269: Costo de equipos del sistema fotovoltaico.....489
Cuadro 270: Presupuesto total 489
Cuadro 271: Costo del acceso a internet en la RDNFO para el diseño de la red inalámbrica ..490
Cuadro 272: Costo del acceso al servicio portador en la RDNFO para el uso de la máxima capacidad disponible en la red inalámbrica 491

CAPÍTULO 1:
INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El uso de la tecnología de microondas actualmente es muy utilizado para los proyectos de diseño de redes en zonas rurales o de difícil acceso, esto ya que su costo de implementación resulta ser menor comparado con la infraestructura de fibra equivalente que se tendría que desplegar para dar cobertura a estas zonas, y también debido al reducido número de clientes o usuarios que hay en las zonas alejadas lo cual genera pocos beneficios en cuanto a tarifas de servicio a un operador de telecomunicaciones.

La tecnología de radioenlaces microondas brindan un ancho de banda continuo e ideal para su uso en redes de datos y redes de telefonía IP a velocidades que pueden soportar cientos de usuarios por canal de transmisión, asegurando una conexión robusta y fiable, así mismo permite llegar a zonas de difícil acceso donde no sería rentable instalar redes con cable de fibra óptica.

En el Perú hay ciudades y zonas rurales que presentan carencias en los servicios de comunicación, como es el internet, la telefonía fija, telefonía móvil entre otros, esta falta de servicios de telecomunicaciones limita el desarrollo productivo a los diferentes sectores de una determinada región, es por esto que es importante implementar una tecnología de comunicación adecuada a la zona de interés para

asegurar su correcto y continuo funcionamiento y de esta manera contribuir al desarrollo productivo en un determinado lugar.

El desarrollo de este trabajo de investigación involucra a los distritos de Huari y Cajay considerando las carencias, niveles de pobreza que presentan sus centros poblados, la cantidad de población en cada uno de ellos, y los beneficios sociales que se obtendrían al desarrollar un sistema de radioenlaces microondas para los servicios de internet e intranet en estos distritos, mejorando así la calidad de la educación, salud, gestión municipal y demás servicios públicos que hagan uso de esta red de radioenlaces.

1.2 Antecedentes del problema:

1.2.1. Porcentaje de niños(as) con nivel satisfactorio en matemática y lectura en el departamento de Ancash

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de niños del 4° grado de primaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en el departamento de Ancash durante el periodo 2016 – 2019 según INEI - Perú: Indicadores de Educación por Departamentos (2020).

Cuadro 1

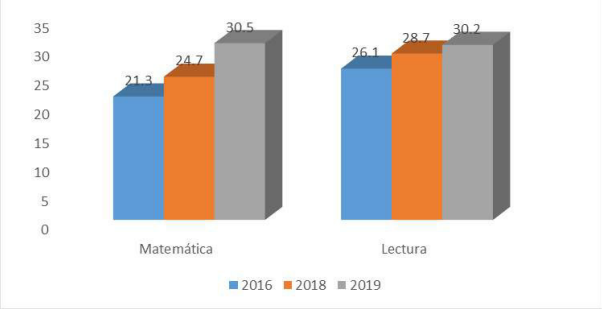
Porcentaje de estudiantes del 4° de primaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash

Año	Matemática	Lectura
2016	21.3	26.1
2018	24.7	28.7
2019	30.5	30.2

Fuente. Datos tomados del INEI - Perú: Indicadores de Educación por Departamentos (2020)

Figura 1

Porcentaje de estudiantes del 4° de primaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash



Nota. Porcentaje de estudiantes del 4° grado de primaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash durante el periodo 2016-2019. Elaborado con datos tomados del cuadro 1.

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de niños(as) del 2° grado de secundaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en el departamento de Ancash durante el periodo 2015 – 2019 según INEI - Perú: Indicadores de Educación por Departamentos (2020).

Cuadro 2

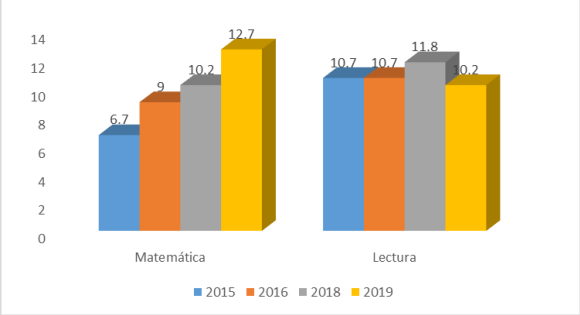
Porcentaje de estudiantes del 2° de secundaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash

Año	Matemática	Lectura
2015	6.7	10.7
2016	9	10.7
2018	10.2	11.8
2019	12.7	10.2

Fuente. Datos tomados del INEI - Perú: Indicadores de Educación por Departamentos (2020)

Figura 2

Porcentaje de estudiantes del 2° de secundaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash



Nota. Porcentaje de estudiantes del 2° grado de secundaria con nivel satisfactorio en matemática y lectura en Ancash durante el periodo 2015-2019. Elaborado con datos tomados del cuadro 2.

1.2.2. Número de habitantes por cada médico en el departamento de Áncash

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de habitantes por cada médico en el departamento de Áncash en el periodo 2010 – 2021 según INEI (2021).

Cuadro 3

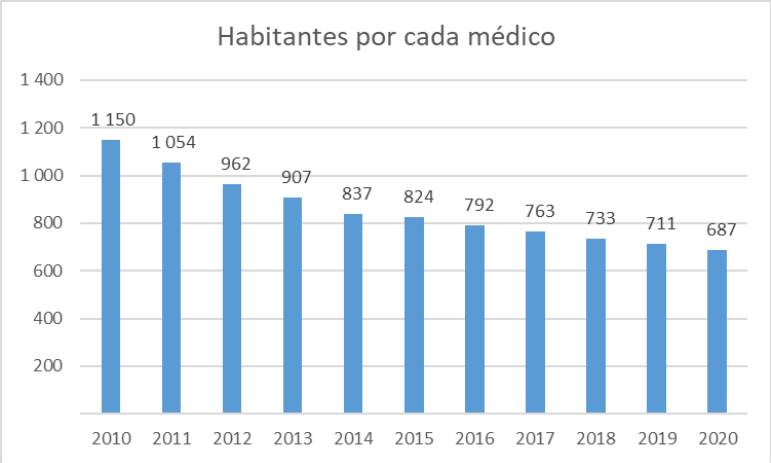
Número de habitantes por cada médico en el departamento de Áncash

Año	Habitantes por cada médico
2010	1 150
2011	1 054
2012	962
2013	907
2014	837
2015	824
2016	792
2017	763
2018	733
2019	711
2020	687

Fuente. Datos tomados del INEI (2021).

Figura 3

Número de habitantes por cada médico en el departamento de Áncash



Nota. Elaborado con datos tomados del INEI (2021).

1.2.3. Pobreza no monetaria en los distritos de Huari y Cajay

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad y porcentaje de población con al menos una necesidad básica insatisfecha (NBI) en los distritos de Huari y Cajay respectivamente.

Cuadro 4

Pobreza No Monetaria

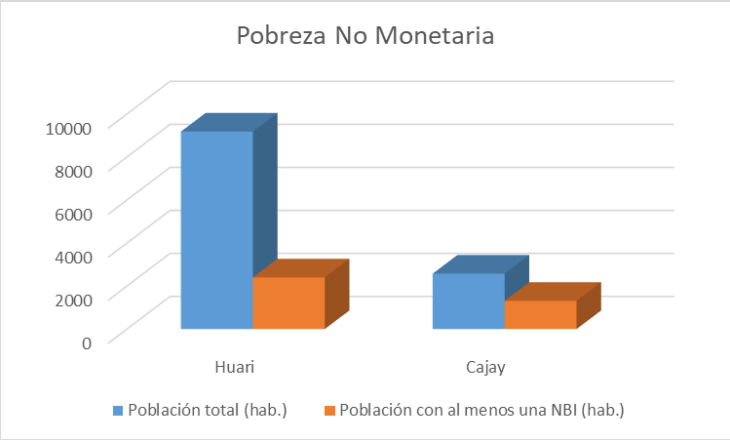
Distrito	Población con al menos una NBI (hab.)	Población con al menos una NBI (%)
Huari	2400	26.9
Cajay	1310	53.8

Fuente. Datos tomados del INEI (2017)

En el siguiente gráfico se muestra muestra la cantidad y porcentaje de población con al menos una necesidad básica insatisfecha (NBI) en los distritos de Huari y Cajay respectivamente.

Figura 4

Pobreza No Monetaria



Nota. Elaborado con datos tomados del INEI (2017).

1.3 Planteamiento del problema:

1.3.1 Determinación del problema

Las instituciones públicas requieren de un sistema de comunicación con acceso a internet e intranet, debido a que en la actualidad vivimos en un mundo globalizado en la que cualquier institución que quiera desarrollar sus funciones de manera óptima y competente en su respectivo campo laboral va a requerir acceso a la información ya sea para temas de investigación, coordinación, o gestión con otras instituciones de su mismo perfil o campo laboral.

Las instituciones públicas que son más comunes e imprescindibles en cualquier ciudad o centro poblado son colegios, establecimientos de salud, y

municipalidades. Sin embargo, pueden existir lugares o centros poblados en los que no exista ninguno de estas instituciones, en estos casos a falta de dichas instituciones suelen haber centros comunitarios.

En los distritos de Huari y Cajay se tienen centros poblados, muchos de estos centros poblados cuentan con instituciones públicas como las que se ha mencionado anteriormente. Muchas de las instituciones, sobretodo aquellas que se encuentran en centros poblados que están alejados de la capital de distrito, no cuentan con acceso a los servicios de internet o intranet. Por lo que es necesario un sistema de comunicación que permita interconectar a las instituciones de un mismo campo laboral y a su vez que les permita un acceso o conexión a internet estable.

1.3.2 Formulación del problema

1) Problema general

¿Cuál sería el diseño de una red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet?

2) Problema específicos

- ¿Cuál sería la topología de la red inalámbrica que conectará las principales localidades de los distritos?
- ¿Cuál sería la arquitectura de la red inalámbrica a diseñar?
- ¿Cuáles son los requerimientos de ancho de banda en cada una de las localidades de los distritos para los servicios de internet e intranet?
- ¿Cuál será el costo y/o presupuesto de implementación del diseño de red inalámbrica?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir la topología de la red inalámbrica que conectará las principales localidades de los distritos.
- Determinar la arquitectura de la red inalámbrica que se utilizará para el diseño.
- Evaluar los requerimientos de ancho de banda en cada una de las localidades que se conectarán a los servicios de internet e intranet de tal forma que contribuyan al diseño de la red inalámbrica.
- Determinar los costos y/o presupuesto para la implementación de la red inalámbrica

1.5 Importancia y alcance de la investigación

El servicio de internet y de interconexión de datos del cual hacen uso muchas personas en la actualidad es muy necesario e importante para una comunicación e intercambio de información fluida entre las principales entidades o instituciones del estado que brindan un servicio público o que cumplen una labor social, es por

esto que se debe garantizar a la población beneficiaria de estos servicios un buen funcionamiento de las comunicaciones ya que sirven para muchas áreas y más aún ante una posible situación de emergencia.

La realización de este trabajo de investigación considera la cantidad de población, el nivel de pobreza y las carencias o necesidades que presentan las instituciones de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay con relación a las TICs, debido a que esto influye en la falta de desarrollo en sistemas de atención rápidos y eficientes para el acceso a la información en instituciones como colegios, centros de salud, municipalidades, y centros comunitarios, es por esto que se propone el diseño de un sistema de radioenlaces microondas para proporcionar un mejor acceso a los servicios de conectividad a internet o datos a las instituciones beneficiarias y que permitan ampliar las capacidades de los mencionados distritos tanto para el desarrollo económico, educativo y de calidad de vida.

El sistema de radioenlaces microondas entre los distritos de Huari y Cajay tiene que contar con una infraestructura robusta y con la capacidad suficiente para proporcionar los servicios tanto de internet como de intranet con un buen ancho de banda y equipos de acceso adecuados para los usuarios, esta investigación es muy importante ya que en el marco de la realización de los proyectos de redes regionales de distribución de fibra óptica alrededor del Perú por parte del gobierno contribuye como una propuesta para su desarrollo a nivel de localidades, es decir se puede aprovechar el diseño de esta red para que los proyectos estatales lo puedan implementar.

1.6 Límitaciones de la investigación

La presente investigación que trata acerca del diseño de una red inalámbrica puede tener ciertas limitaciones las cuales detallamos a continuación:

La línea de vista o cobertura de los enlaces que se proyectan en las simulaciones puede no considerar al 100% todos los árboles, edificios, u obstáculos en las localidades o centros poblados, lo que puede afectar el correcto funcionamiento de los enlaces que se proponen para el diseño de la red inalámbrica. Por consiguiente, a pesar de que en este trabajo de investigación se haya utilizado dos diferentes softwares de diseño (Radio Mobile, ISP Design) y un sistema de información geográfica (Google Earth), siempre será útil y necesario verificar la línea de vista y cobertura de los enlaces en campo, esto si es que se desea implementar el diseño de red inalámbrica que se propone en esta tesis.

La presente investigación no toma en cuenta las opiniones, cantidad real de dispositivos finales (computadoras) que hay en cada una de las instituciones públicas para las cuales se realiza el diseño de red inalámbrica. Sin embargo, para hacer una estimación del número de dispositivos finales en cada institución se toma como referencias estadísticas de fuentes oficiales acerca de la cantidad de personal que hay en cada una de las instituciones, y estadísticas acerca de la cantidad promedio de personas por cada computadora según el tipo de institución.

Los costos y/o presupuestos que se proponen acerca de los equipos y materiales que se detallan en el diseño de red inalámbrica pueden variar con el tiempo, así mismo no se incluyen costos como el pago al personal técnico o profesional para la implementación del proyecto, solo se realiza el presupuesto para infraestructura, equipos, materiales, y accesorios.

CAPÍTULO 2:
REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico

2.1.1. Consideraciones sobre la propagación de ondas electromagnéticas

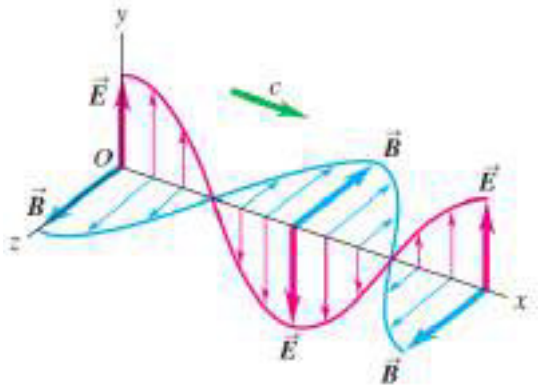
La ley de Faraday plantea que un campo magnético variable en el tiempo actúa como fuente de campo eléctrico, como lo demuestran las fuerzas electromotrices (fem) inducidas en los inductores y transformadores. La ley de Ampere, incluyendo la corriente de desplazamiento descubierta por Maxwell afirma que un campo eléctrico que cambia con el tiempo actúa como una fuente de campo magnético. Esta interacción mutua entre los dos campos se resume en las ecuaciones de Maxwell que muestran que un campo magnético variable en el tiempo actúa como fuente de campo eléctrico, y que un campo eléctrico que varía con el tiempo genera un campo magnético. Estos campos E (eléctrico) y B (magnético) se sostienen uno al otro y dejan de ser independientes de tal manera que originan una perturbación, capaz de propagarse a través del espacio, aun cuando no exista materia en la región intermedia, tal perturbación tendrá las propiedades de una onda, por lo que el término apropiado para nombrarla es onda electromagnética (Sears & Zemansky, 2009, p. 1093).

La propagación de ondas electromagnéticas se origina a partir de las oscilaciones o variaciones que presenta un campo eléctrico y magnético en el tiempo, estas

ondas son una forma en que la energía se transporta sin necesidad de tener que contar con un medio físico material.

Figura 5

Representación geométrica de una onda electromagnética



Nota. E representa el vector de campo eléctrico en el eje Y. B representa el vector de campo magnético en el eje Z. C representa la velocidad de la onda que tiene dirección en el eje X

La onda es transversal; tanto E como B son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. Los campos eléctrico y magnético también son perpendiculares entre sí. La dirección de propagación es la dirección del producto vectorial E x B

Hay una razón definida entre las magnitudes de E y B:

$$E = cB \ldots (1)$$

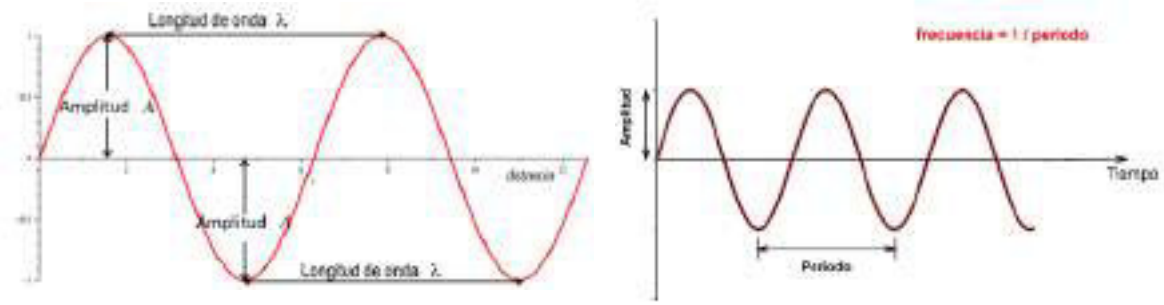
donde c es la velocidad de propagación de una onda electromagnética en el vacío (Sears & Zemansky, 2009, p. 1104).

Para estudiar cualquier onda electromagnética se hace necesario tener en cuenta los elementos que la conforman. Entre estos se encuentran los siguientes:

- Longitud de onda, que es la distancia entre dos puntos a partir de los cuales la onda se repite.
- Frecuencia. que es el número de veces que se repite la onda en una unidad de tiempo.
- Amplitud, que es la mayor perturbación de la onda en sí.
- Periodo, que viene a ser la inversa a la frecuencia.

Figura 6

Elementos de una onda electromagnética



La frecuencia f, la longitud de onda λ y la rapidez de propagación c de cualquier onda electromagnética guardan entre sí la conocida relación entre longitud de onda y frecuencia,

$$c = \lambda f \ldots (2)$$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío.

1) Ondas espaciales.

Las ondas espaciales son las que se propagan por el espacio. Esta clase de ondas corresponde a la energía irradiada que viaja en los kilómetros inferiores de la atmósfera terrestre. Dentro de las ondas espaciales podemos distinguir un tipo especial de ondas, que son las ondas troposféricas.

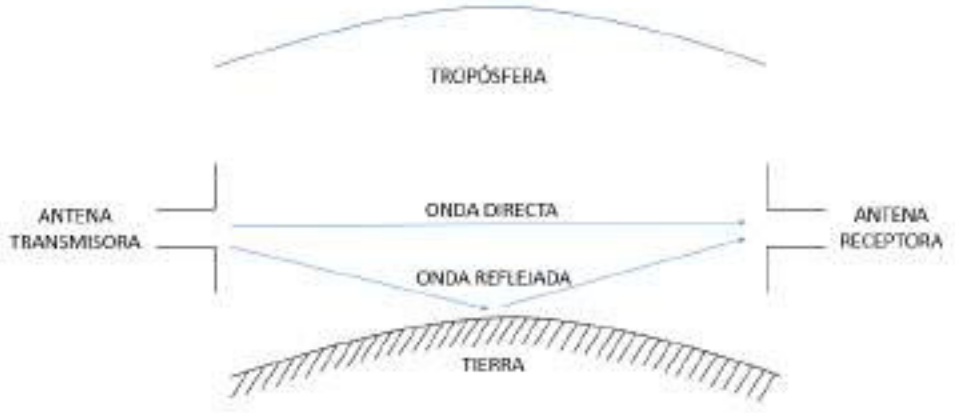
2) Ondas troposféricas.

Son las que se propagan por la troposfera (capa baja de la atmósfera que llega hasta los 10 kilómetros de altura). Las ondas troposféricas comprenden la propagación por ondas directas y reflejadas en el suelo.

La propagación por onda directa es aquella en la que la radiación va directamente desde la antena del transmisor a la del receptor es decir se necesita que entre las antenas exista una línea de visión, su alcance es limitado y sólo llega hasta el horizonte visible o poco más. Esta transmisión se encuentra limitada principalmente por la curvatura de la tierra. La curvatura de la tierra presenta un horizonte en la propagación de las ondas espaciales, que se suele llamar el horizonte de radio, la densidad del aire hace que el frente de onda que se irradia se incline gradualmente es por esta razón que este horizonte de radio se encuentra más lejano que el horizonte óptico. Con suficiente potencia una señal se puede propagar más allá del horizonte óptico. Otro tipo de propagación es por onda reflejada sobre la superficie terrestre.

Figura 7

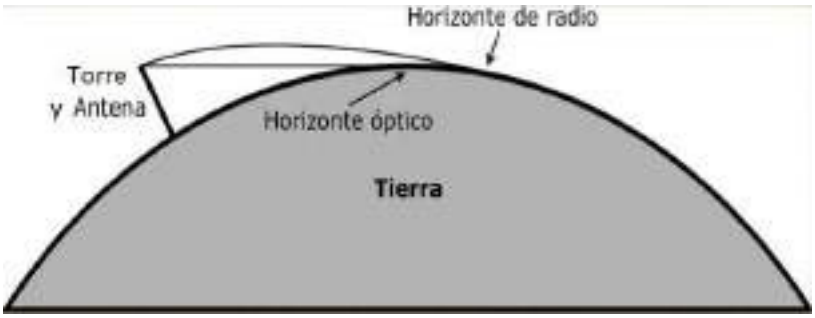
Tipos de ondas según su propagación



Nota. Las direcciones de propagación de los tipos de ondas están señaladas con una flecha. Se indica la curvatura de la tierra y la capa de la tropósfera.

Figura 8

Propagación por onda directa



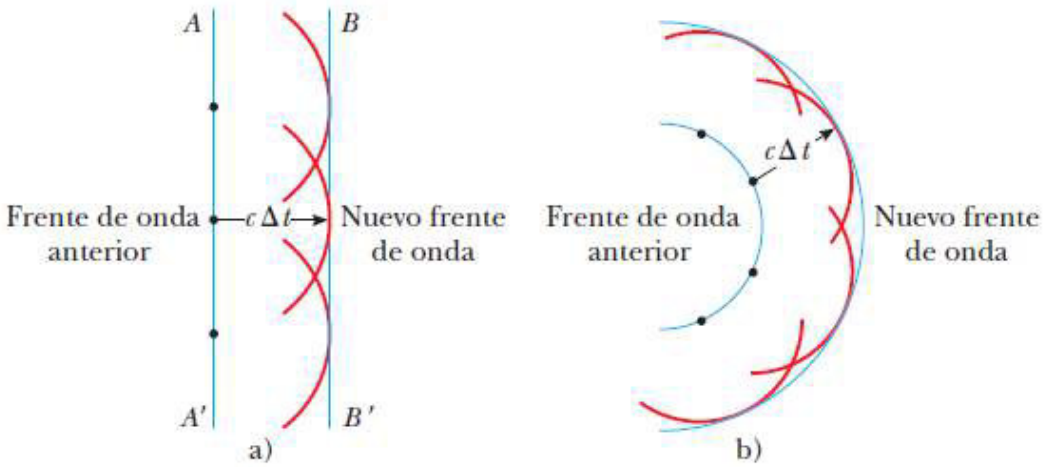
Nota. La onda directa tiene un alcance hasta el horizonte óptico (visible). Este tipo de onda es limitado por la curvatura de la tierra.

3) Principio de Huygens.

Christian Huygens (1629-1695) cerca del año 1680 propuso una construcción geométrica para determinar la posición de un frente de onda a partir del conocimiento de este mismo en un instante de tiempo anterior. En la construcción de Huygens todos los puntos en un frente de onda determinado se toman como fuentes puntuales para la producción de ondas esféricas secundarias, llamadas trenes de ondas, que se propagan por el medio con una velocidad que dependerá del medio y sus características. Después del intervalo de tiempo transcurrido una nueva posición del frente de onda quedará determinada por la superficie tangente a los trenes de ondas (Sears & Zemansky, 2009, p. 1144).

Figura 9

Aplicación del principio de Huygens



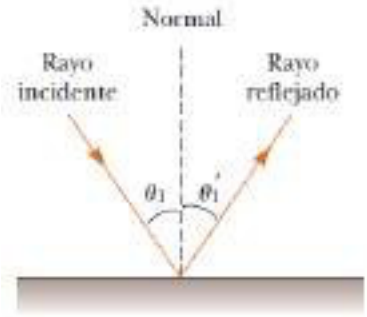
Nota. a) Frente de onda AA' plano genera un nuevo frente de onda BB' plano. b) Frente de onda AA' esférico genera un nuevo frente de onda BB' esférico. Las líneas rojas representan a los trenes de onda.

4) Reflexión.

La reflexión de las ondas electromagnéticas es el cambio de dirección de los rayos de las ondas que ocurre en un mismo medio después de incidir sobre la superficie de un medio distinto. Según la onda bajo reflexión, El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal todos están en el mismo plano. Así mismo el ángulo del rayo incidente y el de reflexión son iguales

Figura 10

Reflexión

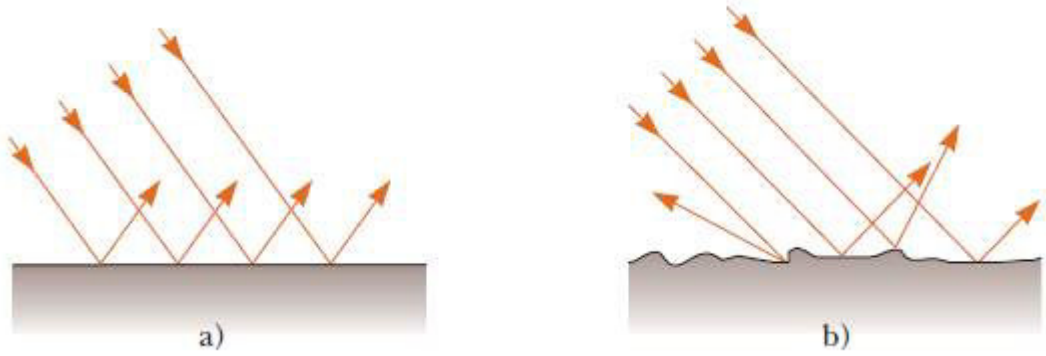


Nota. Θ_1 *es la medida del ángulo de incidencia y* Θ_1'*es la medida del ángulo de reflexión.*

La primera imagen (a) de la siguiente figura muestra varios rayos de un haz de luz incidente en una superficie reflectora lisa, semejante a espejo. Los rayos reflejados son paralelos entre sí, como se indica en la figura. La dirección de un rayo reflejado está en el plano perpendicular a la superficie reflectora que contiene al rayo incidente. La reflexión de luz desde esta superficie lisa se denomina reflexión especular. Si la superficie reflectora es rugosa, como se ve en la segunda imagen (b) de la figura, la superficie refleja los rayos no como un conjunto paralelo sino en varias direcciones. La reflexión desde cualquier superficie rugosa se conoce como reflexión difusa. Una superficie se comporta como superficie lisa mientras las variaciones de superficie son mucho menores que la longitud de onda de la luz incidente. (Sears & Zemansky, 2009, pp. 1024-1025)

Figura 11

Tipos de reflexión



Nota. a) Reflexión especular en superficie lisa. b) Reflexión difusa en superficie rugosa.

5) Refracción.

La refracción de las ondas electromagnéticas es el cambio de dirección de los rayos de ondas que ocurre tras pasar estos de un medio a otro que presenta diferentes características (índice de refracción) en el que las ondas se propagan con distinta velocidad. El rayo incidente, el refractado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en el mismo plano. El índice de refracción es el cociente de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio (Sears & Zemansky, 2009, p. 1105), es decir:

$$n = c/v \ldots (3)$$

Donde:

n = índice de refracción

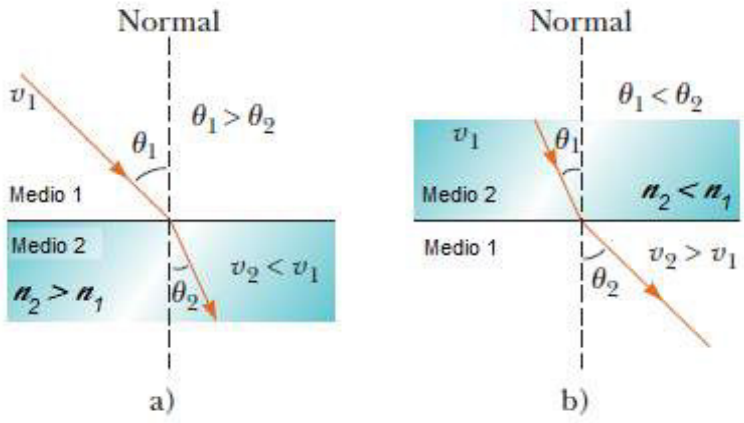
c = velocidad de la luz en el vacío

v = velocidad de la luz en el medio

Según la Ley de Snell, el ángulo de refracción que se muestra en la figura, depende de las propiedades de los dos medios y del ángulo de incidencia por medio de la correspondencia: $n_1 sen\Theta_1 = n_2 sen\Theta_2 \ldots (4)$

Figura 12

Refracción



Nota. a) Un rayo que entra a un medio con mayor índice de refracción se desvía hacia la normal. b) Un rayo que entra a un medio con menor índice de refracción se desvía alejándose de la normal. v1 es la rapidez de la luz en el medio 1 y v2 es la rapidez de la luz en el medio 2. n1 es el índice de refracción en el medio 1 y n2 es el índice de refracción en el medio 2

6) Difracción.

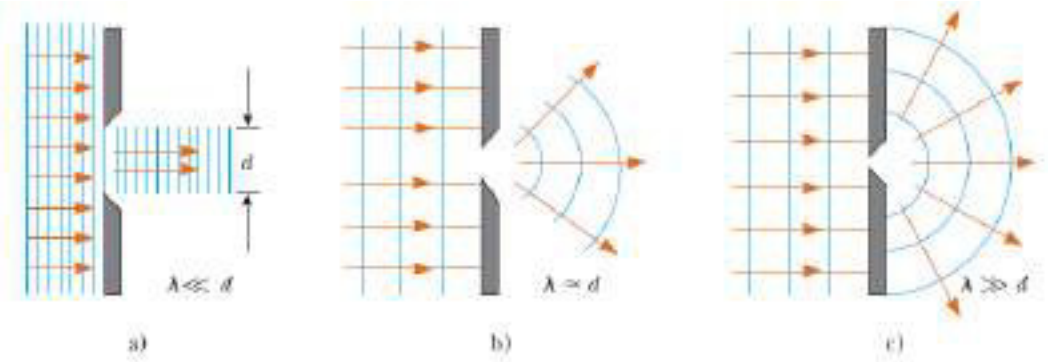
Podemos entender a la difracción como un fenómeno característico de las ondas, ya que esto se da cuando las ondas se desvían o distorsionan por la presencia de un obstáculo en su trayectoria de propagación.

Sears & Zemansky (2009, p. 1242) nos dicen que si la onda se encuentra con una barrera en la que hay una abertura circular cuyo diámetro es mucho mayor que la longitud de onda, como se ve en la primera imagen (a) de la siguiente figura, la onda que emerge de la abertura continúa moviéndose en línea recta (además de algunos pequeños efectos de borde); por tanto, la aproximación

de rayo es válida. Si el diámetro de la abertura es del orden de una longitud de onda, como en la segunda imagen (b), las ondas se extienden desde la abertura en todas direcciones. Este efecto se llama difracción, por último, si la abertura es mucho menor que la longitud de onda, la abertura se aproxima como una fuente puntual de ondas como muestra la tercera imagen (c).

Figura 13

Patrón de difracción de una onda en una ranura

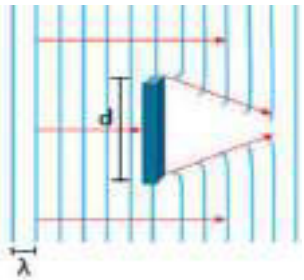


*Nota. "*λ" es la logitud de onda, "d" es el diámetro o ancho de la abertura o ranura.

Efectos similares se observan cuando las ondas se encuentran con un objeto opaco de dimensión d. En este caso, cuando λ << d, el cuerpo arroja una sombra nítida.

Figura 14

Patrón de difracción de una onda en un obstáculo



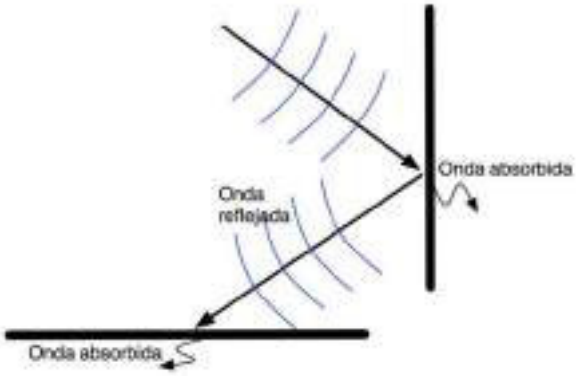
*Nota. "*λ" es la longitud de onda, "d" es el diámetro o ancho del obstáculo.

7) Absorción.

La absorción de la radiación de las ondas electromagnéticas se produce cuando la energía o radiación es captada por los objetos, materiales o medios a través de los que se propagan. Esta radiación, al incidir en un medio, puede, bien ser reflejada o bien transformarse en otro tipo de energía, como calor o energía eléctrica. Las ondas electromagnéticas transportan cantidad de movimiento lineal, así como energía. Cuando esta cantidad de movimiento es absorbida por alguna superficie, sobre ella se ejerce presión. Esta presión de radiación puede estar ejercida sobre una superficie perfectamente absorbente o una superficie perfectamente reflejante, o parcialmente absorbente y reflejante. La mayoría de objetos o materiales absorben energía de las ondas en determinado rango de frecuencias. Por ejemplo, aquellos que absorben en todo el rango de la luz visible son llamados materiales opacos, mientras que si dejan pasar dicho rango de frecuencias se les llama transparentes. En la figura por ejemplo se observa una superficie parcialmente absorbente y reflejante, y otra totalmente absorbente.

Figura 15

Absorción de una onda



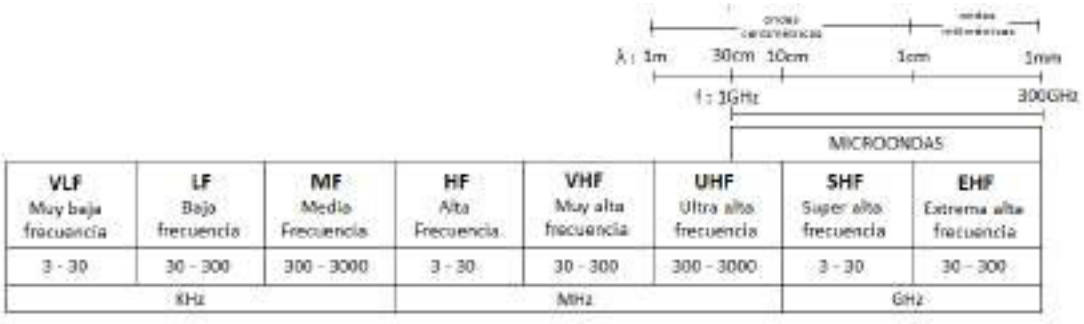
2.1.2. Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas

1) Microondas.

Se usa el término microondas para designar las ondas electromagnéticas comprendidas en la región de frecuencias UHF y EHF, generalmente frecuencias que van desde de 1 a 300 GHz (González Arias, 2001, p. 68). Los estándares IEC 60050 y IEEE 100 sitúan su rango de frecuencias entre 1 GHz y 30 GHz, es decir, longitudes de onda de entre 30 centímetros a 10 milímetros.

Figura 16

Ubicación de las microondas en el espectro radioeléctrico



Nota. Bandas de Radio (UIT, 2008). "λ" es la longitud de onda, "f" es la frecuencia.

Las microondas forman parte del espectro radioeléctrico el cual a su vez representa solo una pequeña porción de todo el espectro electromagnético existente en la naturaleza, dicho espectro radioeléctrico se utiliza para las comunicaciones inalámbricas a través de ondas de radio, las microondas son ondas electromagnéticas como la luz y al igual que está viajan a través del espacio libre con una velocidad c de 299 792 458 m/s. Las microondas se

propagan por el espacio libre con energía generada por un transmisor de radio e irradiada por una antena transmisora, posteriormente la energía se recibe del lado de una antena receptora y se procesa esta señal recibida en un receptor de radio. La radiación y recepción de esta energía son funciones de las antenas y también dependerá de la distancia que existe entre estas.

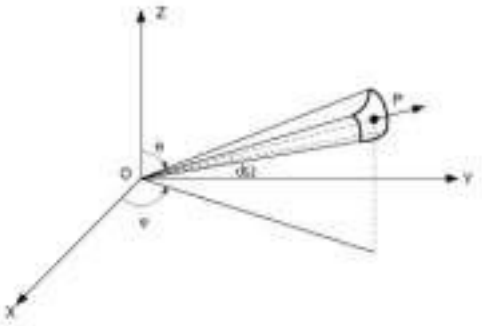
Las ondas electromagnéticas con longitudes de onda inferiores a unos pocos centímetros son absorbidas por las gotas de agua o por las nubes; las inferiores a 1.5 cm pueden incluso quedar absorbidas por el vapor de agua existente en una atmósfera limpia (González Arias, 2001, p. 68).

2) Enlace radioeléctrico en condiciones de espacio libre.

Una antena produce un campo de radiación que varía con la dirección, uno de los parámetros asociados a estas características es la densidad de flujo de potencia, la que se define como la potencia que fluye a través de una superficie elemental dS perpendicular a la dirección de propagación, su unidad de medida es en watt/m^2 (Hernando Rábanos, Riera, & Mendo, 2013, p. 46)

Figura 17

Representación geométrica de la densidad de flujo de potencia



Nota. Se observa un flujo de potencia en una superficie elemental dS el cual está en un sistema de coordenadas cartesianas espaciales con ejes X, Y, Z.

La densidad de flujo de potencia (Φ) a la distancia d, y con una potencia transmitida P_{tr} para una antena isótropa, será:

$$\Phi_{iso} = \frac{P_{tr}}{4\pi d^2} \ldots (5)$$

3) Potencia de transmisión

Así la potencia de transmisión para una antena isotrópica resulta:

$$P_{tr} = \Phi_{iso} 4\pi d^2 \ldots (6)$$

y para una antena arbitraria, de ganancia isotrópica g_t, resulta:

$$\Phi_{iso} = \frac{P_{tr}}{4\pi d^2} g_t \ \ldots (7)$$

$$P_{tr}{}' = \frac{\Phi_{iso} 4\pi d^2}{g_t} \ \ldots (8)$$

4) Potencia de recepción.

Se denomina potencia de recepción en un enlace de radiocomunicación a la potencia disponible en bornas de una antena adaptada. Considerando una antena receptora cuya superficie equivalente de recepción es S_{eq} y situada en un punto en el que hay una densidad de flujo de potencia Φ (Hernando Rábanos, Riera, & Mendo, 2013, p. 69).

$$P_r = \Phi S_{eq} \ \ldots (9)$$

Para una antena isótropa se tiene:

$$P_r = \Phi \frac{\lambda^2}{4\pi} \ldots (10)$$

y para una antena arbitraria, de ganancia isotrópica g_r, resulta:P_r

$$P_r' = \Phi \frac{\lambda^2}{4\pi} g_r \ldots (11)$$

5) Pérdida de espacio libre

Para el estudio de un radioenlace en espacio libre, considerando antenas isótropas, con el fin de obtener una caracterización independiente de las antenas utilizadas, se tiene que la pérdida básica de propagación en condiciones de espacio libre es:

$$l_b = \frac{P_{tr}}{P_r} = \frac{\Phi 4\pi d^2}{\Phi \frac{\lambda^2}{4\pi}} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \ldots (12)$$

Y en dB y unidades prácticas:

$$L_{bf} = 32.45 + 20\, log\, f(MHz) + 20\, log\, d(Km) \ldots (13)$$

6) Cálculo de un enlace radioeléctrico

Según Hernando Rábanos, Riera, y Mendo (2013, pp. 71-73) el balance del enlace es la relación que expresa la potencia disponible en el receptor en función de la potencia entregada por el transmisor y las diferentes pérdidas y ganancias que aparecen en el trayecto del transmisor al receptor. La ecuación general de cálculo del enlace es:

$$P_r(dB) = P_t(dB) - L_{tt}(dB) + G_t(dB) - L_b(dB) + G_r(dB) - L_{tr}(dB) \ldots (14)$$

P_r = Potencia de recepción

P_t = Potencia de transmisión

L_{tt} = Pérdida de los circuitos de acoplamiento de transmisión

L_{tr} = Pérdida de los circuitos de acoplamiento de recepción

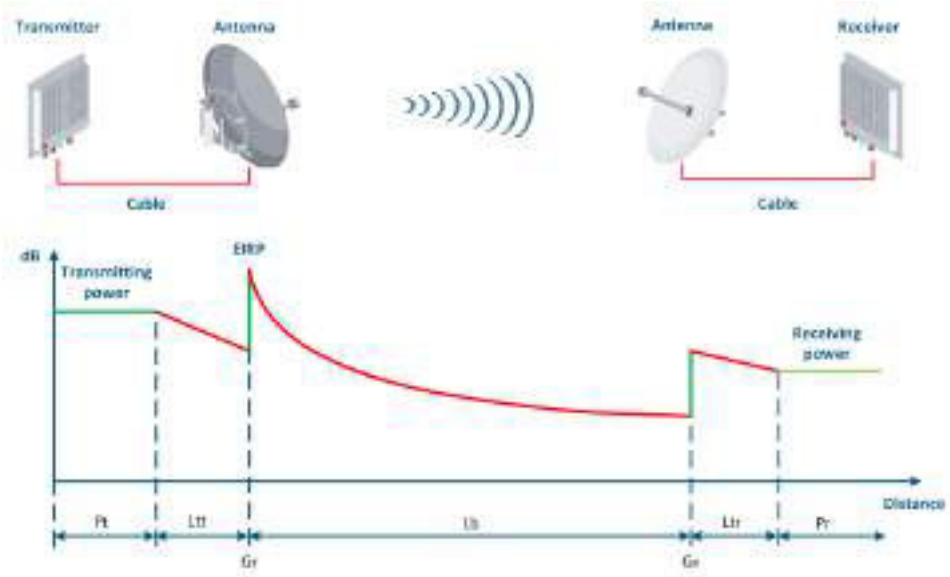
G_t = Ganancia de la antena de transmisión

G_r = Ganancia de la antena de recepción

L_b = Pérdidas básicas de propagación

Figura 18

Representación del cálculo de enlace



Nota. Los parámetros o variables que se muestran en la figura están explicados o detallados en la ecuación general del cálculo de enlace.

7) Margen de Fading

El margen de Fading o desvanecimiento es la diferencia entre el valor de recepción y el umbral o sensibilidad del radio receptor. Según Canal Camero (2006, p. 100) se debe considerar un margen de señal de 20 dBm como valor

mínimo para que garantice la estabilidad del sistema frente a los cambios producidos por los fenómenos atmosféricos, vientos o desalineamientos de las antenas.

$$Margen = P_r - S_r \geq 20\ dBm \ldots (15)$$

P_r = Potencia de recepción

S_r = Sensibilidad del receptor

8) Distancia

La distancia entre dos coordenadas geográficas es la medida de la línea que une a dichos puntos en el mapa. Así pues, si tenemos las coordenadas de un sitio A y un sitio B de la siguiente forma:

$$A = (x_1\ ;\ y_1)$$
$$B = (x_2\ ;\ y_2)$$

Donde:

x_1: $latitud\ de\ A\ expresado\ en\ grados\ decimales$

y_1: $longitud\ de\ A\ expresado\ en\ grados\ decimales$

x_2: $latitud\ de\ B\ expresado\ en\ grados\ decimales$

y_2: $longitud\ de\ B\ expresado\ en\ grados\ decimales$

Entonces se cumple que la distancia entre dichos puntos geográficos será:

$$d = R_T\left(\sqrt{\left(\frac{x_1\cdot\pi}{180°} - \frac{x_2\cdot\pi}{180°}\right)^2 + \left(\frac{y_1\cdot\pi}{180°} - \frac{y_2\cdot\pi}{180°}\right)^2}\right) \ldots (16)$$

d: $distancia\ entre\ A\ y\ B\ expresado\ en\ Km$

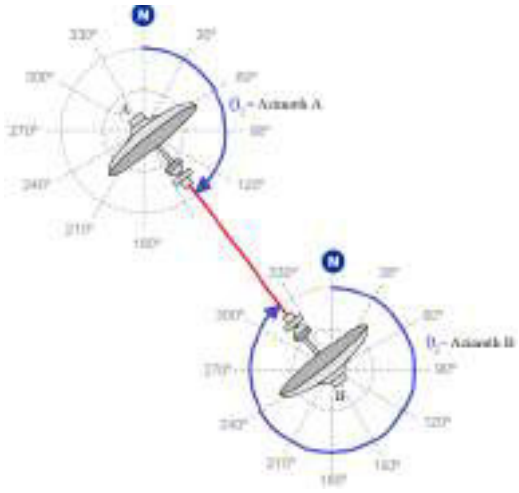
R_T: $Radio\ medio\ de\ la\ Tierra\ expresado\ en\ Km$

9) Azimuth

El azimuth es el ángulo formado entre la línea de dirección de referencia (norte) y la línea de vista, que corresponde a la línea formada entre la antena transmisora y receptora, ambas se encuentran en el mismo plano formando dicho ángulo. Este ángulo puede estar en el intervalo de 0° a 360°.

Figura 19

Representación del azimuth de las antenas de un enlace



Así pues, si tenemos las coordenadas de un sitio A y un sitio B de la siguiente forma:

$$A = (x_1\ ;\ y_1)$$
$$B = (x_2\ ;\ y_2)$$

Donde:

x_1: $latitud\ de\ A\ expresado\ en\ grados\ decimales$

y_1: $longitud\ de\ A\ expresado\ en\ grados\ decimales$

x_2: $latitud\ de\ B\ expresado\ en\ grados\ decimales$

y_2: $longitud\ de\ B\ expresado\ en\ grados\ decimales$

El valor del azimuth de la antena de un sitio dependerá de si la diferencia de las longitudes de ambos sitios del enlace resulte ser mayor o menor que cero. Asi pues por ejemplo para hallar el valor del Azimuth de la antena en el sitio A tendremos dos casos:

$$Si\ (y_2 - y_1) > 0\ \rightarrow\ Azimuth\ A = 90° - arctan\left(\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}\right) \ldots (17)$$

$$Si\ (y_2 - y_1) < 0\ \rightarrow\ Azimuth\ A = 270° - arctan\left(\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}\right) \ldots (18)$$

Esto teniendo en cuenta que el resultado de la función $arctan$ estará expresado en grados decimales y estará en el intervalo de -90° a +90° tal como dice su definición.

Para dos antenas A y B con línea de vista, se cumple:

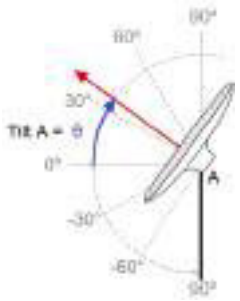
$$|Azimuth\ A - Azimuth\ B| = 180° \ldots (19)$$

10)Tilt

El tilt representa el ángulo de inclinación con respecto al plano que pasa por el centro de la antena y que es paralelo a la base del mástil, poste o torre que sostiene a la antena, este ángulo puede ser de elevación o de depresión, es decir teóricamente está en el intervalo de -90° a +90°. El Tilt se mide o calcula para el caso en que ambas antenas del enlace están alineadas.

Figura 20

Representación del tilt de una antena



Ahora se puede calcular el tilt de una antena en un punto A si se tiene la medida de la altitud y la altura a la cual es instalada la antena tanto en dicho punto como en el punto B donde se encuentra la otra antena, asi mismo se debe saber la distancia de separación entre dichos puntos geográficos. Entonces sean A y B dos puntos o coordenadas geográficas de un mismo enlace donde:

H_A: $Altitud\ de\ A\ expresado\ en\ m.s.n.m$
H_B: $Altitud\ de\ B\ expresado\ en\ m.s.n.m$
h_A: $Altura\ instalda\ de\ la\ antena\ en\ A\ expresado\ en\ m$
h_B: $Altura\ instalda\ de\ la\ antena\ en\ B\ expresado\ en\ m$
d: $distancia\ entre\ A\ y\ B\ expresado\ en\ Km$

Entonces se cumple que el tilt en el punto A se calcula de la siguiente forma:

$$Tilt\ A = -arctan\left(\frac{(H_A+h_A)-(H_B+h_B)}{1000 \cdot d}\right) \ldots (20)$$

$Tilt\ A$: $Expresado\ en\ grados\ decimales$

Para dos antenas A y B que están alineadas, se cumple:

$$Tilt\ A = -Tilt\ B \ldots (21)$$

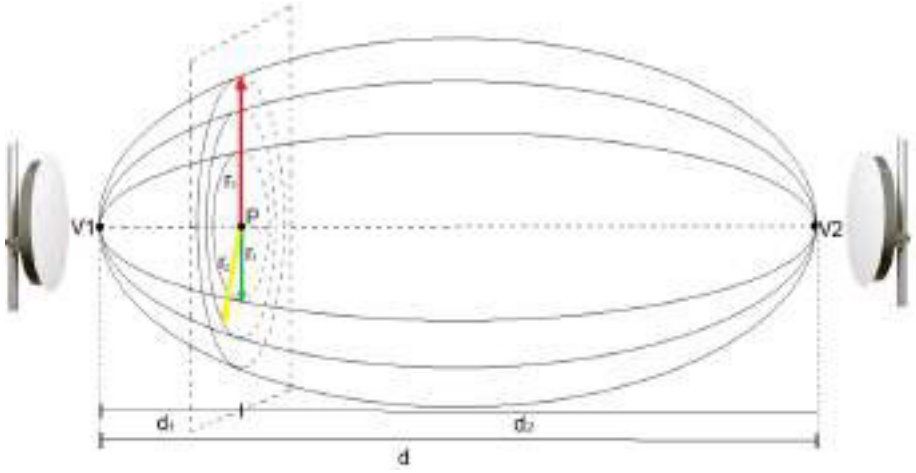
11) Zonas de Fresnel

El volumen de concentración de energía de las ondas electromagnéticas de un enlace microondas con línea de vista se puede representar geométricamente mediante elipses de revolución, de tal forma que las antenas de transmisión y recepción se ubiquen en los vértices de dichas elipses. Así pues, la mayor concentración de energía estará en la zona que se encuentre

más cerca al eje de la elipse, mientras que las zonas que se encuentren más próximas a la periferia tendrán menor concentración de energía. Las zonas de Fresnel son áreas del espacio libre en donde existe una densidad de flujo electromagnético que es resultado de un enlace microondas alineado, estas zonas de Fresnel están representadas geométricamente por los diferentes círculos concéntricos que se proyectan o describen en la sección o plano transversal de los diferentes elipsoides de revolución ya mencionados, de esta manera aquellas regiones que están más cerca al centro de estos círculos tendrán mayor densidad de flujo de ondas electromagnéticas y las zonas que se encuentran en la periferia tendrán una menor densidad de flujo electromagnético. Así pues, puede haber N zonas de Fresnel en un determinado punto del enlace, además si se llega a conocer el valor de la distancia que hay entre dicho punto y una de las antenas, así como también la distancia total del enlace, y la frecuencia de la señal transmitida, se puede calcular el radio de las N zonas de Fresnel para el punto mencionado.

Figura 21

Representación geométrica de las zonas de Fresnel



Nota. $r_1, r_2,$ y r_3 son los radios de la 1°,2° y 3° zona de Fresnel respectivamente. V1 y V2 son vértices del elipsoide de revolución. d_1 es la distancia de V1 hasta P. d_2 es la distancia de P hasta V2.

En un radioenlace se transmite energía a través de ondas electromagnéticas entre un emisor y un receptor, esta energía posee una densidad de flujo de potencia como se ha descrito anteriormente. En un radioenlace existen pérdidas por difracción las cuales ocurren por el bloqueo u obstrucción de ondas secundarias, es decir aquellas que se originan por un frente de onda que se ha emitido previamente, tal como se menciona en el principio de Huygens. Estos bloqueos u obstrucciones originan zonas de sombra y por ende el bloqueo de la energía de cualquiera de las zonas de Fresnel.

Según Rappaport, T. S. (2002, pp. 93-96) las zonas de Fresnel explican la pérdida por difracción con respecto a la diferencia de trayectoria de las ondas alrededor de una obstrucción. Las zonas de Fresnel representan regiones sucesivas donde las ondas o rayos secundarios tienen una longitud de ruta desde el transmisor hasta el receptor que son de $n\frac{\lambda}{2}$ mayores que la longitud total de una trayectoria de la onda o rayo con línea de vista directa, donde n representa el número de orden de la zona de Fresnel y λ la longitud de onda de la señal transmitida. En la figura anterior se muestra un plano transversal vertical ubicado entre un transmisor y un receptor. Los círculos concéntricos en el plano representan el lugar de las ondas secundarias del nuevo frente de onda en ese plano y que continúa propagándose hacia el receptor. Las zonas sucesivas de Fresnel tienen el efecto de proporcionar alternativamente interferencia constructiva y destructiva a la señal recibida total. El radio del entonces círculo de la zona de Fresnel se denota por r_n

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \ldots (22)$$

Donde:

r_n= radio de la zona de Fresnel (n=1,2,3...).

d_1= distancia desde el transmisor al centro del elipsoide en metros.

d_2= distancia desde el centro del elipsoide al receptor en metros.

λ = longitud de onda de la señal transmitida en metros.

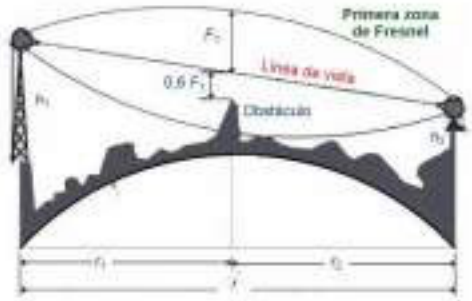
El radio de los círculos concéntricos depende de la posición del plano a lo largo de la distancia del enlace. Las zonas de Fresnel que se observan en la Figura 17 tendrán un máximo de radio en el plano transversal vertical que se ubica en la mitad de la distancia entre la antena transmisora y receptora, y se vuelve más pequeño a medida que se acerca a cualquiera de las dos antenas.

La teoría de la difracción indica que el trayecto directo entre el transmisor y el receptor debe estar libre de obstáculos, a partir de una altura por encima del suelo igual, como mínimo, al 60% del radio de la primera zona de Fresnel para que se cumplan las condiciones de propagación en el espacio libre (ITU, 2021, UIT-R P.530-18)

Es decir, que para que el nivel de recepción sea igual al valor obtenido en las fórmulas de de propagación en espacio libre, es suficiente tener libre al menos el 60% de la primera zona de Fresnel a lo largo de todo el trayecto.

Figura 22

Mínimo despejamiento en un enlace



Nota. F_1 es el radio de la 1° zona de Fresnel. r_1 es la distancia de la primera antena (lado izquierdo) hasta el obstáculo. r_2 es la distancia del obstáculo hasta la segunda antena (lado derecho).

Según Ramírez (2015, p. 222) el claro o despejamiento que debe existir entre la trayectoria directa y el obstáculo en cualquier punto del elipsoide de la primera zona de Fresnel se calcula con la ayuda del radio F_1 de la 1° zona de Fresnel mediante la fórmula:

$$Despejamiento = 0.6(F_1) \ldots (23)$$

12)Modulación digital en radioenlaces microondas

La portadora y la señal modulada son analógicas como las señales AM y FM, pero la señal moduladora si es digital. La modulación digital se divide en tres clases:

FSK (Frequency shift keying) Codificación por cambio de frecuencia

PSK (Phase shift keying) Codificación por cambio de fase.

QAM (Quadrature amplitude modulation) En este caso se cambia la amplitud y fase de la portadora según la modulación/señal digital que representa los datos.

Ventajas de la modulación digital:

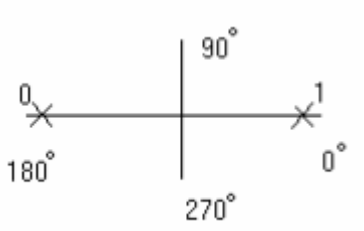
- Inmunidad frente al ruido.
- Fácil de multiplicar.
- Codificado, encriptación.
- Modulación-Demodulación con DSPs.

13)Modulación BPSK y MPSK

En BPSK se varia la fase de la portadora para transmitir información de una tira de bits. Utiliza 2 fases o estados y 1 solo bit por símbolo. Dos fases separadas 180º, una con símbolo “0”, otra con símbolo “1”. El símbolo viene a ser la representación del estado o fase en términos de bits.

Figura 23

Diagrama de constelación para BPSK



También puede usarse múltiples fases, denotando a la modulación como MPSK, donde M será variable y dependerá de la cantidad de estados que se utilizan. El numero M de fases que es usado es M = 2^n donde n es el número de bits por símbolo, y varia generalmente de 2 a 16.

Se introduce la fase de la portadora en cada uno de los diferentes M-estados.

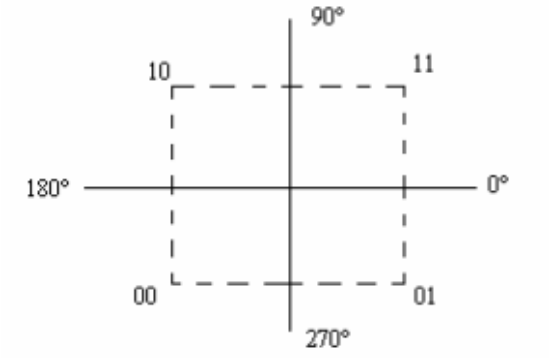
M = 2 → PSK - binaria (dos fases separadas 180º, una con símbolo “0”, otra con símbolo “1”)

M = 4 → PSK – cuaternaria (cuatro fases separadas 90º, con símbolos “00”, “01”, “10”, y “11”)

La modulación 4-PSK podría tener diferentes fases, pero con la misma separación de 90° entre cada una de ellas como se observa en el cuadro 5.

Figura 24

Diagrama de constelación para 4-PSK o QPSK



Así mismo puede haber diferentes constelaciones de 4PSK, con diferentes fases, pero manteniendo la diferencia de 90° entre cada fase.

Cuadro 5

Recomendaciones ITU para 4-PSK o QPSK

	00	**01**	**11**	**10**
$\mathbf{V_{22}}$	90º	0º	270º	180º
$\mathbf{V_{26}}$	0º	90º	180º	270º
$\mathbf{V_{26bis}}$	45º	135º	225º	315º

Nota. $\mathrm{V}_{22}, \mathrm{V}_{26}, \mathrm{y}\ \mathrm{V}_{26\mathrm{bis}}$ son recomendaciones de la ITU para modulaciones en QPSK.

Cuando M = 4 en la modulación MPSK se le llama QPSK.

Es decir, mientras la modulación o número M sea mayor, entonces se transmitirá más bits por cada símbolo.

14)Modulación QAM y MQAM

QAM resulta de una combinación de modulación en fase y modulación en amplitud, se varía la amplitud y la fase de la portadora para transmitir información de una tira de bits. La eficiencia espectral de QAM es la misma que PSK. QAM tiene mejor eficiencia en potencia. Ya que un estado en este tipo de modulación esta compuesto por variación de amplitud y fase a la vez, este número de estados no necesariamente va a coincidir con el número de fases o amplitudes como en el caso de MPSK.

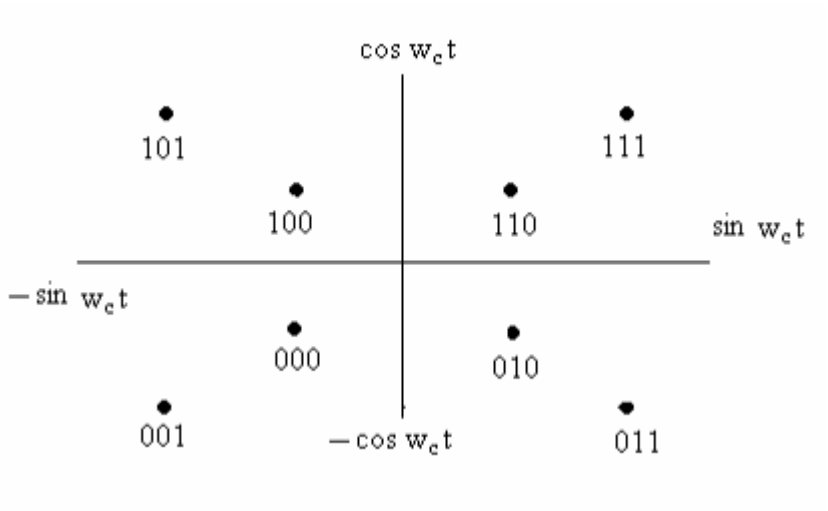
También puede usarse múltiples estados, denotando a la modulación como MQAM, donde M será variable y dependerá de la cantidad de estados que se utilizan. El numero M de estados que es usado es M = 2^n donde n es el número de bits por símbolo, y varia generalmente de 2 a 16.

8QAM:

- La amplitud varía entre dos valores
- La fase varía entre cuatro valores o entre ocho
- El número de estados es ocho, es decir, el número de fases no necesariamente es igual al número de estados.

Figura 25

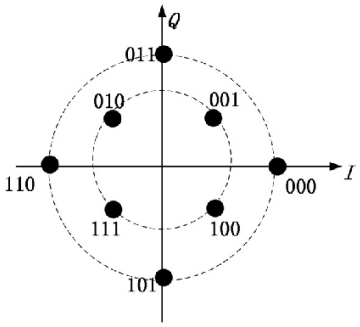
Diagrama de constelación 4 fases para 8QAM



Nota. W_c es la frecuencia angular de la portadora. Presenta 2 amplitudes y 4 fases.

Figura 26

Diagrama de constelación 8 fases para 8-QAM



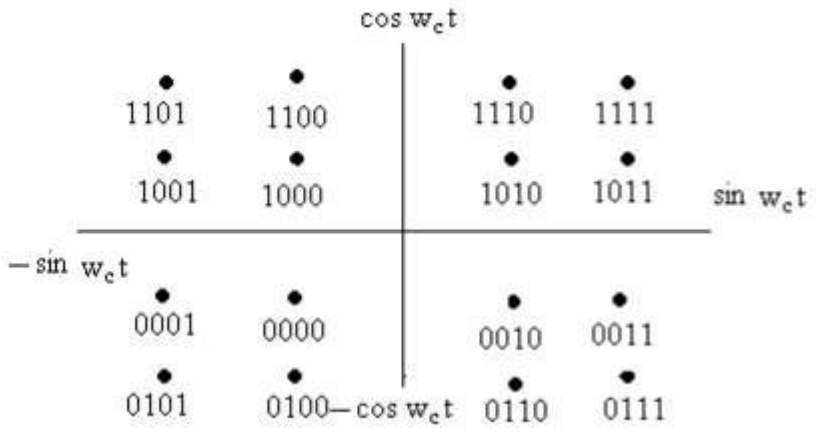
Nota. Presenta 2 amplitudes y 8 fases.

16QAM:

Las tiras de datos a transmitir se agrupan en cuatro bits por símbolo, de tal forma que hay 16 estados.

Figura 27

Diagrama de constelación para 16-QAM



Nota. W_c es la frecuencia angular de la portadora. Presenta 3 amplitudes y 16 fases.

2.1.3. Atenuación por lluvia en la propagación de ondas electromagnéticas

La lluvia puede ser un problema para la propagación de ondas de espacio, esto debido a que la lluvia causa atenuación de la señal transmitida por absorción. Podemos hacer el cálculo de esta atenuación siguiendo el modelo de la Recomendación UIT-R P.838-3 (ITU, 2005) que nos dice lo siguiente:

La atenuación específica γ_R (dB/km) se obtiene a partir de la intensidad de la lluvia R (mm/h) mediante la ley potencial:

$$\gamma_R = kR^{\alpha} \qquad \ldots(24)$$

Los valores de los coeficientes k y α se determinan en función de la frecuencia, f (GHz), en la gama de 1 a 1 000 GHz, a partir de las ecuaciones siguientes, que se han obtenido mediante el ajuste de curvas a los coeficientes de la ley potencial derivados de cálculos de dispersión:

$$\log_{10} k = \sum_{j=1}^{4} \left(a_j \exp\left[-\left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j} \right)^2 \right] \right) + m_k \log_{10} f + c_k \qquad ...(25)$$

$$\alpha = \sum_{j=1}^{5} \left(a_j \exp\left[-\left(\frac{\log_{10} f - b_j}{c_j} \right)^2 \right] \right) + m_\alpha \log_{10} f + c_\alpha \qquad ...(26)$$

donde:

f: frecuencia (GHz)

k: puede ser k_H o k_V

α: puede ser α_H o α_V.

En el Cuadro 6 se indican los valores de las constantes para el coeficiente k_H de polarización horizontal, y en el Cuadro 7 para el coeficiente k_V de polarización vertical. En el Cuadro 8 se indican los valores de las constantes para el coeficiente α_H de polarización horizontal, y en el Cuadro 9 para el coeficiente α_V de polarización vertical.

Cuadro 6

Coeficientes para k_H

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	–5,33980	–0,10008	1,13098	–0,18961	0,71147
2	–0,35351	1,26970	0,45400		
3	–0,23789	0,86036	0,15354		
4	–0,94158	0,64552	0,16817		

Nota. Datos tomados de Recomendación UIT-R P.838-3 (ITU, 2005)

Cuadro 7

Coeficientes para k_V

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	–3,80595	0,56934	0,81061	–0,16398	0,63297
2	–3,44965	–0,22911	0,51059		
3	–0,39902	0,73042	0,11899		
4	0,50167	1,07319	0,27195		

Nota. Datos tomados de Recomendación UIT-R P.838-3 (ITU, 2005)

Cuadro 8

Coeficientes para α_H

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	–0,14318	1,82442	–0,55187	0,67849	–1,95537
2	0,29591	0,77564	0,19822		
3	0,32177	0,63773	0,13164		
4	–5,37610	–0,96230	1,47828		
5	16,1721	–3,29980	3,43990		

Nota. Datos tomados de Recomendación UIT-R P.838-3 (ITU, 2005)

Cuadro 9

Coeficientes para α_V

j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	–0,07771	2,33840	–0,76284	–0,053739	0,83433
2	0,56727	0,95545	0,54039		
3	–0,20238	1,14520	0,26809		
4	–48,2991	0,791669	0,116226		
5	48,5833	0,791459	0,116479		

Nota. Datos tomados de Recomendación UIT-R P.838-3 (ITU, 2005)

Para la polarización lineal y circular, y para cualquier geometría del trayecto, los coeficientes de la ecuación (1) pueden calcularse mediante los valores de las ecuaciones (2) y (3) utilizando las ecuaciones siguientes:

$$K = [K_H + K_V + (K_H - K_V)\cos^2\theta\cos 2\tau]/2 \ \ldots (27)$$

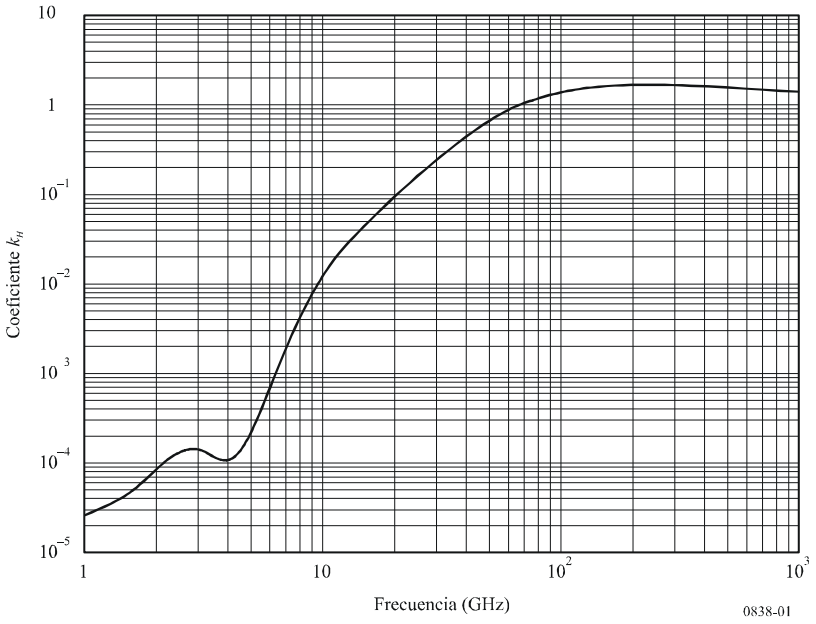
$$\alpha = [K_H\alpha_H + K_V\alpha_V + (K_H\alpha_H - K_V\alpha_V)\cos^2\theta\cos 2\tau]/2K \ \ldots (28)$$

donde Θ es el ángulo de elevación del trayecto y τ es el ángulo de inclinación de la polarización con respecto a la horizontal (τ = 45° para la polarización circular).

Para facilitar su consulta, los coeficientes *k* y α se muestran gráficamente en las Figs. 24 a 27, y en el Cuadro 10 se indican los valores numéricos de los coeficientes en las frecuencias de 5 a 6 GHz.

Figura 28

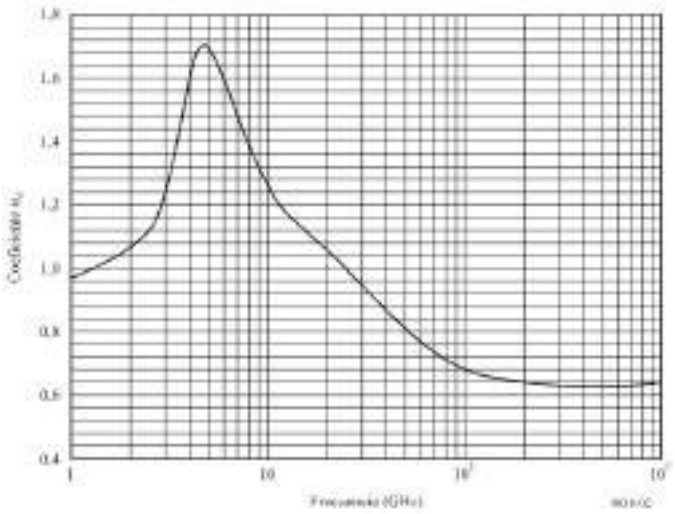
Coeficiente k de polarización horizontal



Nota. Imagen tomada de Recomendación UIT-R P.838-3 (ITU, 2005)

Figura 29

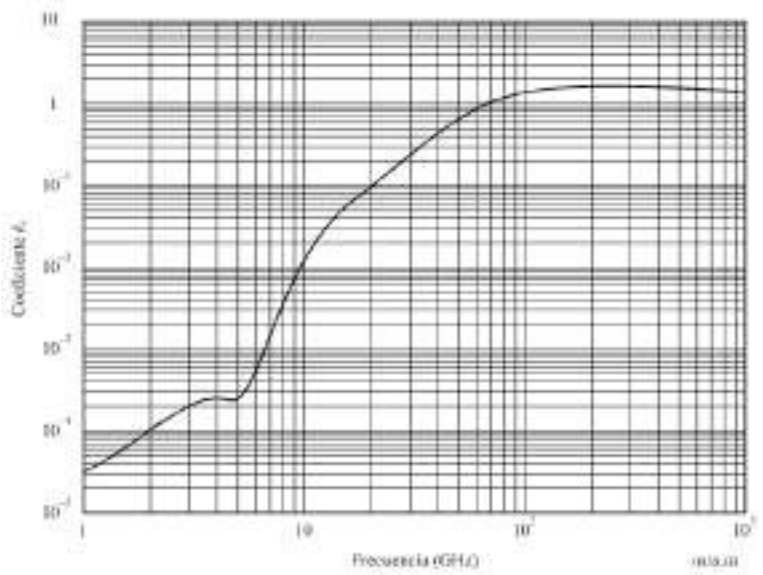
Coeficiente α de polarización horizontal



Nota. Imagen tomada de Recomendación UIT-R P.838-3 (ITU, 2005)

Figura 30

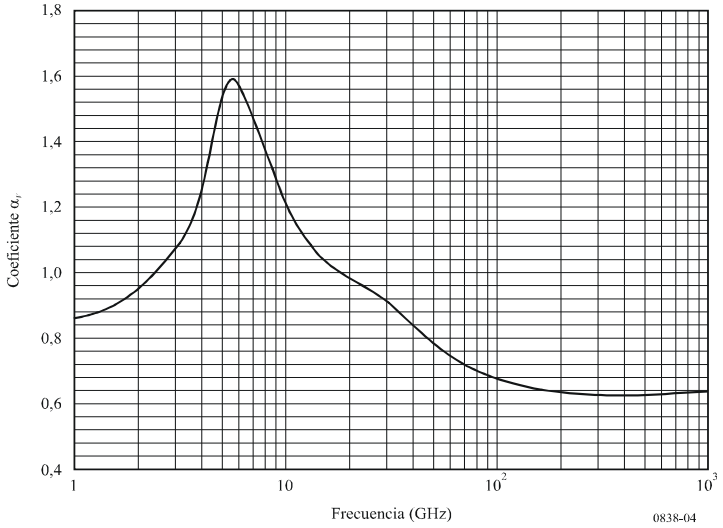
Coeficiente k de polarización vertical



Nota. Imagen tomada de Recomendación UIT-R P.838-3 (ITU, 2005)

Figura 31

Coeficiente α de polarización vertical



Nota. Imagen tomada de Recomendación UIT-R P.838-3 (ITU, 2005)

Cuadro 10

Coeficientes para la atenuación específica en frecuencias de 5 - 6 GHz

Frecuencia (GHz)	K_H	α_H	K_V	α_V
5	0,0002162	1,6969	0,0002428	1,5317
5,5	0,0003909	1,6499	0,0003115	1,5882
6	0,0007056	1,5900	0,0004878	1,5728

Nota. Los coeficientes se obtienen reemplazando los datos de los cuadros 6,7,8, 9 y la frecuencia respectiva en las ecuaciones 25 y 26.

2.1.4. Infraestructura y equipos para radioenlaces microondas

1) Equipos:

IDU: Es el módem que interconecta la radio con los dispositivos de la red. Puede poseer interfaces Ethernet, TDM, etc.

ODU: Es la unidad radio, la cual tiene establecida una frecuencia de sintonización y sub banda de trabajo que contiene a dicha frecuencia (High o Low).

Antena: Es un dispositivo pasivo que determinará la forma en la que se llevará a cabo la radiación de la potencia. El alcance del enlace dependerá de la correcta elección de la misma.

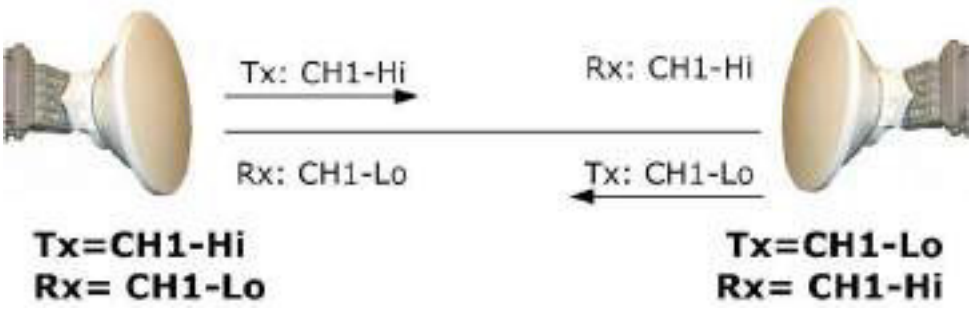
Acoplador: Dispositivo que permite llevar a cabo la combinación de la señal de dos radios por una sola antena. Muy empleado en despliegues que empleen XPIC (emisiones en polarización cruzada).

Cableado: Depende del tipo de instalación y de la marca o modelo del equipo de radio que se utilice. El cableado requerido puede variar entre guía de ondas, cable coaxial, par trenzado (UTP) o fibra óptica.

Si el enlace utiliza el modo duplexación por división de frecuencia (FDD) entonces las ODUs deben encontrarse en la frecuencia adecuada, no sólo en cuanto a canal sino también en cuanto a sub banda (Hi-Lo), es decir el enlace debe estar compuesto por dos radios en el mismo canal, pero en sub bandas diferentes. Por ejemplo, si un equipo está transmitiendo por el canal 1-Hi (Tx-Hi) y recibiendo por el canal 1-Lo (Rx-Lo), entonces el equipo que está en el sitio opuesto del enlace debe estar transmitiendo por el canal 1-Lo (Tx-Lo) y recibiendo por el canal 1-Hi (Rx-Hi). En la siguiente figura se ilustra y describe lo mencionado anteriormente.

Figura 32

Enlace en modo duplexación por división de frecuencia (FDD)



2) Arquitectura de instalación de equipos microondas:

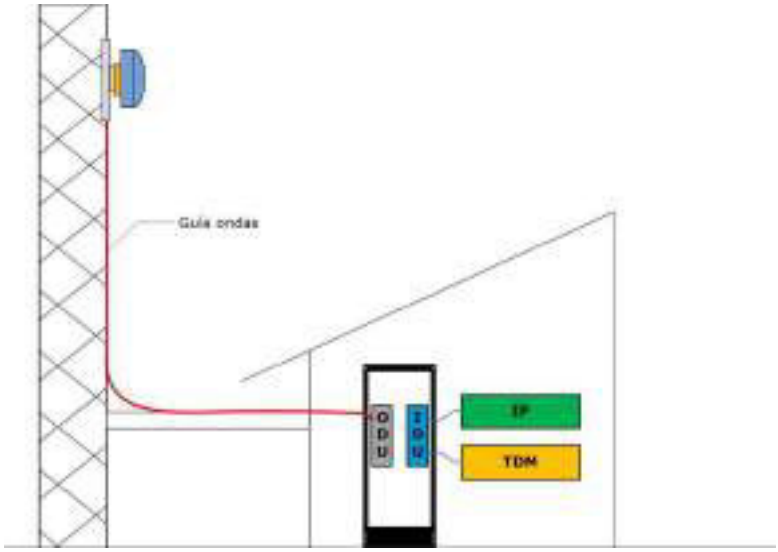
Según Telequismo (2012) la arquitectura de la instalación de los equipos puede ser de tres formas: all indoor, all outdoor y split mount que vamos a explicar a continuación.

All Indoor

Se trata de instalaciones en las que los elementos activos se instalan en el rack o armario ubicado en el interior de las instalaciones para lo cual se requerirá espacio. Es decir, IDU y ODU se instalan en el interior y tan solo la antena se instala en la torre o en el exterior. Este tipo de instalación tiene ventajas en cuanto al mantenimiento de los equipos o elementos activos ya que no requiere que dicho trabajo se haga en altura o en torre, salvo para la antena o sus conexiones con esta.

Figura 33

Arquitectura All Indoor



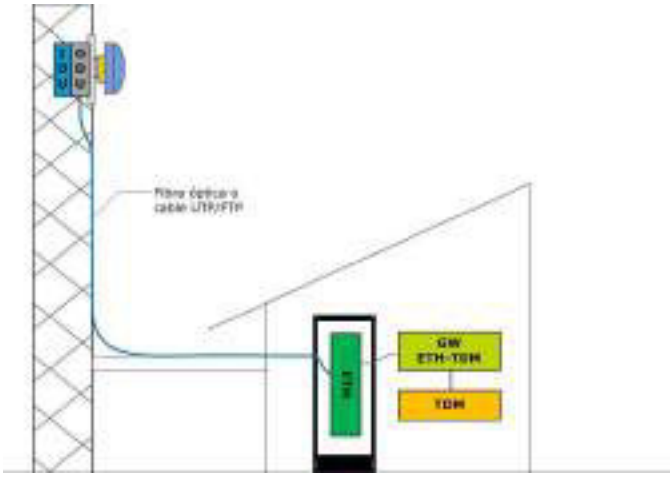
Nota. Imagen tomada de Telequismo (2012). IP se refiere a equipos que usan el Protocolo de Internet. TDM se refiere a equipos que usan la Multiplexación por División de Tiempo.

All Outdoor

Este otro escenario de instalación contempla la instalación de los elementos activos de manera conjunta en un solo dispositivo y está diseñado para instalaciones de exterior en el que incluye IDU y ODU, quedando esta última anexa a la antena. Este tipo de instalación tiene ventajas como no requerir espacio en rack, permitir montaje directo ODU-Antena, cableado sencillo, y aporta un nivel de seguridad mayor en cuanto a la posibilidad de acceso al equipamiento. Sin embargo, si se requiere hacer un mantenimiento de dichos equipos se hará un poco complicado por lo que se necesitará personal especializado en trabajos de altura.

Figura 34

Arquitectura All Outdoor



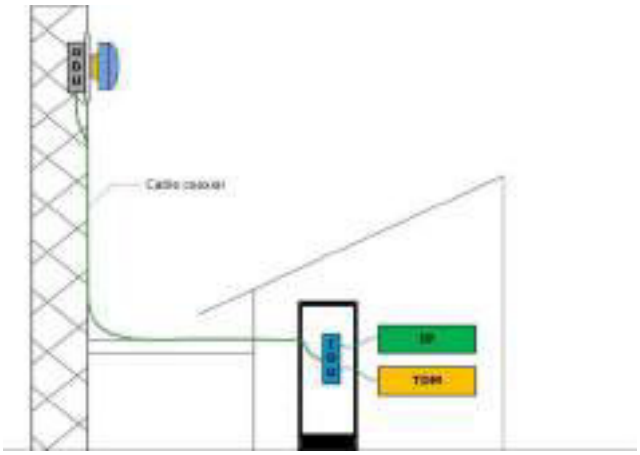
Nota. Imagen tomada de Telequismo (2012). GW se refiere a un equipo Gateway. ETH se refiere a equipos que usan el protocolo ethernet. TDM se refiere a equipos que usan la Multiplexación por División de Tiempo.

Split Mount

Split mount es aquel en el que la IDU (módem) queda ubicado en el armario de comunicaciones correspondiente y tanto ODU como antena quedan ubicadas en el exterior. El cableado entre IDU y ODU es un coaxial con ciertas características que dependerán de la distancia entre ambas y la frecuencia intermedia en la que viaja la señal. Hay que tener en cuenta que la señal entre IDU y ODU no se transporta por el cable a la frecuencia de trabajo (por ejemplo 5 GHz) si no que lo hace a una frecuencia intermedia que suele estar en el orden de los 400 MHz con lo que las pérdidas introducidas por el cable no suelen ser delimitantes en un diseño, aunque sí deben ser tenidas en cuenta. Requiere poco espacio en rack.

Figura 35

Arquitectura Split Mount



Nota. Imagen tomada de Telequismo (2012). IP se refiere a equipos que usan el Protocolo de Internet. TDM se refiere a equipos que usan la Multiplexación por División de Tiempo.

3) Tipos de torres de telecomunicaciones:

Entre las más usadas actualmente tenemos:

Torres autosoportadas

Según Vidal San Roman (2011) menciona sobre este tipo de torres que "se definen como aquella estructura metálica auto estable reticulada que se puede soportar por sí misma, es decir no requiere de elementos externos para sostenerse como el caso de las torres atirantadas, las cuales necesitan cable y / o riostras para mantenerse en pie. Este tipo de torre están diseñadas como una solución para un alto rango de aplicaciones debido a su reducido espacio y la gran altura" (p.21). Este tipo de torres es aplicable tanto en zonas urbanas como rurales, así como en montañas y zonas de difícil acceso. Según Aguirre Mendoza (2017) se refiere a que este tipo de torres están diseñadas para una

solución con un alto rango de aplicaciones, ya que se pueden colocar en un espacio reducido y gran altura, utilizándose torres con alturas desde los 24 metros hasta los 200 metros.

Figura 36

Torre autosoportada.



Torres ventadas

Conocidas también como torres arriostradas, son usadas generalmente en zonas urbanas por su bajo costo, fácil mantenimiento y por alcanzar alturas considerables. Una característica de este tipo de torres es el uso de arriostres para mantener su estabilidad y forma. Aguirre Mendoza (2017) refiere que este tipo de torre transmitirá un esfuerzo de compresión donde se encuentre apoyada, y los tirantes transmitirán esfuerzos de tracción, además que un factor importante a tener en cuenta para su implementación será el terreno, el cual debe ser amplio.

Figura 37

Torre ventada.



Torres monopostes o monopolos

Aplicables en zonas urbanas donde el espacio para la base es sumamente reducido en comparación al necesario para instalar torres autosoportadas o tensores para torres ventadas. Adicional a esto, el hecho de que pueden pasar desapercibidas o no desentonar con el ambiente, pudiendo agregarse publicidad a las mismas.

Aguirre Mendoza (2017) refiere que este tipo de torres tiene la necesidad de vías de acceso que permita ingresar grúas para el izado o montaje de una o varias secciones de dicho poste, lo que es una desventaja.

Figura 38

Torre Monoposte o monopolo.



2.1.5. Servicios de red

1) Servicio de Datos.

Servidor Web: Según Webempresa (2023) un servidor web se encarga de devolver o presentar la información almacenada cuando recibe peticiones http o https por parte de los usuarios. Los usuarios o clientes web realizan estas peticiones a través de un navegador web. En otras palabras, un servidor web almacena la información o contenido y permite que los usuarios puedan acceder a dicho contenido en su navegador.

El proceso de funcionamiento de un servidor web es el siguiente: Primero el usuario realiza una consulta hacia una web, se establece una conexión entre el servidor DNS y la terminal que realiza la consulta o petición. Este servidor DNS responde con la dirección IP que le corresponde al servidor web donde está alojado el contenido solicitado.

El siguiente paso sería solicitar el contenido al servidor web mediante el protocolo HTTP/HTTPS. El puerto HTTP por defecto que se usa para la comunicación del sistema de cliente a servidor es el puerto 80 y el 443 para HTTPS. Una vez que el servidor web ha recibido la solicitud del contenido solicitado por el cliente web, deberá procesar la solicitud hasta encontrar el contenido solicitado dentro del dominio correspondiente. Por último, el servidor envía el contenido solicitado al cliente web que lo solicitó.

Uno de los softwares de servidor web más conocidos es el servidor HTTP Apache el cual es un software de código abierto y gratuito, que durante años ha sido el más utilizado por los servidores web. Además, destaca por ser multiplataforma, siendo compatible con sistemas operativos como Linux, Window, IOS, Unix, etc.

Servidor FTP: En inglés, las siglas FTP significan “File Transfer Protocol”, que se traduciría como “Protocolo de Transferencia de Archivos”. Los puertos típicos utilizados para conectarse al FTP son el 20 y el 21, aunque en algunos proveedores esto puede variar. Por lo general se usan dos tipos de transferencia: una es la ASCII y la otra es la de tipo Binario. La primera de estas solamente transfiere texto plano del tipo ASCII, como serían por ejemplo páginas HTML sin imágenes, mientras que la segunda clase se usa para transferir archivos como imágenes, audios, videos, etc. El servicio FTP es un

servicio utilizado para el envío y obtención de archivos entre dos equipos remotos.

El servidor FTP es un software que tiene como función principal permitir que diferentes clientes FTP puedan conectarse a él, para luego descargar, subir, modificar o eliminar información (archivos) dentro de una red. Un cliente FTP no es otra cosa que un software que se instala en la máquina del usuario y permite conectar mediante el protocolo FTP hacia el servidor remoto que está en la red, normalmente en el servidor se configura y asigna las credenciales de los usuarios para que puedan acceder a los archivos que están en el servidor FTP. Si queremos asegurar el servicio de FTP, debemos optar por usar una aplicación del tipo SFTP, la cual se encarga de cifrar el contenido que se transfiere, de manera tal que, si algún intruso en la red desea obtener la información de alguna transferencia, la misma estará cifrada, al igual que las credenciales de los usuarios. (Infranetworking, 2023)

2) Servicio de Telefonía IP.

Según 3CX (2023) la telefonía IP se refiere a las tecnologías que usan el protocolo IP para el intercambio de voz, fax, y otras formas de información, anteriormente transportada sobre la Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN). La señal de voz viaja en forma de paquetes de datos a través de una red de área local (LAN) o Internet (Voz sobre IP), evitando el cargo de la PSTN

Las empresas, entidades o instituciones prefieren este tipo de servicio sobre el tradicional debido a que permite conectar sus oficinas remotas y sucursales de forma fácil y ofrece una reducción de costes en la facturación periódica al compararlo con el servicio que ofrecen los proveedores de telefonía tradicional.

Con la telofonía IP las llamadas resultarán gratuitas para los usuarios que se encuentren dentro de una red LAN o intranet si es que se cuenta un servidor físco propio. Ahora si no se desea tener un servidor físico propio se puede contratar un servidor en la nube en el que las tarifas de llamadas son más económicas al compararlas con las de la telefonía tradicional, sin embargo, si se elige este tipo de servidor todos los usuarios deben contar con un acceso a internet. La telefonía IP ofrece los siguientes beneficios a sus usuarios:

- Gestión centralizada
- Llamadas internas gratuitas
- Atender múltiples llamadas de forma simultánea.
- Trasferencia de las llamadas.
- Permite usar el teléfono desde aplicaciones en el móvil.
- Mejor escalabilidad en infraestructura, tener múltiples teléfonos.

3) Servicio de Videoconferencia.

Según la Universidad UTEL (2020) la videoconferencia es una tecnología que permite mantener conexiones punto a punto y punto multipunto, permitiendo a varios usuarios transmitir audio y video desde sus respectivas ubicaciones, es decir hay un intercambio bidireccional, interactivo y en tiempo real, de vídeo, audio y datos; como se haría en una conversación cara a cara. Generalmente se denomina videoconferencia a las transmisiones que conectan más de dos usuarios y con una calidad óptima, manteniendo una baja latencia.

Los elementos básicos para realizar una videoconferencia son: el hardware, necesario para transmitir audio y vídeo a través de internet o intranet (micrófono, cámara, auriculares o altavoces, etc.) y el software a través del cual se desarrollará la videoconferencia (herramienta digital o plataforma para elaborar videollamadas y sala de videoconferencias habilitada por los

administradores). Tambien hay que tener en cuenta al servidor de videoconferencia que se va a utilizar. Este puede ser de dos tipos:

Servidor en la nube (Cloud): Este tipo de servidor se contrata a un proveedor externo al cual se accederá a través de la internet por lo que no requiere espacio en el rack del cuarto de comunicaciones del cliente, y tampoco de personal especializado, ya que la configuración y el mantenimiento está incluido en el mismo paquete de servicios. Cabe resaltar que en este tipo de servidor el uso de la videoncferencia consumirá parte del ancho de banda del servicio de internet contratado.

Servidor físco: Este servidor se debe adquirir como equipo físico y debe estar especialmente diseñado para realizar las funciones específicas de videoconferencia. Un servidor físico además de ocupar un espacio en el rack del cuarto de comunicaciones, requiere de un gasto importante, ya que en nuestro presupuesto tenemos que considerar que necesitaremos otros dispositivos como routers, switches, y generadores, sistemas de refrigeración, sistemas de seguridad, y de extinción. Cabe resaltar que en este tipo de servidor el uso de la videoconferencia no consumirá el ancho de banda del servicio de internet contratado, pero si de la intranet.

4) Servicio de Internet.

Según la Real Academia Española (2023) la internet es un conjunto descentralizado de redes de comunicaciones interconectadas, que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, lo cual garantiza que las diferentes redes físicas que la componen constituyan una red lógica única de alcance mundial, es decir es un tipo de red WAN.

El acceso a internet se ha vuelto indispensable en la actualidad. Se utiliza prácticamente para todo: comunicarse con las personas, realizar anuncios, enviar correos, búsqueda de información, facilitar el proceso de trámites en forma virtual, entre otras cosas.

Sin un buen servicio de internet, algunas entidades o instituciones tendrían dificultades para operar y cumplir con sus objetivos de forma adecuada. Por ello, es importante conocer las necesidades que presenta cada institución y buscar la mejor opción para cubrir las expectativas en cada una de ellas.

El servicio de internet puede ser brindado por diferentes empresas, conocidas como proveedores de servicio de internet (ISP), estos son los encargados de conectar a los usuarios a este servicio a través de redes. Las características principales a tener en cuenta para contratar el servicio de internet son:

- Ancho de banda
- Disponibilidad
- Velocidad
- Latencia
- Costo
- Tecnología (Medio de transmisión)
- Tipo de conexión: Compartido o dedicado

2.1.6. Campos de aplicación de los servicios de red

1) Telesalud

Según Mayo Clinic (2023) la telesalud es una modalidad de servicio de salud a distancia en el que se usa las tecnologías digitales de la información y la comunicación de tal forma que a través de dispositivos como computadoras,

teléfonos, aplicativos y sistemas se permite acceder a los pacientes a servicios de atención médica de forma remota. Así mismo, permite al personal médico acceder a información, capacitaciones, consultas o asesorías para una mejor atención al paciente en el área de su especialidad.

Los objetivos de la telesalud, también llamada telemedicina, incluyen los siguientes:

- Garantizar que las personas que viven en comunidades rurales puedan acceder a la atención médica de manera más fácil.
- Brindar servicios de atención médica primaria para muchas afecciones.
- Garantizar que los servicios se brinden con mayor facilidad o estén más al alcance de las personas con capacidades limitadas de movimiento, tiempo o transporte.
- Proporcionar acceso a médicos especialistas.
- Mejorar la comunicación y la coordinación del cuidado médico entre los miembros de un equipo de atención médica y el paciente.
- Proporcionar asesoramiento para la autogestión de la atención médica.

2) Teleeducación

Según Educantel (2023) la teleeducación es una modalidad de capacitación y aprendizaje a distancia que utiliza las Tecnologías de la Información y la Comunicación de tal forma que a través de dispositivos como una tablet, un celular, laptop o un computador, los cuales están conectados a la internet o intranet respectiva, los estudiantes o alumnos pueden avanzar en su proceso formativo. Este tipo de formación remota es una buena alternativa ya que la comunicación puede darse tanto en tiempo real a través de videoconferencias como también de manera asincrónica en la que las sesiones de clase son pre

grabadas y almacenadas para que puedan ser reproducidas en el momento que el profesor o el alumno lo desee.

Los objetivos de la teleeducación son los siguientes:

- Proporcionar flexibilidad para la realización de cursos, cualquiera sea la ubicación geográfica del estudiante y su disponiblidad horaria.
- Aportar al proceso de mejora continua en la calidad de contenidos, y desarrollo de la didáctica.
- Apertura a múltiples fuentes de información inherentes a Internet.
- Aportar en el proceso de capacitación que facilite y agilice la labor docente, el acceso a la información de los alumnos, el control y apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje.

2.1.7. Sistema de protección contra rayos

Según Aplicaciones Tecnológicas S.A. (2016) un sistema de protección contra el rayo (SPCR) tiene cuatro objetivos básicos:

1) Capturar el rayo.
2) Conducir la corriente del rayo de forma segura a tierra.
3) Disipar la corriente del rayo en tierra.
4) Proteger contra los efectos secundarios del rayo.

Los elementos de un sistema de protección contra el rayo mediante son los siguientes

- Uno o más cabezales captadores.
- Uno o más conductores de bajada.
- Un sistema de toma de tierra.

Las instalaciones de pararrayos consisten en un mastil metalico (acero inoxidable, aluminio, cobre o acero), con un cabezal captor (pararrayos). El cabezal tiene muchas formas: puede ser en punta, multipuntas, semiesferico o esferico y debe sobresalir por encima de la parte mas altas de la torre. El cabezal esta unido a una toma de tierra electrica, por medio un cable de cobre conductor. La toma de tierra se construye mediante picas de metal que hacen las funciones de electrodos en referencia al terreno o mediante placas de metalconductoras tambien enterradas. En principio, un pararrayos protege una zona teorica de forma conica con el vertice en el cabezal; el radio de la zona de proteccion depende del angulo de apertura de cono y a su vez este depende de cada tipo de protección.

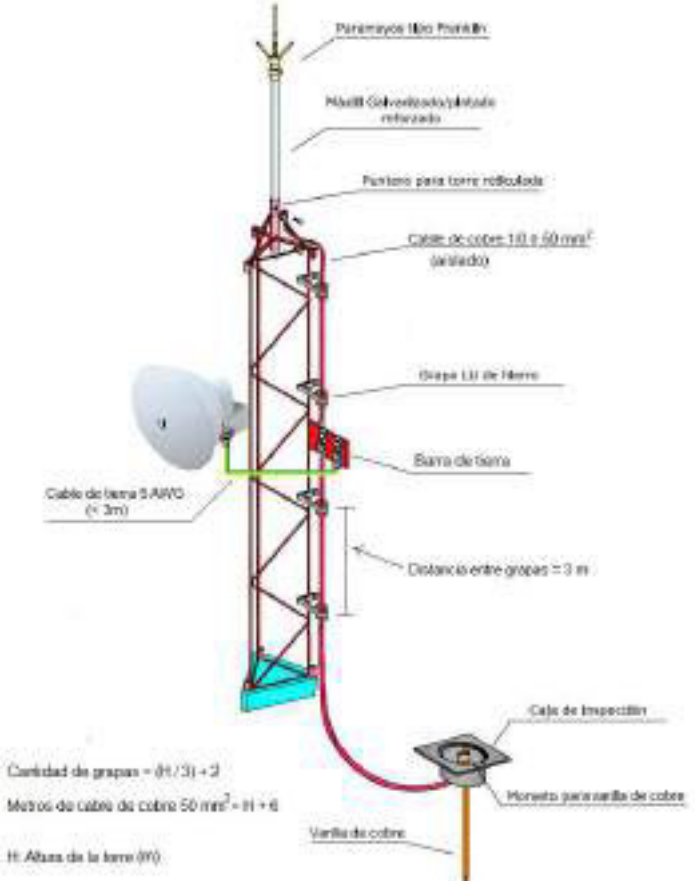
El objetivo principal de estos sistemas es reducir los daños que puede provocar la caída de un rayo sobre otros elementos. Muchos instrumentos son vulnerables a las descargas eléctricas, sobre todo en el sector de las telecomunicaciones.

1) Pararrayos Franklin

Se denominan así por el inventor del pararrayos (Benjamín Franklin). Son los mas sencillos. Acontinuación mostramos una imagen del diseño de este tipo de pararrayos.

Figura 39

Pararrayos tipo Franklin en torrre de telecomunicaciones



Nota. Basado en ADESUR Ingeniería Construcción y Servicios Generales. (2021). Se describe el cálculo de la cantidad de grapas, distancia entre las mismas, y metros de cable de cobre.

2.1.8. Sistema fotovoltaico autónomo

Según Oliver Style (2012) en su forma más básica un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) consiste en:

1) Generador.

Se compone por el grupo de módulos o paneles fotovoltaicos, encargados de captar la radiación luminosa del sol y transformarla en energía eléctrica.

2) Acumulador.

Es la batería o conjunto de baterías que almacenan la energía que produce el generador.

3) Regulador de carga.

Es un elemento que controla la energía producidad por el módulo o panel solar, de tal forma que controla o regula la carga de la batería y la energía consumida en los equipos. Evita las descargas excesivas o las sobrecargas hacia el acumulador, porque esto produce daños irreversibles. Además, asegura que el sistema funcione con la mayor eficiencia siempre.

4) Inversor.

Transforma la corriente continua almacenada dentro del acumulador en corriente alterna (220 V).

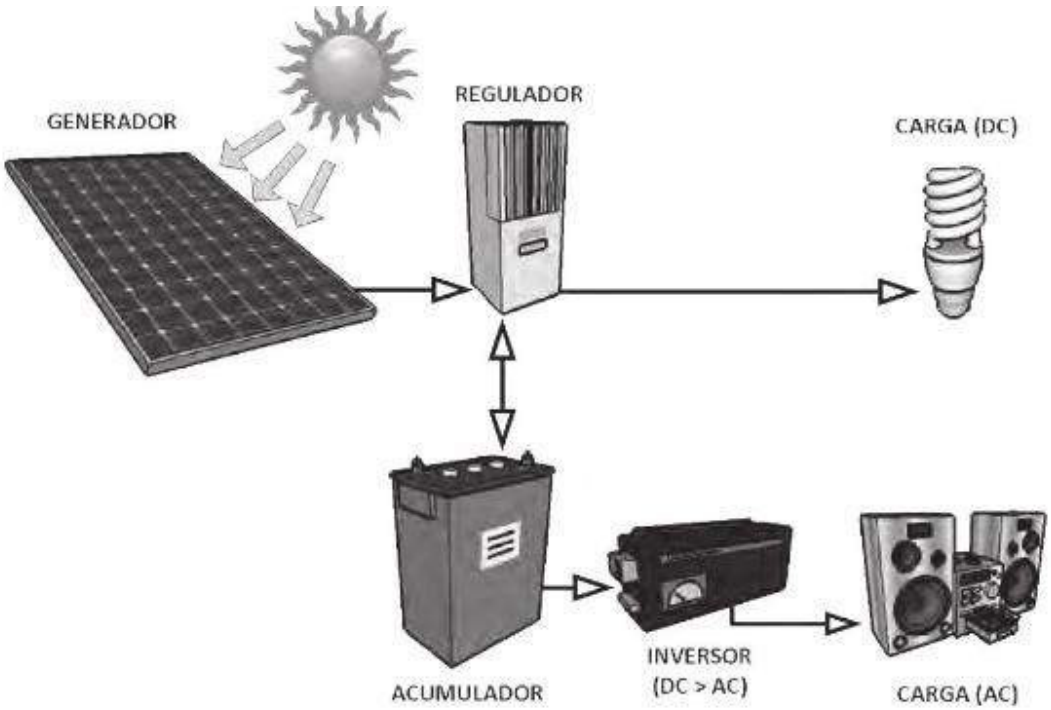
5) Carga.

Los equipos consumidores (lámparas, radios, computadoras, televisores, etc.) que son el destino final de la energía producida por el sistema.

A esto añadimos los conductores (que transportan la energía entre los distintos componentes del sistema), los elementos de protección y los interruptores.

Figura 40

SFA en corriente continua (DC) y alterna (AC)



Nota. Imagen tomada de Oliver Style (2012).

2.2 Antecedentes del estudio

Algunas investigaciones precedentes y de suma importancia en el diseño de radioenlaces vía microondas consideran los parámetros, tecnologías, y técnicas que utilizan para definir las características de los radioenlaces. Así por ejemplo podemos encontrar la siguiente información referente al tema:

“La Tecnología XPIC permite duplicar la capacidad y a su vez evitar alguna interferencia entre polaridades debido a fallas de instalación, lluvia, atenuación por mimetizado, etc”. “En zonas donde se tiene un factor de lluvia elevado se

puede notar una disminución de la disponibilidad del enlace conforme a la simulación" (Achahue Alvarez & Rodríguez García, 2015)

En donde se describen las conclusiones referentes a un estudio del uso de la tecnología XPIC en una red de transporte microondas, lo que nos quiere decir que el uso de esta tecnología sería la mejor opción para implementarla en el diseño de una red microondas ya que permitiría duplicar el ancho de banda o capacidad de un enlace y así aprovechar u optimizar mejor la banda o canal de frecuencia con la que se quiera trabajar en un proyecto de diseño de radioenlace microondas. Así mismo refiere que en la simulación realizada de su estudio se observa que las condiciones meteorológicas como la lluvia pueden afectar la disponibilidad de un enlace.

"La implementación del radioenlace por microondas en la Aviación del Ejército del Perú, Callao – 2019 influye en su sistema de comunicación en un 71.2% sobre la transmisión de datos, en un 56.4% sobre la velocidad de carga de datos, en un 65.7% sobre la velocidad de descarga de datos y en un 95.7% sobre la latencia de datos" (Briceño Quispe, 2020)

Se puede observar en las conclusiones acerca del trabajo de investigación citado que hay una influencia significativa del radioenlace propuesto sobre los diferentes parámetros o valores que definen el rendimiento del sistema de comunicación de la Aviación del Ejército del Perú, es por esto que tomando como referencia el nivel de afectación o influencia de las redes microondas para un sistema de comunicaciones de una institución como lo es la Aviación del Ejército del Perú que requiere una conexión rápida, fiable, y con capacidad para conectarse con muchas otras instituciones del gobierno, es que se elige y se respalda esta tecnología inalámbrica para desarrollarla en el diseño de radioenlaces que se quiere proponer, ya que en este también se buscará conectar o dar servicio de

datos a diferentes instituciones de las diferentes localidades de los distritos que se tienen como objeto de estudio.

“Como en todo proyecto, un buen diseño es fundamental para una buena implementación y para ello es necesario además contar con información de calidad. Para poder tener ubicaciones más precisas, la herramienta Google Earth ha sido de muchísima ayuda ya que las coordenadas brindadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), no eran muy precisas” (Ballon Medina, 2020).

Una de las conclusiones de la tesis citada nos dice que es importante conocer la información de las ubicaciones de las localidades en las que se realizará la implementación y diseño del proyecto en cuestión, es por esta razón que en el presente trabajo de investigación se hará uso de la información proporcionada por el INEI acerca de los lugares elegidos, y se contrastará esto con herramientas de software como el Google Earth para elaborar un diseño de la red microondas con la mayor precisión posible, ya que los datos que se utilicen como latitud, longitud, altitud, entre otros, influirán en cada uno de los radioenlaces que se propongan, así mismo la herramienta de diseño que se utilice será el software Radiomobile el cual es muy usado para hacer cálculos de parámetros de radioenlaces debido a su gran precisión y confiabilidad.

“queda demostrado que al igual que la tecnología alámbrica, la inalámbrica también viene evolucionando, alcanzando cada vez mayores anchos de banda y permitiendo enlaces más estables y robustos. Los enlaces Punto a Punto diseñados en este proyecto, alcanzaron capacidades de hasta 300 Mbps en configuración 1+0 en banda libre con disponibilidades de hasta 99.99” (Ballon Medina, 2020).

Como se lee en la cita, el autor concluye que la tecnología inalámbrica viene a ser una opción factible para el diseño de enlaces robustos y con capacidad de tráfico de datos para las zonas rurales de difícil acceso ya que esta tecnología se ha desarrollado mucho en los últimos años, y aunque no llegue a los mismos niveles de capacidad de los hilos de fibra óptica es una buena opción en las zonas que presentan una geografía muy accidentada, ya que la implementación de esta tecnología resulta ser más rentable y cubre las necesidades de conectividad que se requieren en localidades o centros poblados donde la densidad poblacional es relativamente baja, además de requerir menor inversión en infraestructura que un despliegue de fibra óptica en los lugares que se quiere brindar conectividad.

“Para efectos de diseño se debe considerar un margen de señal de 20 dB como valor mínimo que garantice la estabilidad del sistema frente a los cambios producidos por los fenómenos atmosféricos, vientos o desalineamientos de las antenas” (Canal Camero, 2006)

El autor menciona que hay que tener en cuenta el margen de Fading al realizar un enlace microondas, el cual viene a ser la diferencia entre el nivel de recepción de la señal en el equipo receptor y el umbral de recepción de dicho equipo, si este margen es mucho menor a 20 dB entonces el enlace puede verse afectado por condiciones atmosféricas o meteorológicas, peor aún si este es un valor negativo ya que la señal no será recibida, es por esto que se recomienda tener un margen mayor a 20 dB o cercano a este valor.

“Un parámetro importante es la temperatura; es necesario aislar térmicamente los equipos electrónicos para garantizar el correcto funcionamiento de los mismos y por lo tanto la estabilidad del enlace” (Canal Camero, 2006).

Uno de los factores que puede afectar los equipos que se instalan en un radioenlace es la temperatura o condiciones atmosféricas en los

emplazamientos, es por esto que es necesario aislar térmicamente los equipos electrónicos como las IDU o las ODU, y así mismo las antenas, los conectores o puntos donde se conectan los cables que están expuestos al aire libre en la zona donde se instalan, ya que pueden insertan niveles de atenuación en el enlace o afectar con el tiempo el funcionamiento de los equipos.

“Se demuestra que la banda de frecuencia de 5.8 GHz es mucho más ventajosa en cuestión de economía y facilidad de adquisición de equipos, dado que es una banda liberada” (Córdova Sandoval, 2019)

En la cita se menciona la ventaja de utilizar la frecuencia de 5.8 Ghz, o también la llamada banda de 5 Ghz, ya que es una banda no licenciada y de libre uso, es decir no requieren permiso especial de las autoridades o del regulador de telecomunicaciones para poder usarse sin embargo se sujeta a restricciones según la leyes o normas de cada país.

2.3 Bases teóricas

2.3.1. Normativa para bandas no licenciadas en Perú

1) Artículo 28 del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones

Según el numeral 4 y 5 del artículo 28º del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, aprobado por Decreto Supremo Nº 020-2007-MTC (MTC, 2007), se establece lo siguiente:

“Están exceptuados de contar con concesión, salvo el caso de los numerales 4 y 5, de la asignación del espectro radioeléctrico, autorización, permiso o licencia, para la prestación de servicios de telecomunicaciones, de la clasificación de servicios de la Ley de Telecomunicaciones, del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones y de los Reglamentos Específicos que se dicten:

4. Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando las bandas de 902-928 MHz, 2400-2483,5 MHz y 5725-5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cuatro vatios (4W) o 36 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto.

5. Aquellos servicios cuyos equipos; utilizando la banda de 5250-5350 MHz transmiten con una potencia no superior a un vatio (1 W) o 30 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto. Dichos equipos no podrán ser empleados para el establecimiento de servicios privados de telecomunicaciones

En el caso de utilizar equipos bajo las condiciones señaladas para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, se debe contar previamente con la concesión respectiva. En este caso, los concesionarios de servicios públicos de telecomunicaciones que empleen dichos equipos no requerirán del permiso para su instalación y operación, ni de la asignación de espectro radioeléctrico para su uso.”

Modificatorias al numeral 4 del artículo 28

Así mismo este numeral 4 del artículo 28º del Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones sufrió dos modificatorias a lo largo del tiempo, siendo la primera de estas el artículo 1 del

Decreto Supremo Nº 015-2011-MTC, publicado el 19 abril 2011 y la última por el artículo 1 del Decreto Supremo Nº 006-2013-MTC, publicado el 04 abril 2013, los cuales podemos observar a continuación:

Primera modificatoria: Numeral 4 modificado por el Artículo 1 del Decreto Supremo Nº 015-2011-MTC (MTC, 2011), publicado el 19 abril 2011, cuyo texto es el siguiente:

"4. Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando las bandas de 2400-2483,5 MHz y 5725-5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cuatro vatios (4 W) o 36 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto."

Segunda modificatoria: Numeral 4 modificado por el Artículo 1 del Decreto Supremo Nº 006-2013-MTC (MTC, 2013), publicado el 04 abril 2013, cuyo texto es el siguiente:

"4. Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando las bandas de 916 - 928 MHz, 2400 - 2483,5 MHz y 5725 -.5850 MHz transmiten con una potencia no superior a cuatro vatios (4 W) o 36 dBm en antena (potencia efectiva irradiada), en espacio abierto.

Asimismo, aquellos servicios cuyos equipos, utilizando la banda de 915 - 928 MHz transmiten con una potencia no superior a un vatio (1 W) o 30 dBm en antena (potencia efectiva irradiada)."

2) Artículo 2 del Decreto Supremo Nº 006-2013-MTC

En el artículo 2 del Decreto Supremo Nº 006-2013-MTC (MTC, 2013), publicado el 04 abril 2013, también se puede ver una modificatoria al artículo 22 del Marco Normativo General para la promoción del desarrollo de los

servicios públicos de telecomunicaciones en áreas rurales y lugares de preferente interés social, dicho artículo se refiere a la identificación de bandas libres. A continuación, se cita lo que dice textualmente dicha modificatoria.

“Artículo 22º.- Identificación de bandas libres

22.1 Para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones en áreas rurales y/o lugares de preferente interés social, no se requerirá contar con asignación de espectro, permiso de instalación ni licencia de operación, en las siguientes bandas de frecuencias:

i) 915-928 MHz cuya PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 30 dBm (1W).

ii) 916-928 MHz, 2400-2483,5 MHz y 5725-5850 MHz, siempre y cuando la potencia máxima de salida de un transmisor no exceda de 30 dBm.

iii) 5250-5350 MHz y 5470-5725 MHz, siempre y cuando la potencia máxima de salida de un transmisor no exceda de 24 dBm.

22.2 Asimismo, no se aplicarán restricciones respecto a la ganancia de las antenas, a excepción de la banda 916-928 MHz, en la que se deberá cumplir con las condiciones de operación aprobadas por Resolución Ministerial N° 777-2005-MTC/03 y sus modificatorias. Sin perjuicio de ello, los equipos a utilizarse deberán contar con el respectivo certificado de homologación.”

3) Resolución Ministerial Nº 199-2013-MTC/03

Según la R.M. Nº 199-2013-MTC/03 (MTC, 2013), publicado el 18 de abril de 2013, se modificó los literales a.1, a.3 y b.1, el cuadro de parámetros máximos,

el segundo ítem del literal g) y el literal h) del artículo 3 de la Resolución Ministerial N° 777-2005-MTC/03, en el cual se establecen las condiciones de operación de los servicios cuyos equipos utilizan las bandas 902 - 928 MHz, 2400 – 2483 ,5 MHz, 5150 – 5250 MHz, 5250 – 5350 MHz, 5470 – 5725 MHz y 5725 – 5850 MHz. A continuación, se expone el artículo 3 con dichas modificatorias incluidas y resaltadas en negrita:

“Artículo 3º.- Características Técnicas De Operación

a) La potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) máxima deberá sujetarse a las siguientes características:

a.1) Para las bandas **916 - 928 MHz**, 2400 – 2483 ,5 MHz y 5725 – 5850 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 36 dBm (4 W).

a.2) Para las bandas 5150 – 5250 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 23 dBm (200 mW) en espacio cerrado.

a.3) Para las bandas **915 - 928 MHz**, 5250 – 5350 MHz y 5470 - 5725 MHz, la PIRE máxima utilizada no deberá exceder de 30 dBm (1 W).

b) La potencia pico máxima de salida de un transmisor de equipos para espacio abierto

b.1) No debe exceder de 30 dBm (1 W) para las bandas **916 - 928 MHz**, 2400 – 2483 ,5 MHz y 5725 – 5850 MHz.

b.2) No debe exceder de 24 dBm (250 mW) para las bandas 5250 – 5350 MHz y 5470 – 5725 MHz.

Parámetros máximos a tener en cuenta para la instalación de equipos en espacio abierto:

Cuadro 11

Parámetros máximos de operación para equipos en banda no licenciada

Banda de frecuencias (MHz)	Potencia de salida del transmisor			Ganancia máxima de la antena (dBi)	PIRE máxima (dBm)
	(W)	(mW)	(dBm)		
916 - 928	1	1000	30	6	36
2400 - 2483.5	0.5	500	27	9	36
5725 - 5850	0.25	250	24	12	36
5250 - 5350	0.25	250	24	6	30
5470 - 5725	0.125	125	21	9	30

Nota. Imagen tomada de R.M. Nº 199-2013-MTC/03 (MTC, 2013).

c) Está prohibido el uso de amplificadores transmisores o cualquier otro dispositivo similar que altere las condiciones de PIRE máxima establecidas en el literal a) del presente artículo.

d) Para las aplicaciones en espacio abierto, el transmisor deberá estar instalado en un ambiente de fácil acceso a fin de facilitar la labor de supervisión por parte del Ministerio.

e) Los equipos que operen en las bandas 5250 - 5350 MHz y 5470 – 5725 MHz deberán emplear un mecanismo de control de transmisión de potencia, debiendo tener capacidad para operar al menos a 6 dB por debajo del valor medio de PIRE.

f) Los equipos que operen en las bandas 5250 - 5350 MHz y 5470 – 5725 MHz deberán emplear un mecanismo de detección de radar de selección dinámica de frecuencia. El umbral de detección para equipos con una PIRE entre 200 mW a 1 W es -64 dBm.

g) Para enlaces punto a multipunto, las antenas podrán ser:

- En zonas urbanas (no permitido para el servicio privado en la provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao): sectoriales con un ancho de lóbulo de hasta 90 °.
- En zonas rurales y en los lugares considerados de preferente interés social no hay restricciones de antenas. Se exceptúa de esta disposición a los equipos que operan en la Banda 916 - 928 MHz, los que deberán cumplir con las ganancias máximas de antena indicadas en el Cuadro 11: Parámetros máximos.

h) Para aplicaciones de espacio cerrado, no hay restricciones de antenas

Sin embargo, tratándose de la Banda de 916 – 928 MHz, para aplicaciones de espacio abierto o cerrado, deberá cumplirse con las ganancias máximas de la antena indicadas en el Cuadro 11: Parámetros máximos".

Así mismo bajo esta misma R.M. Nº 199-2013-MTC/03 también se modificó el artículo 12 de la Resolución Ministerial N° 777-2005-MTC/03, el cual menciona o detalla los términos de autorización para algunas de las bandas mencionadas anteriormente sobre todo en zonas rurales. A continuación, se cita textualmente dicha modificatoria.

"Artículo 12º.- AUTORIZACIÓN

Asimismo, solo para la prestación y/o instalación de servicios en áreas rurales y en lugares considerados de preferente interés social, y previa obtención de la concesión, autorización, asignación del espectro radioeléctrico, permiso o licencia correspondiente, está permitido operar equipos en las bandas 2 400 – 2 483,5 MHz, 5 250 – 5 350 MHz, 5 470 – 5 725 MHz y 5 725 – 5 850 MHz, utilizando antenas de mayor ganancia que permitan superar los respectivos valores de la PIRE señalado en el artículo 3º de la presente norma técnica."

2.3.2. Requisitos de velocidad en servicios de red.

1) Según la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC)

Según la Federal Communications Commision (2018), entidad encargada de regular las comunicaciones en Estados Unidos, hay requisitos de Mbps en función de las actividades digitales, el siguiente cuadro fue actualizado el 6 de febrero del 2018 por dicha entidad e incluye los requisitos de ancho de banda recomendados para ver videos, videoconferencias, juegos y más.

Cuadro 12

Requisitos de ancho de banda recomendados según la FCC

Actividad		Velocidad Mínima de Descarga (Mbps)
Uso General	Navegación General y Correo	1
	Descarga de Radio por Internet	< 0.5
	Llamadas por Internet (VoIP)	< 0.5
	Estudiante	5 - 25
	Trabajo a Distancia	5 - 25
	Descarga de Archivo	10
	Medios Sociales	1
Mirar Videos	Descargar Video de Definición Estándar	3 - 4
	Descargar Video de Alta Definición (HD)	5 - 8
	Descargar Video de Definición Ultra HD 4K	25
Videoconferencia	Llamada Personal con Video Estándar (ej.:Skype)	1
	Llamada Personal con Video HD (ej.: Skype)	1.5
	Teleconferencia con Video HD	6
Juegos	Consola de Juegos Conectada a Internet	3
	Multijugador (“Multiplayer”) Conectado a Internet	4

Nota. Datos tomados de la Federal Communications Commission (2018)

2) Según OSIPTEL para los proyectos regionales de PRONATEL.

Resolución de Consejo Directivo Nº 004-2015-CD/OSIPTEL

El Programa Nacional de Telecomunicaciones en su objetivo de cerrar las brechas digitales viene impulsando desde el 2013, proyectos regionales, los cuales son mejor conocidos como Proyectos Regionales de la Red Dorsal de Fibra Óptica, los cuales brindan cobertura en zonas rurales, proveen de acceso a la demanda institucional (instituciones educativas, establecimientos de salud y comisarias), entendida ésta como la demanda por el servicio de internet de banda ancha por parte de instituciones públicas, a fin de generar oportunidades para los pobladores. Así pues, el 5 de marzo del 2015 el estado peruano adjudicó la construcción de la red de transporte y la construcción, operación y mantenimiento de la red de acceso de los Proyectos Regionales de Banda Ancha y Conectividad Integral correspondiente a las regiones Lambayeque, Apurímac, Ayacucho y Huancavelica. Las tarifas tope del servicio de acceso a internet para Instituciones Públicas correspondiente a los mencionados Proyectos Regionales de la Red Dorsal de Fibra Óptica se rigen por lo dispuesto en la Resolución de Consejo Directivo Nº 004-2015-CD/OSIPTEL (OSIPTEL, 2015), dichas tarifas se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 13

Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet en Instituciones Públicas (2015)

Velocidad de descarga	Velocidad mínima garantizada (%)	Tarifa Tope mensual (en soles no incluye los impuestos de ley)	Tarifa Tope mensual (en soles incluye todos los impuestos de ley)
2 Mbps	40%	82.70	97.59
4 Mbps	40%	120.39	142.06

Nota. Datos tomados de OSIPTEL (2015)

Al respecto, corresponde señalar que las Tarifas Tope indicadas previamente son fijas hasta que se evalúe la revisión de las mismas cada tres (3) años contados desde su entrada en vigencia, dentro de marco normativo establecido por el Procedimiento para la Fijación y Revisión de Tarifas Tope.

Resolución de Consejo Directivo Nº 148-2018-CD/OSIPTEL

En junio del 2018 se emite una nueva resolución acerca de las tarifas tope del servicio de acceso a internet para Instituciones Públicas correspondiente a los Proyectos Regionales de la Red Dorsal de Fibra Óptica, esto está dispuesto en la Resolución de Consejo Directivo Nº 148-2018-CD/OSIPTEL (OSIPTEL, 2018), dichas tarifas se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 14

Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet en Instituciones Públicas (2018)

Velocidad de descarga (Mbps)	Velocidad mínima garantizada (%)	Renta mensual (S/. sin IGV)	Renta mensual (S/. con IGV)
2	40%	76.03	89.72
4	40%	113.82	134.31
8	40%	141.3	166.73
12	40%	154.64	182.48
20	40%	172.83	203.94
40	40%	207.75	245.15

Nota. Datos tomados de OSIPTEL (2018)

Así mismo corresponde señalar que las Tarifas Tope indicadas previamente son fijas hasta que se evalúe la revisión de las mismas cada tres (3) años contados desde su entrada en vigencia.

Resolución de Consejo Directivo N.° 217-2022-CD/OSIPTEL

En noviembre del 2022 se emite una nueva resolución acerca de la revisión de las tarifas tope del servicio de acceso a internet para Instituciones Públicas correspondiente a los Proyectos Regionales de la Red Dorsal de Fibra Óptica, esto está dispuesto en la Resolución de Consejo Directivo N.° 217-2022-CD/OSIPTEL (OSIPTEL, 2022), se aprueba la publicación para comentarios respecto del proyecto de resolución tarifaria de dicha resolución. Es decir, aun esta en proceso y en espera de que los interesados puedan remitir por escrito sus comentarios con respecto al proyecto de resolución tarifaria.

Cuadro 15

Proyecto de Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet sin IGV (2022)

Velocidad de descarga (Mbps)	Renta Mensual (S/ sin IGV)			
	Proyecto Regional			
	Apurímac	Ayacucho	Huancavelica	Resto
2	15.92	17.04	15.12	16.03
4	22.42	23.54	21.62	22.53
8	35.42	36.54	34.62	35.53
10	41.92	43.04	41.12	42.03
12	48.42	49.54	47.62	48.53
20	74.42	75.54	73.62	74.53
40	139.42	140.54	138.62	139.53

Nota. Datos tomados de OSIPTEL (2022)

Cuadro 16

Proyecto de Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet con IGV (2022)

Velocidad de descarga (Mbps)	Renta Mensual (S/ con IGV)			
	Proyecto Regional			
	Apurímac	Ayacucho	Huancavelica	Resto
2	18.79	20.11	17.84	18.92
4	26.46	27.78	25.51	26.59
8	41.80	43.12	40.85	41.93
10	49.47	50.79	48.52	49.60
12	57.14	58.46	56.19	57.27
20	87.82	89.14	86.87	87.95
40	164.52	165.84	163.57	164.65

Nota. Datos tomados de OSIPTEL (2022)

Para abonados distintos a las instituciones públicas y que correspondan a los Proyectos Regionales de Banda Ancha y Conectividad Integral se establece la siguiente tarifa tope del servicio de acceso a Internet.

Cuadro 17

Proyecto de Tarifas Tope del Servicio de Acceso a Internet en otras instituciones (2022)

Proyecto Regional	Velocidad de descarga contratada (Mbps)	Renta mensual (S/ sin IGV)	Renta mensual (S/ con IGV)
Todos los Proyectos Regionales	12	31.73	37.44

Nota. Datos tomados de OSIPTEL (2022)

Características técnicas mínimas en proyectos regionales.

Según (PRONATEL, 2018) la empresa contratada para brindar acceso a internet a las instituciones abonadas obligatorias del Proyecto Regional Lima tiene que cumplir con las siguientes características técnicas mínimas.

- 40% de velocidad garantizada de bajada y de subida, respecto de la velocidad nominal.
- Relación entre la velocidad de transmisión de bajada (velocidad de descarga) y la velocidad de transmisión de subida de 4 a 1.
- Acceso Full Duplex.

Así mismo según PRONATEL (2018) la empresa contratada para brindar acceso a intranet a las instituciones abonadas obligatorias del Proyecto Regional Lima tiene que cumplir con las siguientes características técnicas mínimas.

- 40% de velocidad garantizada de bajada y de subida, respecto de la velocidad nominal.
- Relación entre la velocidad de transmisión de bajada respecto de la velocidad de transmisión de subida es de 1 a 1.
- Acceso Full Duplex.

Estas características técnicas se comparten para la gran mayoría de Proyectos Regionales de Banda Ancha y Conectividad Integral.

2.3.3. Normativa para velocidades de conexión a internet

1) *Artículo 6 de Ley Nº 31207 - Ley que Garantiza la Velocidad Mínima de Conexión a Internet y Monitoreo de la Prestación del Servicio de Internet a Favor de los Usuarios*

Esta ley tiene como objeto garantizar y promover la óptima prestación del servicio de internet, así como la efectiva calidad, velocidad y monitoreo de la prestación contratada por los proveedores del servicio de internet.

Según el Artículo 6 de la Ley Nº 31207 (Diario Oficial El Peruano, 2021) se establecen modificaciones normativas al artículo 5 de la Ley 29904, Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, que tiene el siguiente texto: "Artículo 5. Velocidad mínima para el acceso a internet de banda ancha"

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones determina y actualiza anualmente la velocidad mínima para que una conexión sea considerada como acceso a internet de banda ancha, que será aplicable con independencia de la ubicación geográfica de los usuarios.

Los prestadores de servicios de internet deberán garantizar el 70% de la velocidad mínima ofrecida en los contratos con los consumidores o usuarios, y establecidas en sus planes (postpago, prepago y otros) publicitados en los diferentes medios de comunicación.

El Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL), a través del Registro Nacional de Monitoreo y Vigilancia del Servicio de Internet (RENAMV), vigila y actualiza periódicamente la velocidad

de internet y otras características técnicas de las conexiones a internet de banda ancha.

2) Resolución del Consejo Directivo N° 138-2021-CD/OSIPTEL

Según (OSIPTEL, 2021) esta Resolución tiene como materia una norma que modifica el reglamento general de calidad de los servicios públicos de telecomunicaciones, a continuación, se detallan dichas modificatorias:

Artículo Primero.

Modificar el artículo 6 del Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo Nº 123-2014-CD-OSIPTEL y sus modificatorias, en los siguientes términos:

"Artículo 6.- Indicadores y parámetros aplicables al servicio de acceso a Internet

Se establecen los siguientes indicadores de calidad:

6.1 Las empresas operadoras deberán implementar los indicadores definidos a continuación:

6.1.1. Cumplimiento de Velocidad Mínima (CVM): Las empresas operadoras están obligadas a prestar el servicio de Internet acorde con las velocidades contratadas por el abonado; sea prepago, control o postpago. Para tal efecto, la velocidad mínima se calcula como una proporción de la velocidad máxima contratada de subida y bajada, correspondiendo el 40% para el servicio brindado a través de redes fijas y móviles.

En el caso de los servicios de Internet fijo o móvil calificados como Banda Ancha de acuerdo con la definición establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el porcentaje señalado en el párrafo previo

corresponde al 70%. Estos requerimientos son aplicables para los servicios de acceso a Internet fijo o móvil; exceptuando de esta obligación a las tecnologías dial up y GPRS/EDGE que no son calificados como Banda Ancha.

6.3 Las empresas operadoras, por lo menos en una hora durante el día, deben cumplir con un mínimo del 80% de las velocidades máxima de bajada y subida contratadas.

Artículo Segundo.

Incorporar los numerales 6.1.3 y 6.5 en el artículo 6 del Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo Nº 123-2014-CD-OSIPTEL y sus modificatorias, en los siguientes términos:

“Artículo 6.- Indicadores y parámetros aplicables al servicio de acceso a Internet

6.1.3 Tasa de VelocidadSUBIDA / VelocidadBAJADA

La relación de las velocidades máximas contratadas de subida y bajada (VelocidadSUBIDA / VelocidadBAJADA) ofrecidas por las empresas operadoras en sus planes comerciales, no debe ser menor a 1:3 o 33.33%.

Este requerimiento es aplicable para los servicios de acceso a Internet fijo o móvil.

2.4 Definición de términos

Sitios: Se llamará así a los lugares donde se proyecte la implementación de infraestructura de telecomunicaciones (torre, equipo microondas PTP, antena, etc) para diseñar la red de transporte.

Nodos: Es aquel sitio que posee infraestructura de telecomunicaciones y representa el punto de interconexión de todos los usuarios finales (instituciones beneficiarias) de una localidad o centro poblado. Así mismo este nodo enlaza con otros nodos de otros centros poblados en el diseño de la red de transporte. Este nodo se puede encontrar dentro de una institución beneficiaria.

Repetidores: Es aquel sitio que posee infraestructura de telecomunicaciones, y que solo tiene la la función de repetir la señal de un nodo hacia otro, es decir su ubicación no necesariamente es una institución beneficiaria. Se usa en los casos en donde la línea de vista entre dos nodos es un impedimento para el diseño de la red.

Red de transporte: Es aquella red cuya infraestructura está diseñada para proporcionar servicios portadores, es decir proporcionan la capacidad necesaria para transportar las señales entre dos puntos de red (nodos y/o repetidores), que permiten la prestación de otros servicios públicos o privados de telecomunicaciones.

Red de acceso: Es aquella red cuya infraestructura está diseñada para proporcionar servicios finales de telecomunicaciones, es decir proporcionan la capacidad completa que hace posible la comunicación entre usuarios (instituciones beneficiarias).

Intranet: Es una red informática que utiliza la tecnología del protocolo IP para compartir información, o servicios de computación dentro de una organización. Suele ser interna, en vez de pública como internet, por lo que solo los miembros de esa organización tienen acceso a ella.

ISP: Son las siglas de *Internet Service Provider* o en español *Proveedor de Servicios de Internet* la cual es una empresa que brinda conexión a Internet a sus clientes a través de tecnologías alámbricas o inalámbricas.

Banda: Se refiere a la banda de frecuencia que es un intervalo de frecuencias del espectro electromagnético asignados a un determinado uso dentro de las radiocomunicaciones.

Ancho de banda: es la longitud de la extensión de frecuencias, medida en hercios, en la que se concentra la mayor potencia de la señal.

Canal: Hace referencia al canal de radio que describe la frecuencia de trabajo a emplear en una comunicación, pudiendo ser esta para su uso en recepción, transmisión o para ambas.

Banda de guarda: Es un rango de frecuencias estrecho que proporciona un margen de seguridad entre dos canales adyacentes para evitar interferencias.

FDD: Son las siglas de F*requency Division Duplexing* o en español *Duplexación por división de frecuencia* el cual designa un método de dúplex para la emisión y la recepción de datos, es decir la transmisión y la recepción se hacen simultáneamente sobre dos subbandas de frecuencia diferente, por lo que la frecuencia de la señal portadora es diferente según el sentido de transmisión (Uplink o Downlink)

Uplink: Es el término utilizado en un enlace de comunicación ascendente, es decir es un enlace en el que la información se envía desde terminales o puntos de red que están en un nivel inferior en la jerarquía o topología de red (clientes, usuarios) hacia un punto de red que se encuentra en un nivel superior en la jerarquía o topología de red (ISP, servidores, etc).

Downlink: Es el término utilizado en un enlace de comunicación descendente, es decir es un enlace en el que la información proviene de puntos de red que se encuentran en un nivel superior en la jerarquía o topología de red (ISP, servidores, etc) y se reciben en los terminales o puntos de red los cuales están en un nivel inferior en la jerarquía o topología de red (clientes, usuarios, etc).

Velocidad de subida: Es la velocidad de carga de datos o cantidad de bits por segundo con la que enviamos información desde las terminales o puntos de red que están en un nivel inferior en la jerarquía o topología de red (clientes, usuarios, etc) hacia un punto de red que se encuentra en un nivel superior en la jerarquía o topología de red (ISP, servidores, etc)

Velocidad de bajada: Es la velocidad de descarga de datos, es decir, la cantidad de bits por segundo con la que se recibe información que proviene de puntos de red que se encuentran en un nivel superior en la jerarquía o topología de red (ISP, servidores, etc) en los terminales o puntos de red los cuales están en un nivel inferior en la jerarquía o topología de red (clientes, usuarios, etc).

Access Point: Tambien conocido como AP son dispositivos que proveen de acceso inalámbrico a otros dispositivos o equipos (estación suscriptora) para formar una red inalámbrica extendida.

Estación suscriptora: Es el dispositivo que posee antena y se conecta o enlaza de forma inalámbrica con el Acces Point para formar parte de la red inalámbrica extendida.

Localidad beneficiaria: Es aquella localidad o centro poblado de un distrito que ha sido seleccionado o incluido para el diseño de un proyecto y que será beneficiado con los servicios que se proyecten implementar en dicho proyecto.

Institución beneficiaria: Es aquella institución seleccionada o incluida en el diseño de un proyecto y que será beneficiado con los servicios que se proyecten implementar en dicho proyecto, dicha institución se encuentra en una localidad beneficiaria de un distrito.

SFA: Son las siglas de *Sistema Fotovoltaico Autónomo* el cual es un sistema que convierte la energía proveniente del sol en energía eléctrica, almacenándola en una batería para su uso posterior, generalmente se usa en lugares remotos que no tienen conexión a la red eléctrica convencional, donde hay un bajo consumo de energía y un buen recurso solar.

CAPÍTULO 3:
HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

El diseño de la red inalámbrica que se proponga en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay determinará la dimensión técnica del acceso a los servicios de internet e intranet en cada una de las instituciones.

3.1.2 Hipótesis específicas

- La topología de la red inalámbrica que conectará las principales localidades de los distritos debe contar con un nodo principal y nodos secundarios garantizando la disponibilidad, capacidad y funcionamiento de cada uno de los enlaces.
- La arquitectura de la red inalámbrica que se utilizará para el diseño tendrá que adecuarse a las necesidades o requerimientos de cada localidad permitiendo el acceso a los servicios de internet e intranet.
- Los requerimientos de capacidad o ancho de banda en cada una de las localidades estarán determinados por el tipo de servicio, número de

instituciones beneficiarias y la cantidad de usuarios y/o terminales de red en cada uno de estos.

- El costo para la implementación de la red inalámbrica debe ser el más adecuado y viable, optimizando recursos.

3.2 Variables

Variable Independiente: Diseño de una red inalámbrica

Variable Dependiente: Acceso a los servicios de internet e intranet

3.3 Operacionalización de las variables

Cuadro 18

Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Diseño de una red inalámbrica	Técnico	Línea de vista, topología de red. Ancho de banda de los enlaces, Simulación o cálculo de enlaces, Equipos a utilizar.
	Económico	Costos de los equipos e infraestructura de implementación
	Normativo	Normativa para bandas no licenciadas
Acceso a los servicios de internet e intranet	Técnico	Velocidad del servicio de internet e intranet en una institución según el número de computadoras. Servicios de red (Web/FTP, telefonía IP y videoconferencia) Aplicaciones de los servicios de red (telemedicina, teleeducación, gestión municipal)
	Económico	Costo de los servicios de internet e intranet según los Mbps de carga y descarga
	Normativo	Normativa y requisitos mínimos para la conexión a internet y otros servicios de red

3.4 Matriz de consistencia

Cuadro 19

Matriz de consistencia

<table>
<tr><td colspan="4">Título: Diseño de una red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet.</td></tr>
<tr><td>Problema</td><td>Objetivos</td><td>Hipótesis</td><td>Operacionalización de Variables</td></tr>
<tr><td>Problema General:</td><td>Objetivo general:</td><td>Hipótesis general:</td><td>Variables 1: Diseño de una red inalámbrica</td></tr>
<tr><td rowspan="2">¿Cuál sería el diseño de una red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet?

Problemas Específicos:

• ¿Cuál sería la topología de la red inalámbrica que conectará las principales localidades de los distritos?
• ¿Cuál sería la arquitectura de la red inalámbrica a diseñar?
• ¿Cuáles son los requerimientos de ancho de banda en cada una de las localidades de los distritos para los servicios de internet e intranet?
• ¿Cuál será el costo y/o presupuesto de implementación del diseño de red inalámbrica?</td><td rowspan="2">Diseñar una red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet.

Objetivos específicos:

• Definir la topología de la red inalámbrica que conectará las principales localidades de los distritos.
• Determinar la arquitectura de la red inalámbrica que se utilizará para el diseño.
• Evaluar los requerimientos de ancho de banda en cada una de las localidades que se conectarán a los servicios de internet e intranet de tal forma que contribuyan al diseño de la red inalámbrica.
• Determinar los costos y/o presupuesto para la implementación de la red inalámbrica</td><td rowspan="2">El diseño de la red inalámbrica que se proponga en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay determinará la dimensión técnica del acceso a los servicios de internet e intranet en cada una de las instituciones.

Hipótesis específicas:

• La topología de la red inalámbrica que conectará las principales localidades de los distritos debe contar con un nodo principal y nodos secundarios garantizando la disponibilidad, capacidad y funcionamiento de cada uno de los enlaces.
• La arquitectura de la red inalámbrica que se utilizará para el diseño tendrá que adecuarse a las necesidades o requerimientos de cada localidad permitiendo el acceso a los servicios de internet e intranet.
• Los requerimientos de capacidad o ancho de banda en cada una de las localidades estarán determinados por el tipo de servicio, número de instituciones beneficiarias y la cantidad de usuarios y/o terminales de red en cada uno de estos.
• El costo para la implementación de la red inalámbrica debe ser el más adecuado y viable, optimizando recursos.</td><td>
<table>
<tr><td>Dimensiones</td><td>Indicadores</td></tr>
<tr><td>Técnico</td><td>• Línea de vista, topología de red.
• Ancho de banda de los enlaces,
• Simulación o cálculo de enlaces,
• Equipos a utilizar.</td></tr>
<tr><td>Económico</td><td>Costos de los equipos e infraestructura de implementación</td></tr>
<tr><td>Normativo</td><td>Normativa para bandas no licenciadas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Variables 2: Acceso a los servicios de internet e intranet</td></tr>
<tr><td>Técnico</td><td>• Velocidad del servicio de internet e intranet en una institución según el número de computadoras.
• Servicios de red (Web/FTP, telefonía IP y videoconferencia)
• Aplicaciones de los servicios de red (telemedicina, teleeducación, gestión municipal)</td></tr>
<tr><td>Económico</td><td>Costo de los servicios de internet e intranet según los Mbps de carga y descarga</td></tr>
<tr><td>Normativo</td><td>Normativa y requisitos mínimos para la conexión a internet y otros servicios de red</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Población y Muestra</td><td>Metodología</td><td></td><td>Técnicas e instrumentos</td></tr>
<tr><td>Población
U = Universo: Las instituciones públicas de las localidades beneficiarias de Huari y Cajay.
N = Tamaño de la población: 70 instituciones públicas</td><td colspan="2">Método Científico (Hipotético Deductivo)
Tipo: Aplicada
Nivel: Observacional, Descriptivo, Relacional y Aplicativo</td><td rowspan="2">Técnica:
Experimental</td></tr>
<tr><td>Muestra
M = Muestra: Las instituciones públicas de las localidades beneficiarias de Huari y Cajay.
N = Tamaño de la muestra: 70 instituciones públicas</td><td colspan="2">Diseño de la investigación
• Cuantitativa, • Experimental,
• Prospectiva • Transversal</td><td>Instrumento :
Analisis de documentos,
Sistemas de Información geográfica</td></tr>
</table>

CAPÍTULO 4:
MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

4.1.1 Información general de los distritos

1) Distrito de Huari.

El distrito de Huari está ubicado en la provincia de Huari en el departamento de Ancash, se encuentra a 3149 m.s.n.m en promedio, comprende 45 localidades o centro poblados, el distrito ocupa un área de 398,91 km², la población total en todo el distrito es de 9178 habitantes según el último censo del 2017 por lo que su densidad poblacional es de aproximadamente 23,01 hab/km².

Figura 41

Ubicación del distrito de Huari en la provincia de Huari



En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de población y viviendas en todo el distrito de Huari según el Censo del 2017.

Cuadro 20

Población y viviendas censadas en el distrito de Huari, año 2017

POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas	Desocupadas
9 178	4 397	4 781	3 436	3 105	331

Nota. Basado en Censos Nacionales de Población y Vivienda (INEI, 2017).

2) Distrito de Cajay.

El distrito de Cajay está ubicado en la provincia de Huari en el departamento de Ancash, se encuentra a 3050 m.s.n.m en promedio, comprende 53 localidades o centro poblados, el distrito ocupa un área de 159.35 km², la población total en todo el distrito es de 2573 habitantes según el último censo

del 2017 por lo que su densidad poblacional es de aproximadamente 16.15 hab/km².

Figura 42

Ubicación del distrito de Cajay en la provincia de Huari



En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de población y viviendas en todo el distrito de Cajay según el Censo del 2017.

Cuadro 21

Población y viviendas censadas en el distrito de Cajay, año 2017

POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas	Desocupadas
2 573	1 202	1 371	1 116	999	117

Nota. Basado en Censos Nacionales de Población y Vivienda (INEI, 2017).

4.1.2 Localidades de los distritos de Huari y Cajay

En el siguiente cuadro se muestra la información de cada una de las localidades o centros poblados del distrito de Huari que llegan a ser 45 en total, se detalla información como el código de ubigeo, la región natural en la que se encuentran, su altitud y la cantidad de población en cada una de ellas.

Cuadro 22

Información de los centros poblados del distrito de Huari

Código	Centros Poblados	Región Natural	Altitud (m.s.n.m)	Población Censada		
				Total	Hombre	Mujer
021001	Distrito Huari			9 178	4 397	4 781
0001	Huari	Quechua	3 114	4 850	2 315	2 535
0002	Cabildo	Suni	3 835	15	9	6
0003	Yanagaga	Suni	3 696	102	50	52
0004	Tashta	Suni	3 843	144	76	68
0005	Pachachaca	Suni	3 707	189	88	101
0006	Morocancha	Suni	3 804	55	34	21
0007	Romero Pampa	Suni	3 702	24	11	13
0008	Huamparan	Suni	3 596	361	174	187
0009	Mituchaca	Quechua	3 487	113	54	59
0010	Ragrag Achikyarag	Quechua	3 413	48	18	30
0011	Quillicsha	Quechua	3 342	1	1	-
0012	Cachichinan	Suni	3 881	7	3	4
0013	Pumacancha	Quechua	3 425	37	19	18
0014	Huamantanga	Quechua	3 329	103	49	54
0015	Yarmata	Quechua	3 207	72	35	37
0016	Marcash	Quechua	3 284	15	7	8
0017	Colcas	Quechua	3 184	199	89	110
0018	Chancullo	Quechua	3 054	101	48	53
0019	Acopalca	Quechua	3 074	813	388	425
0021	Ampatac	Quechua	3 116	77	40	37
0022	Ulia	Quechua	2 990	121	57	64
0024	Huaman Marca	Quechua	3 497	31	12	19
0025	Querobamba	Quechua	3 356	79	41	38
0026	Ampas	Quechua	3 421	229	98	131
0027	Carmenchaca	Quechua	2 802	2	1	1
0028	Cushin	Quechua	3 261	70	38	32
0029	Sheque	Quechua	3 128	60	28	32
0030	Anta Paccha	Quechua	3 296	32	14	18
0031	Buenos Aires	Quechua	3 376	10	6	4
0032	Pariaucro	Quechua	3 259	36	16	20
0033	Yacya	Suni	3 534	366	181	185
0034	Lucma Pampa	Quechua	2 761	2	2	-
0035	Pomachaca	Quechua	2 678	28	13	15
0036	Poyoyoc	Quechua	3 325	22	10	12
0037	Cullcuy	Quechua	3 426	17	8	9
0038	Andabamba	Quechua	3 230	29	14	15
0039	Urpay	Quechua	3 274	30	17	13
0040	Mallas	Quechua	3 177	278	127	151
0041	Colpa	Quechua	2 985	80	35	45
0042	Challhuayaco	Quechua	3 252	74	39	35
0043	Lluytsucollpana	Suni	3 813	11	5	6
0046	Vista Alegre	Quechua	3 149	144	77	67
0048	Ocshapampa	Suni	3 892	77	38	39
0049	Lucmayoc	Quechua	3 339	3	1	2
0050	Ocsharutunan	Suni	3 905	21	11	10

Nota. Datos tomados de Censos Nacionales de Población y Vivienda (INEI, 2017)

En el siguiente cuadro se muestra la información de cada una de las localidades o centros poblados del distrito de Cajay que llegan a ser 53 en total, se detalla información como el código de ubigeo, la región natural en la que se encuentran, su altitud y la cantidad de población en cada una de ellas.

Cuadro 23

Información de los centros poblados del distrito de Cajay

Código	Centros Poblados	Región Natural	Altitud (m.s.n.m)	Población censada		
				Total	Hombre	Mujer
021003	Distrito Cajay			2 573	1 202	1 371
0001	Cajay	Quechua	3 175	652	319	333
0002	Chaupiloma	Puna	4 016	104	57	47
0003	Sharco	Suni	3 673	143	63	80
0004	Ushno	Suni	3 574	14	7	7
0005	Collota	Quechua	3 463	121	53	68
0007	Chacaragra	Suni	3 540	94	42	52
0008	Illauro	Suni	3 900	-	-	-
0009	B. Vista de Cachuna	Suni	3 699	50	22	28
0011	Yanacolpa	Puna	4 287	-	-	-
0012	Huaritambo	Quechua	3 392	298	137	161
0013	Queroragra	Suni	3 759	210	98	112
0014	Paro	Suni	3 882	54	27	27
0015	Cashaucro	Suni	3 730	2	1	1
0017	Ganllajirca	Quechua	2 783	-	-	-
0018	Rayampampa	Suni	3 752	28	12	16
0021	Kenwash	Quechua	3 299	21	7	14
0022	Incanani	Quechua	3 134	29	13	16
0024	Leglia (Legliaj)	Quechua	3 305	23	5	18
0025	Agocancha Alto	Quechua	3 298	14	5	9
0026	Cayas	Quechua	3 197	86	37	49
0027	Delantero	Quechua	3 206	48	26	22
0029	Tarajircan	Quechua	3 228	3	3	-
0030	Muyuna	Quechua	3 099	13	7	6
0031	Cajayragra	Quechua	3 149	16	7	9
0032	Cruzjircan	Quechua	3 147	19	6	13
0033	Puquiush	Quechua	3 023	4	2	2
0034	Huancarpata	Quechua	3 138	210	108	102
0035	Quichituna	Quechua	2 968	13	8	5
0036	Arashniyoc	Quechua	3 002	19	7	12
0037	Huayochaca	Quechua	2 901	56	30	26
0038	Yayupampa	Suni	3 566	-	-	-
0040	Cardonyoc	Quechua	2 872	16	9	7
0042	Huayllabamba	Quechua	3 491	24	7	17
0044	Pacubamba	Quechua	3 333	4	-	4
0045	Secsibamba	Quechua	3 251	-	-	-
0046	Pumpush	Quechua	2 912	-	-	-
0047	Chinchas	Quechua	2 986	28	11	17
0048	Huagampa	Quechua	2 717	-	-	-
0050	Tranca	Quechua	2 983	-	-	-
0051	Pucallpa	Quechua	3 463	51	22	29
0052	Mucash	Quechua	2 985	-	-	-
0053	Inka Yako	Quechua	3 233	6	3	3
0054	Mujun	Quechua	3 308	20	10	10
0057	Montipucro	Quechua	3 284	1	-	1
0068	Coquitan	Quechua	3 127	9	5	4
0069	Lino Patac	Quechua	3 138	4	2	2
0070	Guerurajra	Quechua	2 794	4	2	2
0071	Rayanpatac	Quechua	3 374	-	-	-
0072	Turunapampa	Quechua	3 293	6	2	4
0073	Pocpocya	Suni	3 698	1	-	1
0075	Chaupihogu	Suni	3 505	13	6	7
0076	Quitapampa	Quechua	3 476	2	1	1
0077	Rako Jirkan	Quechua	3 156	40	13	27

Nota. Datos tomados de Censos Nacionales de Población y Vivienda (INEI, 2017)

4.1.3 Localidades beneficiarias

Para este trabajo de investigación se elegirá como máximo al 50% de localidades de un distrito que tengan mayor cantidad de población pero que también cuenten con al menos una institución pública (colegio, establecimieto de salud, municipio, centro comunitario). De esta forma el proyecto del diseño de la red inalámbrica tendrá un mayor impacto en cuanto a la cantidad de población beneficiaria, ya que se busca también dar la mayor cobertura posible de los servicios de internet e intranet a las instituciones públicas y/o centros comunitarios de ambos distritos.

Por ello en el siguiente cuadro se muestran que existen 19 localidades con mayor cantidad de población y que a su vez cuentan con al menos una institución pública en el distrito de Huari.

Cuadro 24

Centros poblados beneficiarios del distrito de Huari

CÓDIGO (ubigeo)	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	Población
0210010001	Huari	Quechua	3 114	4850
0210010019	Acopalca	Quechua	3 074	813
0210010033	Yacya	Suni	3 534	366
0210010008	Huamparan	Suni	3 596	361
0210010040	Mallas	Quechua	3 177	278
0210010026	Ampas	Quechua	3 421	229
0210010017	Colcas	Quechua	3 184	199
0210010005	Pachachaca	Suni	3 707	189
0210010004	Tashta	Suni	3 843	144
0210010022	Ulia	Quechua	2 990	121
0210010009	Mituchaca	Quechua	3 487	113
0210010014	Huamantanga	Quechua	3 329	103
0210010003	Yanagaga	Suni	3 696	102
0210010041	Colpa	Quechua	2 985	80
0210010025	Querobamba	Quechua	3 356	79
0210010021	Ampatac	Quechua	3 116	77
0210010048	Ocshapampa	Suni	3 892	77
0210010015	Yarmata	Quechua	3 207	72
0210010028	Cushin	Quechua	3 261	70
Población total				**8323**

Nota. Localidades seleccionadas del distrito de Huari para la implementación del diseño de la red inalámbrica. Los detalles o información de las localidades son tomados de Censos Nacionales de Población y Vivienda (INEI, 2017).

En el caso del distrito de Cajay se observa que existen 13 localidades con mayor cantidad de población y que a su vez cuentan con al menos una institución pública en el distrito tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 25

Centros poblados beneficiarios del distrito de Cajay

CÓDIGO (ubigeo)	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	Población
0210030001	Cajay	Quechua	3 175	652
0210030012	Huaritambo	Quechua	3 392	298
0210030013	Queroragra	Suni	3 759	210
0210030034	Huancarpata	Quechua	3 138	210
0210030003	Sharco	Suni	3 673	143
0210030005	Collota	Quechua	3 463	121
0210030002	Chaupiloma	Puna	4 016	104
0210030007	Chacaragra	Suni	3 540	94
0210030026	Cayas	Quechua	3 197	86
0210030014	Paro	Suni	3 882	54
0210030009	Buena Vista de Cachuna	Suni	3 699	50
0210030047	Chinchas	Quechua	2 986	28
0210030042	Huayllabamba	Quechua	3 491	24
Población total				**2074**

Nota. Localidades seleccionadas del distrito de Cajay para la implementación del diseño de la red inalámbrica. Los detalles o información de las localidades son tomados de Censos Nacionales de Población y Vivienda (INEI, 2017)

4.1.4 Instituciones beneficiarias

En la elección de las instituciones beneficiarias se considerará todas las instituciones públicas que sean colegios, establecimientos de salud, municipalidades y centros comunales de todas las localidades elegidas, esto debido a que son muy pocas las instituciones que existen en cada uno de ellas, excepto con la cantidad de colegios que hay en la ciudad de Huari ya que ahí se concentra un mayor número de colegios, en comparación con las demás

localidades, es por eso que en el caso de Huari se elegirá los colegios con mayor número de alumnos.

1) Instituciones educativas beneficiarias

Las instituciones educativas beneficiarias serán en total 51, de tal forma que 31 de estas instituciones pertenecen al distrito de Huari y los 20 restantes al distrito de Cajay, estas instituciones serán las que se encuentren dentro de las localidades beneficiarias elegidas, se elegirán como máximo 2 instituciones educativas por cada localidad, ya que la mayoría de localidades tienen como máximo 2 colegios. En el caso de la localidad de Huari, este concentra varios colegios y/o centros educativos por ser la capital de la provincia del mismo nombre por lo que posee la mayor cantidad de población en su ciudad, es por esto que para la localidad de Huari se elegirá 2 instituciones educativas que sean de gestión pública y que tengan la mayor cantidad de alumnos y/o personal docente además se incluirá a la UGEL de Huari ya que esta será la sede donde se proyecte la instalación de los servidores para el servicio de Teleeducación. Cabe destacar que la información del número de alumnos y docentes en los centros educativos se obtuvo de fuentes oficiales como el MINEDU, y MIDIS.

A continuación, se muestra en el siguiente cuadro con las 31 instituciones educativas beneficiarias que se han elegido en el distrito de Huari para este proyecto.

Cuadro 26

Instituciones educativas beneficiarias en el distrito de Huari

Distrito	Localidad	Nombre I.E	Dirección	Docentes	Alumnos	Latitud	Longitud
Huari	Huari	UGEL-Huari [a]	Av. Magisterial	50	-	-9.3508	-77.1729
	Huari	Manuel Gonzalez Prada [a]	Av. Circunvalacion 425	53	778	-9.3507	-77.1725
	Huari	Silvia Ruff [a]	Jr. Sucre 130	25	528	-9.3491	-77.1712
	Acopalca	281 [a]	Acopalca	3	36	-9.3294	-77.1858
	Acopalca	86331 [a]	Pedregal S/N	6	61	-9.3301	-77.1854
	Yacya	324 [a]	Yacya	1	10	-9.3837	-77.1697
	Yacya	86329 Maria Jiray [a]	Yacya	11	57	-9.3845	-77.1698
	Huamparan	86328 Sagrado Corazon De Jesus [a]	Carretera Huamparan	4	46	-9.2624	-77.1721
	Huamparan	Nuestra Señora De Guadalupe [a]	Huamparan S/N	14	114	-9.2611	-77.1723
	Mallas	86327 [a]	Mallas s/n	3	46	-9.4018	-77.1911
	Mallas	Virgen Del Carmen [a]	Mallas S/N	8	32	-9.4012	-77.1893
	Ampas	86330 [a]	Ampas S/N	1	13	-9.3554	-77.1829
	Ampas	Los Huanchacos [b]	Ampas	-	7	-9.3558	-77.1829
	Colcas	287 [a]	Colcas	1	7	-9.3205	-77.1695
	Colcas	86326 Manuel Lora Camones [a]	Colcas	2	31	-9.3206	-77.1691
	Pachachaca	2619 [a]	Pachachaca	1	8	-9.2413	-77.1714
	Pachachaca	86333 [a]	Pachachaca	12	162	-9.2349	-77.1724
	Tashta	91 [a]	Tashta	2	21	-9.2274	-77.1822
	Tashta	86766-1 [a]	Carretera Tashta s/n	3	33	-9.2271	-77.1826
	Ulia	Los Tulipanes [b]	Ulia	-	4	-9.3346	-77.174
	Mituchaca	Los Geranios [b]	Mituchaca	-	5	-9.2766	-77.171
	Huamantanga	420 [a]	Carretera Huamantanga s/n	1	9	-9.2981	-77.1692
	Huamantanga	86332 [a]	Carretera Huamantanga S/N	3	39	-9.2995	-77.1693
	Yanagaga	86334-1 [a]	Yanagaga S/N	3	32	-9.2222	-77.1755
	Yanagaga	Los Gavilanes [b]	Yanagaga	-	14	-9.2224	-77.1752
	Colpa	86391 [a]	Colpa S/N	1	2	-9.415	-77.1928
	Colpa	Las Abejitas [b]	Colpa	-	1	-9.4152	-77.1927
	Querobamba	Las Abejitas [b]	Colpa	-	5	-9.4152	-77.1927
	Ampatag	640 [a]	Ampatac	1	8	-9.3405	-77.1713
	Oqshapampa	Las Semillitas [b]	Oqshapampa	-	10	-9.2119	-77.1757
	Yarmata	423 [a]	Carretera Yarmata s/n	1	8	-9.3092	-77.1711

Nota. La información de las instituciones elegidas para este proyecto fue tomada de fuentes como [a] ESCALE MINEDU (2023) y [b] MIDIS (2022).

Así mismo, en el siguiente cuadro se muestra las 20 instituciones educativas beneficiarias que se han elegido en el distrito de Cajay para este proyecto.

Cuadro 27

Instituciones educativas beneficiarias en el distrito de Cajay

Distrito	Localidad	Nombre I.E	Dirección	Docentes	Alumnos	Latitud	Longitud
Cajay	Cajay	86335 [(a)]	Jr. Pedro Aguirre S/N	6	105	-9.32256	-77.1578
	Cajay	Mariano Melgar Valdiviezo [(a)]	Av. Pedro Aguirre S/N	12	94	-9.32272	-77.1586
	Huaritambo	422 [(a)]	Huaritambo S/N	2	24	-9.28227	-77.1612
	Huaritambo	86393 [(a)]	Huaritambo	13	91	-9.28224	-77.1622
	Queroragra	86337 [(a)]	Queroragra S/N	3	37	-9.29118	-77.0748
	Queroragra	Inca Garcilazo De La Vega [(a)]	Queroragra S/N	7	45	-9.29141	-77.0756
	Huancarpata	86765 [(a)]	Huancarpata S/N	1	1	-9.33664	-77.1544
	Sharco	473 [(a)]	Sharco	2	18	-9.2266	-77.1728
	Collota	86869 [(a)]	Collota	4	42	-9.26426	-77.1604
	Chaupiloma	86992 [(a)]	Chaupiloma S/N	1	17	-9.20806	-77.1683
	Chaupiloma	Los Condores [(b)]	Chaupiloma	-	8	-9.2079	-77.1683
	Chacaragra	86338 [(a)]	Chacaragra	1	10	-9.26561	-77.0875
	Chacaragra	Las Margaritas [(b)]	Chacaragra	-	5	-9.26557	-77.0876
	Cayas	387 [(a)]	Cayas	1	9	-9.30925	-77.1607
	Cayas	86394 [(a)]	Cayas s/n	2	19	-9.30995	-77.1609
	Paro	86441 [(a)]	Paro	1	14	-9.29317	-77.0656
	Paro	Los Jilgeros [(b)]	Paro	-	4	-9.29236	-77.0651
	Huayllabamba	86027 [(a)]	Huayllabamba S/N	1	4	-9.3558	-77.1419
	Huayllabamba	Flor De Waqanku [(b)]	Huayllabamba	-	2	-9.35581	-77.1418
	Buena Vista De Cachuna	86055 [(a)]	Buena Vista de Cachuna S/N	1	4	-9.27866	-77.0752

Nota. La información de las instituciones elegidas para este proyecto fue tomada de fuentes como [(a)] ESCALE MINEDU (2023) y [(b)] MIDIS (2022).

2) Establecimientos de salud beneficiarios:

Los centros de salud y/o postas médicas que se considerarán como beneficiarios de los servicios de internet e intranet serán todos los que existan en estos dos distritos, esto debido a que la mayoría de localidades no cuentan con un centro médico de este tipo. Así pues, se observa que hay en total 8 centros de salud (7 postas y un centro médico) en toda la región comprendida entre estos dos distritos.

Cuadro 28

Establecimientos de salud beneficiarios en los distritos de Huari y Cajay

Distrito	Localidad	Nombre del establecimiento	Latitud	Longitud	N° de trabajadores	Dirección
Huari	Huamparan	Puesto de Salud II de Huamparan [a] [b]	-9.25962	-77.17274	2	Carretera Central Huamparan S/N
	Mallas	Puesto de Mallas [a] [b]	-9.40185	-77.19504	2	Otro centro poblado de Mallas S/N
	Yacya	Puesto de Salud Yacya [a] [b]	-9.38012	-77.17204	-	Otro centro poblado de Yacya S/N
	Huari	Centro Medico Huari [a] [b]	-9.34946	-77.17345	12	Jr. San Martin 1105
	Colcas	Puesto de Salud Colcas [a] [b]	-9.32106	-77.16904	4	Carretera Central S/N Colcas
Cajay	Cajay	Posta Médica de Cajay [a] [b]	-9.32150	-77.15820	13	Av. Pedro Aguirre S/N
	Huaritambo	Posta de salud de Huaritambo [b]	-9.28200	-77.16200	1	-
	Queroragra	Posta Médica de Queroragra [a] [b]	-9.29090	-77.07360	3	Otro centro poblado Queroragra

Nota. La información de las instituciones elegidas para este proyecto fue tomada de fuentes como [a] CONAREME (2019), [b] INEI-SIGE (2020).

3) Municipalidades y centros comunitarios.

En el distrito de Huari se encuentra la municipalidad provincial de Huari, mientras que en 3 de los centros poblados que pertenecen a este distrito existen dependencias municipales.

En el distrito de Cajay se encuentra la municipalidad distrital de Cajay, mientras que en 2 de los centros poblados que pertenecen a este distrito presentan dependencias municipales.

Cabe resaltar que hay localidades que no cuentan con ninguna institución pública educativa, de salud o municipal, sin embargo, si cuentan con centros comunitarios, así por ejemplo hay un centro comunal en cada una de las localidades de Acopalca, Tashta y Cushin, los cuales pertenecen al distrito de Huari, también existe un centro comunitario en la localidad de Chinchas que pertenece al distrito de Cajay. Para este proyecto se considerará a estos 4 centros comunitarios que se encuentran en las localidades anteriormente mencionadas como instituciones beneficiarias para el acceso a los servicios de internet e intranet, ya que esto servirá para comunicar o coordinar los problemas y necesidades de los habitantes de dichas localidades con la municipalidad de su respectivo distrito. En total se considerará 4 centros comunales en el diseño de la red inalámbrica que se propone en esta investigación, de los cuales 3 se ubican en el distrito de Huari y 1 en el distrito de Cajay. En el siguiente cuadro se muestra la información de las 11 instituciones que están conformadas por municipalidades, dependencias municipales y centros comunales.

Cuadro 29

Municipalidades y centros comunitarios en los distritos de Huari y Cajay

Distrito	Localidad	Nombre del establecimiento	Latitud	Longitud	Dirección	N° trabajadores
Huari	Huari	Municipalidad Provincial de Huari	-9.34707	-77.17061	Jr. Ramón Castilla N° 470	31
	Acopalca	Local Comunal	-9.33021	-77.18537	Plaza de Acopalca	-
	Tashta	Centro de promoción y vigilancia comunal	-9.22799	-77.18019	-	1
	Huamantanga	Municipalidad de centro poblado de Huamantanga	-9.29931	-77.16969	Plaza Huamantanga	3
	Yacya	Municipalidad de centro poblado de Yacya	-9.38451	-77.16923	Jr. Antonio Antahuanca (Plaza de Armas)	5
	Colcas	Municipalidad de centro poblado de Colcas	-9.31580	-77.17097	Plaza de Colcas	4
	Cushin	Centro comunitario	-9.35936	-77.17272	Plaza de Cushin	-
Cajay	Cajay	Municipalidad distrital de Cajay	-9.32582	-77.15754	Plaza de Armas S/N	20
	Queroragra	Municipalidad de centro poblado de Queroragra	-9.29096	-77.07386	Plaza de Armas S/N	6
	Chinchas	Centro comunitario	-9.37224	-77.14402	Plaza de Chinchas	-
	Huaritambo	Municipalidad de centro poblado de Huaritambo	-9.28241	-77.16220	Calle Principal Nro. S/N	-

Nota. La información de las instituciones elegidas para este proyecto fue tomada de INEI-SIGE (2020).

4.1.5 Indicadores de educación, salud, economía y conectividad

1) Ratio de alumnos por computadora en una institución educativa.

Según la información del Censo Educativo del Ministerio de Educación se tiene que existe un parámetro conocido como el ratio de alumnos por computadora tanto a nivel primaria como secundaria en una institución educativa. Se analizará dichos valores para poder determinar el número de computadoras que se proyectarán en cada colegio que involucre este trabajo de investigación.

Según el tipo de gestión.

Cuadro 30

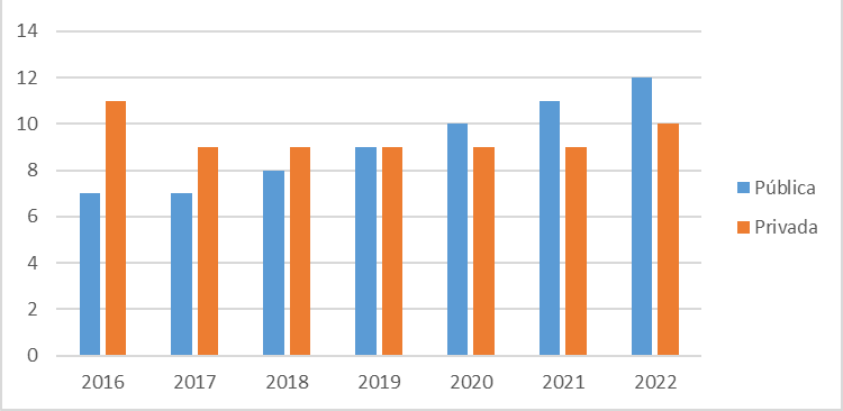
Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el Perú según la gestion

Gestión	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Pública	7	7	8	9	10	11	12
Privada	11	9	9	9	9	9	10

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Figura 43

Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el Perú según la gestion



Nota. Elaborado con datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Cuadro 31

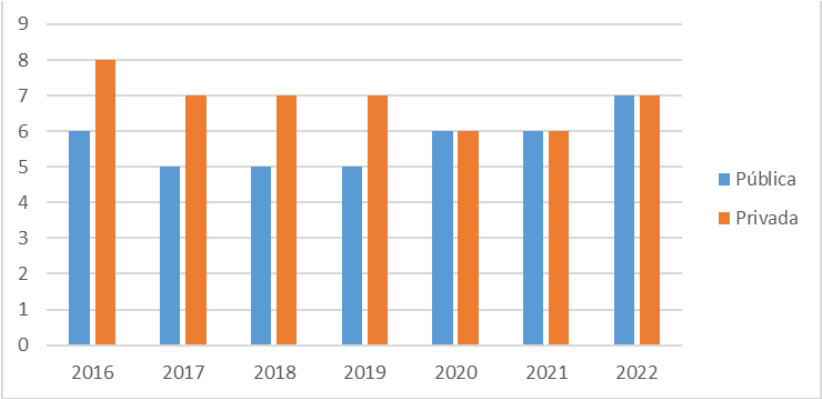
Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el Perú según la gestión

Gestión	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Pública	6	5	5	5	6	6	7
Privada	8	7	7	7	6	6	7

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Figura 44

Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el Perú según la gestión



Nota. Elaborado con datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Analizando la información anterior observamos que 12 y 7 es la cantidad máxima de alumnos por computadora en instituciones educativas de gestión pública de nivel primaria y secundaria respectivamente durante el periodo 2016 - 2022. Esto nos interesa debido a que los colegios que formen parte de este proyecto serán mayormente de gestión pública.

Según el tipo de zona.

Cuadro 32

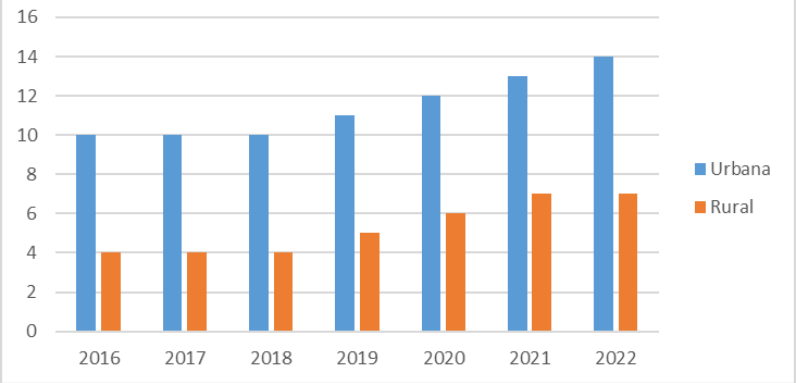
Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el Perú según la zona

Área	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Urbana	10	10	10	11	12	13	14
Rural	4	4	4	5	6	7	7

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Figura 45

Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el Perú según la zona



Nota. Elaborado con datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Cuadro 33

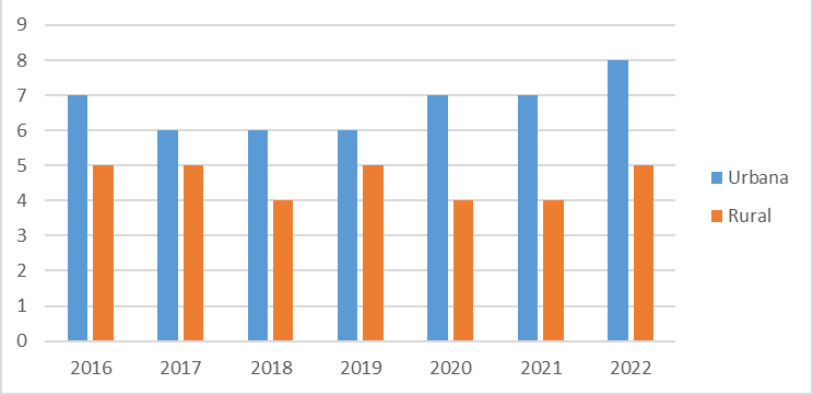
Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el Perú según la zona

Área	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Urbana	7	6	6	6	7	7	8
Rural	5	5	4	5	4	4	5

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Figura 46

Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el Perú según la zona



Nota. Elaborado con los datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Se observa que el número máximo de alumnos por computadora es 7 y 5 en instituciones educativas de zonas rurales de nivel primaria y secundaria respectivamente durante el periodo 2016 - 2022. Esto también es importante ya que las localidades que formen parte de este proyecto serán mayormente zonas rurales.

Según la región o departamento.

Cuadro 34

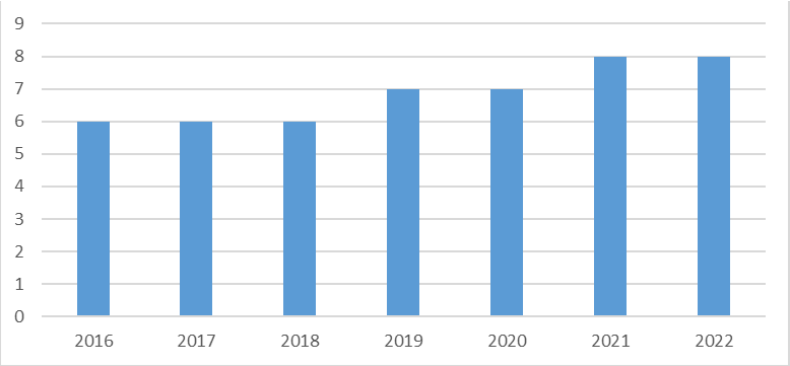
Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el departamento de Ancash

Región	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ancash	6	6	6	7	7	8	8

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Figura 47

Ratio de alumnos por PC en el nivel primaria en el departamento de Ancash



Nota. Elaborado con los datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Cuadro 35

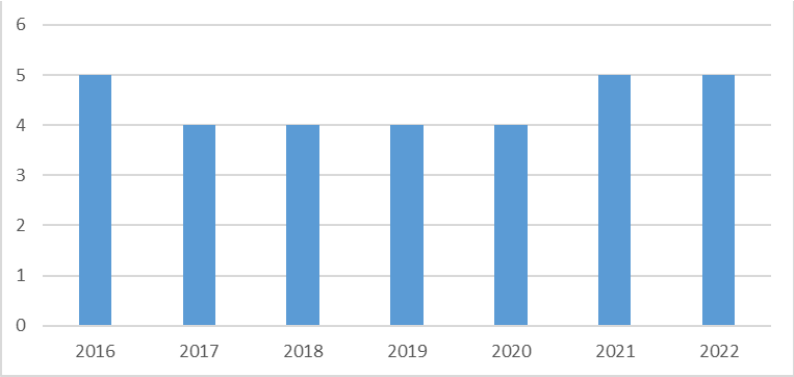
Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el departamento de Ancash

Región	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ancash	5	4	4	4	4	5	5

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Figura 48

Ratio de alumnos por PC en el nivel secundaria en el departamento de Ancash



Nota. Elaborado con los datos tomados de ESCALE MINEDU (2022)

Y por último el número máximo de alumnos por computadora es 8 y 5 en instituciones educativas de la región Áncash de nivel primaria y secundaria respectivamente durante el periodo 2016 - 2022. Esto es de interés porque el proyecto que se plantea involucra a dos distritos que pertenecen a esta región o departamento.

De las tres afirmaciones hechas podemos decir que el número de alumnos por computadora está en el intervalo de 5 a 12 como máximo.

2) Nivel de educación alcanzado por la población de 15 a más años de edad en el departamento de Áncash

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de personas que alcanzó un determinado nivel de educación respecto del total de población de 15 a más años de edad a lo largo del periodo 2011 – 2021.

Cuadro 36

Nivel de educación de la población de 15 a más años de edad en Áncash

Año vs Nivel de educación alcanzado	Sin nivel/inicial	Primaria	Secundaria	Superior no universitaria	Superior universitaria
2011	7.42%	25.84%	41.09%	11.52%	14.13%
2012	7.18%	24.49%	42.17%	11.94%	14.23%
2013	5.91%	26.72%	41.90%	11.50%	13.97%
2014	6.07%	26.60%	41.09%	10.83%	15.41%
2015	6.18%	26.23%	43.48%	9.93%	14.17%
2016	5.61%	24.78%	42.95%	10.19%	16.47%
2017	6.28%	24.83%	43.94%	10.56%	14.39%
2018	6.22%	24.48%	43.63%	10.19%	15.48%
2019	5.77%	24.61%	41.32%	11.91%	16.40%
2020	5.34%	24.61%	43.68%	11.55%	14.82%
2021	5.25%	24.30%	42.68%	10.68%	17.09%

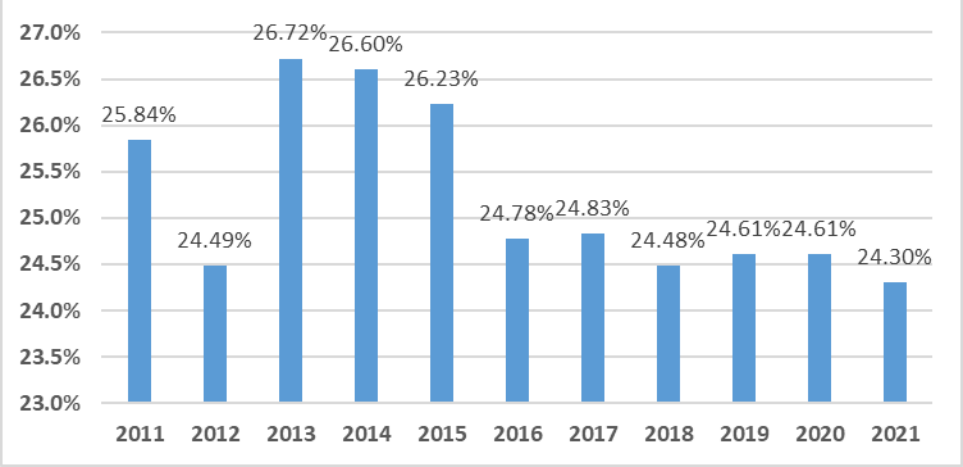
Fuente. Datos tomados del INEI (2021)

Como observamos en el cuadro anterior el mayor porcentaje corresponde con las personas que solo alcanzarón el nivel de educación secundaria, seguido de los que solo terminaron el nivel de educación primaria. Esto se ha mantenido desde el 2011 hasta el 2021.

En el siguiente gráfico se muestra el porcentaje de personas de 15 a más años de edad que alcanzaron hasta el nivel de educación primaria en el departamento de Áncash a lo largo del periodo 2011 – 2021.

Figura 49

Nivel primaria alcanzado por la población de 15 a más años de edad en Áncash

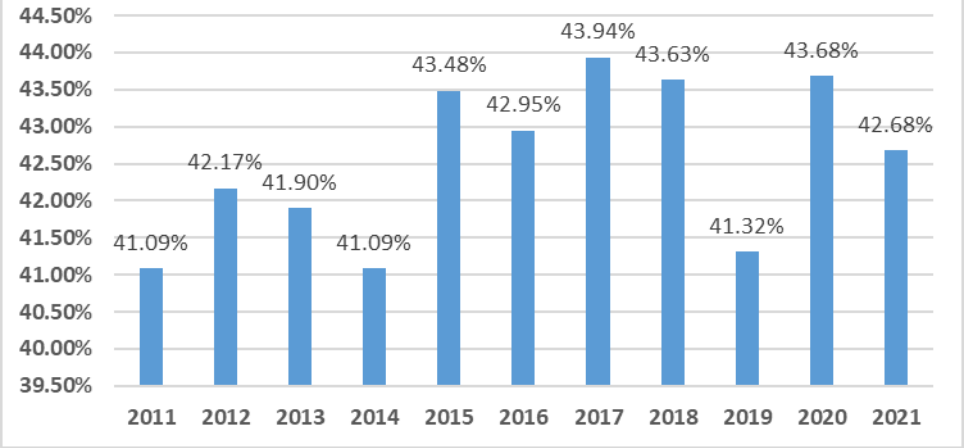


Nota. Se muestra el porcentaje de la población de 15 a más años de edad que alcanzó el nivel primaria. Elaborado con datos tomados del INEI (2021).

En el siguiente gráfico se muestra el porcentaje de las personas de 15 a más años de edad que alcanzaron hasta el nivel de educación secundaria en el departamento de Áncash a lo largo del periodo 2011 – 2021.

Figura 50

Nivel secundaria alcanzado por la población de 15 a más años de edad en Áncash



Nota. Se muestra el porcentaje de la población de 15 a más años de edad que alcanzó el nivel secundaria. Elaborado con datos tomados del INEI (2021).

3) Tasa de analfabetismo de la población de 15 a más años de edad en el departamento de Áncash

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje o tasa de analfabetismo respecto del total de población de 15 y más años de edad a lo largo del periodo 2010 – 2021.

Cuadro 37

Tasa de analfabetismo de la población de 15 a más años de edad en Áncash

Año	Tasa de analfabetismo
2010	11.32%
2011	11.38%
2012	9.85%
2013	8.96%
2014	9.14%
2015	9.47%
2016	8.69%
2017	9.96%
2018	9.56%
2019	9.01%
2020	10.33%
2021	8.30%

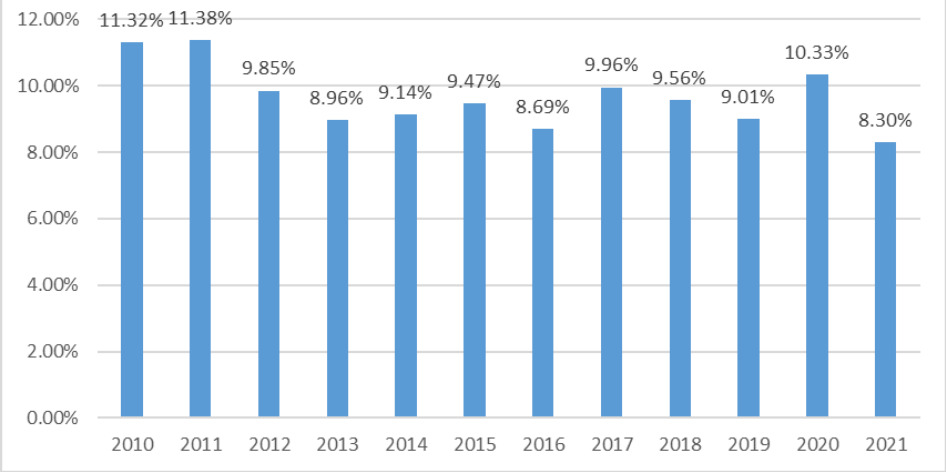
Fuente. Datos tomados del INEI (2021)

Como observamos en el cuadro anterior el mayor porcentaje o tasa de analfabetismo a lo largo del periodo 2010 - 2021 se dio en el año 2011.

En el siguiente gráfico se muestra el porcentaje o tasa de analfabetismo respecto de las personas de 15 a más años de edad en el departamento de Áncash, a lo largo del periodo 2010 – 2021.

Figura 51

Tasa de analfabetismo de la población de 15 a más años de edad en Áncash



Nota. Elaborado con datos tomados de INEI (2021).

4) Porcentaje de estudiantes con repitencia en los distritos de Huari y Cajay

Nivel primaria

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de estudiantes que se matricularon por segunda vez o más en un cierto grado del nivel primaria respecto del total de alumnos que se matricularon al inicio del año del correspondiente nivel educativo en los distritos de Huari y Cajay durante el periodo 2016 – 2021.

Cuadro 38

Porcentaje de estudiantes con repitencia en el nivel primaria según distrito

Distrito	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Huari	2.8	1.3	1.5	1.4	1.3	0.1
Cajay	4.3	6.8	4.1	1.6	2.8	1.4

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2021)

Nivel secundaria

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de estudiantes que se matricularon por segunda vez o más en un cierto grado del nivel secundaria respecto del total de alumnos que se matricularon al inicio del año del correspondiente nivel educativo en los distritos de Huari y Cajay durante el periodo 2016 – 2021.

Cuadro 39

Porcentaje de estudiantes con repitencia en el nivel secundaria según distrito

Distrito	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Huari	1.8	0.3	1.5	0.4	0.9	0.0
Cajay	0.0	0.4	0.0	0.5	0.5	1.0

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2021)

5) Porcentaje de estudiantes con atraso escolar en los distritos de Huari y Cajay

Se entiende por atraso escolar a aquella situación en la que un estudiante no alcanza los objetivos curriculares y se produce un desbalance entre sus

capacidades y la exigencia escolar, lo que puede ocasionar un bajo rendimiento en los estudios, repitencia de grado y hasta deserción escolar.

Nivel primaria

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de alumnos con atraso escolar del total de alumnos que se matricularon en el respectivo año para el nivel primaria en los distritos de Huari y Cajay durante el periodo 2016 – 2021.

Cuadro 40

Porcentaje de estudiantes con atraso escolar en el nivel primaria por distrito

Distrito	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Huari	6.2	5.3	2.6	3	3.9	2.5
Cajay	24.2	13.2	8.2	7.1	5.2	1.8

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2021)

Nivel secundaria

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de alumnos con atraso escolar del total de alumnos que se matricularon en el respectivo año para el nivel secundaria en los distritos de Huari y Cajay durante el periodo 2016 – 2021.

Cuadro 41

Porcentaje de estudiantes con atraso escolar en el nivel secundaria por distrito

Distrito	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Huari	1.8	0.3	1.5	0.4	0.9	0.0
Cajay	0.0	0.4	0.0	0.5	0.5	1.0

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2021)

6) Porcentaje de estudiantes aprobados en los distritos de Huari y Cajay

Nivel primaria

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de estudiantes aprobados en el respectivo año para el nivel primaria en los distritos de Huari y Cajay durante el periodo 2016 – 2019.

Cuadro 42

Porcentaje de estudiantes aprobados en el nivel primaria según distrito

Distrito	2016	2017	2018	2019
Huari	97.9	97.9	98.2	98.5
Cajay	94.6	93.4	95.8	96.4

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2020)

Nivel secundaria

En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje de estudiantes aprobados en el respectivo año para el nivel secundaria en los distritos de Huari y Cajay durante el periodo 2016 – 2019.

Cuadro 43

Porcentaje de estudiantes aprobados en el nivel secundaria según distrito

Distrito	2016	2017	2018	2019
Huari	97.8	98.1	96.4	98.2
Cajay	93.6	96.9	98.7	97.4

Fuente. Datos tomados de ESCALE MINEDU (2020)

7) Número de hogares sin conexión a internet en los distritos

En el siguiente cuadro se muestra Número de hogares sin conexión a internet en los distritos de Huari y Cajay según INEI (2017).

Cuadro 44

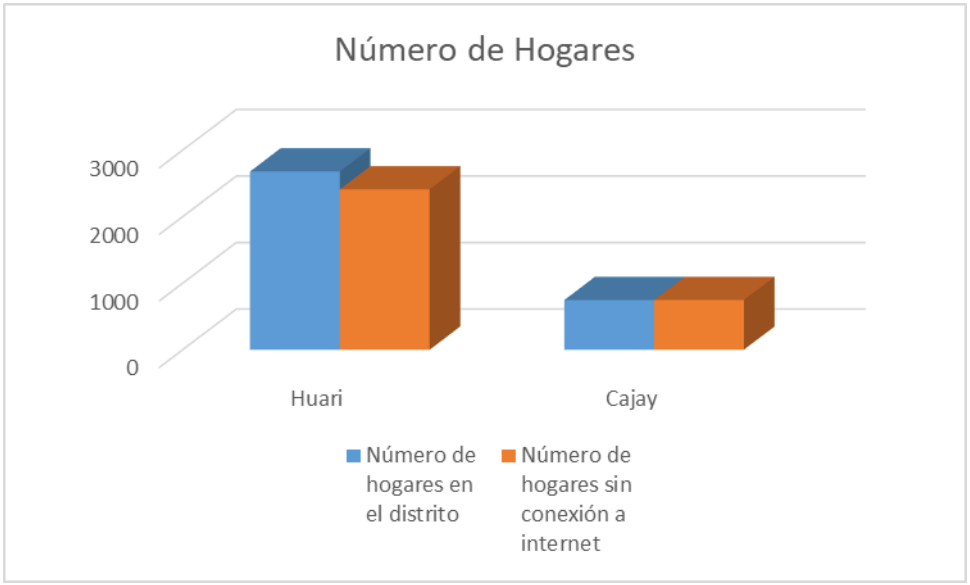
Número de hogares sin conexión a internet en los distritos de Huari y Cajay

Distrito	Número de hogares en el distrito	Número de hogares sin conexión a internet	% de hogares sin conexión a internet
Huari	2680	2411	90
Cajay	748	748	100

Fuente. Datos tomados del INEI (2017)

Figura 52

Número de hogares sin conexión a internet en los distritos de Huari y Cajay

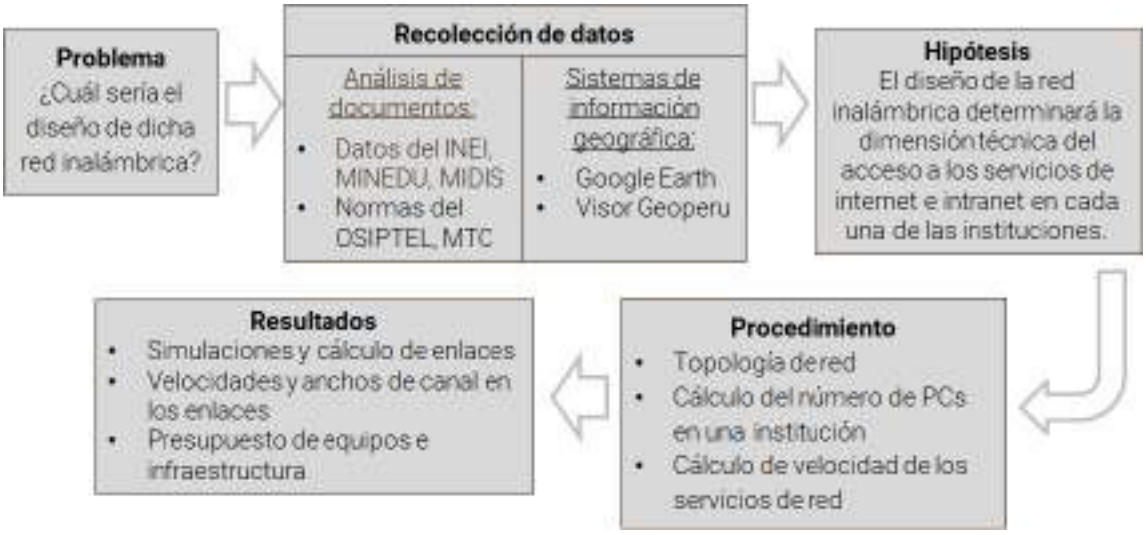


Nota. Elaborado con datos tomados del INEI (2017).

4.2 Metodología

Figura 53

Metodología de la de investigación



Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utiliza el método científico, ya que se basa en la observación, la formulación de preguntas e hipótesis, la realización de experimentos controlados, el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos y la elaboración de conclusiones basadas en evidencia empírica. Tambien es hipotético deductivo porque se propone una hipótesis o una explicación tentativa al fenómeno observado y la deducción lógica de consecuencias que serán sometidas a pruebas empíricas rigurosas con el fin de determinar la validez de la hipótesis.

El fenómeno observado es la necesidad de un diseño de red inalámbrica en los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet.

La formulación del problema principal se basa en encontrar cual sería el diseño de esta red inalámbrica.

La formulación de la hipótesis es que el diseño de red inalámbrica que se proponga determinará la dimensión técnica del acceso a los servicios de internet e intranet en cada una de las instituciones.

El diseño de la experimentación quedará determinado por los instrumentos de recolección de datos como el análisis de documentos los cuales son, por ejemplo: datos o estadísticas (INEI, MINEDU, MIDIS), fichas técnicas de normas (OSIPTEL, MTC), fichas técnicas de proyectos (Pronatel) y datasheets (equipos inalámbricos, de red, etc). Así mismo otro instrumento que se utilizará son los sistemas de información geográfico como Google Earth y el SIGE-INEI.

El análisis de los resultados se hará mediante la aplicación de ecuaciones teóricas de cálculo, simulaciones en softwares de diseño de enlaces inalámbricos y cálculo de costos de equipos, que se harán tomando en cuenta la información de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay, así como la información de las instituciones públicas en cada una de las estas localidades.

Por último, se realizará las conclusiones, esto se hará contrastando los diferentes resultados de cálculos de enlaces, así como las diferentes características en cada uno de estos para el acceso a los servicios de internet e intranet con la finalidad de comprobar la validez de la hipótesis. Así pues, si los resultados respaldan la hipótesis, se puede dar consistencia a la tesis.

4.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación será cuantitativa, experimental, prospectiva y transversal. A continuación, se argumenta la clasificación de dicho diseño.

Cuantitativa. - La investigación será cuantitativa, ya que esta investigación se enfoca en la medición de variables y el análisis de datos para responder al problema planteado.

Creswell (2017) un reconocido autor estadounidense que se ha destacado en el campo de la metodología de la investigación define a la investigación cuantitativa como una investigación empírica basada en la medición y análisis de datos numéricos para establecer patrones de comportamiento.

Trochim (2016) un reconocido experto en metodología de la investigación y en la evaluación de programas, define a la investigación cuantitativa como una forma de investigar mediante la medición de variables que se pueden observar y analizar estadísticamente.

Neuman (2013) un reconocido profesor y autor en el campo de la investigación social, define a la investigación cuantitativa como un tipo de investigación que utiliza la recolección sistemática de datos numéricos para responder preguntas de investigación específicas.

Experimental. - La investigación será experimental, ya que, en esta investigación se construye una solución al problema planteado, y esto se realiza manipulando la variable independiente para analizar las consecuencias sobre la variable dependiente. Es decir, se aísla, reproduce y modifica la variable independiente.

Cochran (1965) un reconocido estadístico y matemático estadounidense definió al diseño experimental como un enfoque sistemático para planificar y conducir experimentos que permiten controlar las variables.

Box (1978) un reconocido estadístico británico definió al diseño experimental como una forma sistemática de obtener información empírica acerca de las

relaciones entre las variables, mediante la manipulación de una o más variables independientes y la medición de las variables dependientes.

Fisher (1974) considerado el padre del diseño experimental moderno definió al diseño experimental como el proceso de planificar un experimento de tal manera que los resultados obtenidos puedan ser analizados estadísticamente y las conclusiones puedan ser generalizadas a una población más amplia.

La mayoría de autores considera propio del diseño experimental la especificación de la o las variables dependientes, la manipulación de las variables independientes, el control de las variables experimentales, el procedimiento experimental, el uso de técnicas experimentales y la recogida y análisis de datos, entre otros.

Prospectiva. - La investigación será prospectiva porque tiene como objetivo explorar el posible escenario para un diseño de una red inalámbrica, es decir busca anticipar un cambio en el entorno actual. mediante la construcción de un escenario.

Godet (1991) es un autor francés, considerado uno de los principales exponentes de la investigación prospectiva. En su libro "Crear el futuro" propone un método para la elaboración de escenarios, que busca explorar las distintas posibilidades futuras y analizar sus implicaciones.

Berger (1967) filósofo y científico francés fue uno de los primeros en utilizar el término "prospectiva". Él definía la prospectiva como "la ciencia y el arte de la preparación del futuro".

Transversal. - La investigación será transversal debido a que es un estudio que se realiza en un momento determinado y que no implica un seguimiento a largo plazo.

Sabino (2014) define a la investigación transversal como "aquella que se lleva a cabo en un momento determinado, sin considerar la evolución de las variables a lo largo del tiempo". En este sentido, la investigación transversal se contrapone a la investigación longitudinal, que implica un seguimiento de las variables en el tiempo.

4.4 Tipo y nivel de la investigación

4.4.1 Tipo

Esta investigación es aplicada porque aborda un problema real y proporciona una solución práctica, es decir en este trabajo de investigación se propone como solución al problema planteado que el diseño de la red inalámbrcia que se busca será aquel que determinará la dimensión técnica del acceso a los servicios de internet e intranet en las principales instituciones de las localidades de Huari y Cajay, para lo cual se verificará dicha hipótesis mediante la experimentación basada en simulaciones y cálculos de enlace. A diferencia de la investigación puramente teórica o académica, que se centra en la comprensión de conceptos abstractos, la investigación aplicada busca aplicar ese conocimiento en situaciones concretas para resolver problemas prácticos mediante un experimento.

4.4.2 Nivel de la investigación

El nivel de esta investigación es aplicativo - relacional. Los niveles son progresivos y se construyen uno sobre otro, de tal forma que el nivel aplicativo está por encima del relacional, los niveles permiten un mayor grado de análisis y utilidad de los resultados. A continuación, se explica cada nivel:

Relacional: En esta investigación se buscó establecer relaciones entre las variables. Se explora cómo los cambios en una de las variables estan relacionados con los cambios en la otra variable. Se utiliza una técnica de tipo experimental para encontrar el diseño de la red inalámbrica que se quería, la cual se logró obtener mediante el uso de simulaciones o cálculos de enlace que se realizaron en base a indicadores de las dimensiones del acceso a los servicios de internet e intranet, es decir se obtuvo el resultado relacionando una variable con la otra.

Aplicativo: En esta investigación se muestra la aplicación práctica de los resultados obtenidos. Los resultados se utilizan para desarrollar una solución, y abordar el problema de encontrar el diseño de red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay para el acceso a los servicios de internet e intranet.

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

U = Universo: Las instituciones públicas de las localidades beneficiarias de Huari y Cajay.

Localidades beneficiarias de Huari y Cajay: Se definió esto en el acápite 4.1.3.

Instituciones públicas: Instituciones educativas, establecimientos de salud, municipalidades, y centros comunitarios. Según los cuadros 26, 27, 28, y 29 se sabe que hay 51 Instituciones educativas, 8 establecimientos de Salud y 11 Municipalidades y/o Centros comunitarios.

N = Tamaño de la población: 70 instituciones públicas

4.5.2 Muestra

Según lo que se observó anteriormente el universo son las instituciones públicas de las localidades beneficiarias de Huari y Cajay, y debido a que este universo es un total de 70 instituciones públicas, lo cual es una cantidad relativamente pequeña, es que se desarrollará esta investigación incluyendo a todas estas instituciones. Por lo que se considerará que la muestra será igual al universo de la población en este estudio. Es decir, la muestra es igual al universo.

M = Muestra: Las instituciones públicas de las localidades beneficiarias de Huari y Cajay.

n = Tamaño de la muestra: 70 instituciones públicas

4.6 Procedimientos, Técnicas e instrumentos de recolección de información

4.6.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la presente tesis se empleó las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Cuadro 45

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento
Experimental	Análisis de documentos: • Estadísticas del INEI. MINEDU, MIDIS. • Fichas técnicas de normas (OSIPTEL, MTC) y proyectos (Pronatel) • Datasheets de equipos de red, etc.
	Sistema de informacion geográfica: • Google Earth • SIGE INEI

La técnica es experimental debido a que se plantea el diseño de una red inalámbrica con el cual se dará solución al problema de saber cual sería dicho diseño de red. En esta investigación se manipula o modifica la variable independiente la cual es el diseño de una red inalámbrica y se observa los efectos o resultados que se generan en la variable dependiente que es el acceso a los servicios de internet e intranet.

Kerlinger (1986) define la técnica experimental como "un procedimiento sistemático para la manipulación de una o más variables independientes y la medición del efecto que tienen sobre una o más variables dependientes, mientras se controlan otros factores relevantes que puedan influir en los resultados".

Fernández, Baptista y Hernández (2006) definen a la técnica experimental como "un conjunto de procedimientos para manipular deliberadamente una o más variables independientes, medir el efecto que tienen sobre una o más variables dependientes y controlar otros factores relevantes que puedan afectar los resultados, con el fin de establecer relaciones causa-efecto".

4.6.2 Procedimientos

El diseño de la red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay utiliza como punto de partida el análisis de documentos como las estadísticas del número de usuarios en cada institución pública elegida, esto para determinar la capacidad de los enlaces inalámbricos que se proyectan en la red propuesta para el acceso a los servicios de internet e intranet. Así mismo se toma como referencia fichas técnicas de normas como las del OSIPTEL y fichas técnicas de proyectos como los del Pronatel para determinar la velocidad de conexión a internet o intranet en las instituciones públicas elegidas. El diseño de la red inalámbrica que se propone en esta investigación no ha sido implementado ni validado con pruebas o mediciones hechas en campo con equipos reales pero si se validó mediante cálculos de enlace realizados de forma teórica tomando en cuenta la ubicación geográfica de las instituciones y las características técnicas de los equipos de radio microondas a utilizar, también se valida el diseño mediante simulaciones hechas en dos diferentes softwares como el RadioMobile y el ISP Design, se analiza la línea de vista de cada uno de los enlaces propuestos en sistemas de información geográfica como el Google Earth para determinar si los enlaces son viables para una posible implementación. Se considera también para el diseño de los enlaces inalámbricos los niveles máximos de PIRE y de potencia de transmisión permitidos en equipos de radio de la banda de 5 GHz según las normas o reglamentos que se basan en las políticas del MTC.

1) Topología de los enlaces de la red de transporte.

Para hacer el diseño de los enlaces microondas primero debemos establecer la ubicación de los sitios en cada localidad o centro poblado. Los sitios serán los lugares donde se proyecte la implementación de infraestructura de telecomunicaciones (torre, radio antena) para diseñar la red de transporte, estos estarán conformados por nodos y repetidores. Se llamará nodo al sitio donde se ubique la infraestructura de telecomunicaciones de tal forma que este se encuentre en una institución beneficiaria de una localidad. Se llamará repetidor a aquel sitio en el que también se proyecte la implementación de una infraestructura de telecomunicaciones, pero con la diferencia de que este tendrá la función de solo repetir la señal de un nodo hacia otro, es decir su ubicación no necesariamente será una institución y se usará en los casos donde no se pueda conectar dos localidades directamente ya sea porque no haya línea de vista o por algún otro factor que impida conectar algún nodo a la topología de red que se va diseñando.

Se debe empezar eligiendo un nodo en cada localidad, es decir se elegirá una institución beneficiaria en cada localidad para la implementación de la infraestructura de telecomunicaciones. A continuación, presentamos los 32 nodos para la implementación de la red de transporte, 19 de ellos pertenecen al distrito de Huari y 13 al distrito de Cajay, esta es la misma cantidad de localidades beneficiarias que se explicó en el acápite 4.1.3.

Cuadro 46

Nodos del distrito de Huari

N°	Sitio (Nodo)	Situación del punto geográfico	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
1	Huari	Municipalidad Provincial de Huari	-9.34707	-77.17061
2	Acopalca	I.E. 86331	-9.32704	-77.18598
3	Yacya	Municipalidad del Centro Poblado de Yacya	-9.38484	-77.16880
4	Huamparán	I.E. Secundaria Nuestra Señora de Guadalupe	-9.26116	-77.17228
5	Mallas	I.E. Primaria Mallas	-9.40204	-77.19098
6	Ampas	I.E. 86330	-9.35541	-77.18290
7	Colcas	Municipalidad del Centro Poblado de Colcas	-9.31580	-77.17097
8	Pachachaca	I.E. Integrado 86333	-9.23478	-77.17261
9	Tashta	I.E. 86766-1	-9.22717	-77.18242
10	Ulia	I.E. Los Tulipanes	-9.33461	-77.17400
11	Mituchaca	I.E. Los Geranios	-9.27662	-77.17100
12	Huamantanga	Municipalidad del Centro Poblado de Huamantanga	-9.29931	-77.16970
13	Yanagaga	I.E. 86334-1	-9.22224	-77.17550
14	Colpa	I.E. 86391	-9.42043	-77.18846
15	Querobamba	Las Abejitas/I.E. Primaria 86893	-9.34271	-77.18491
16	Ampatac	I.E. 640	-9.33944	-77.17402
17	Ocshapampa	I.E. Las Semillitas	-9.21190	-77.17570
18	Yarmata	I.E. 423 Inicial – Jardín	-9.30920	-77.17110
19	Cushin	Centro Comunitario	-9.35936	-77.17272

Nota. La información de la ubicación de los nodos elegidos para este proyecto fue tomada de fuentes como ESCALE MINEDU (2023), CONAREME (2019), INEI-SIGE (2020). La elección de estos nodos es elaboración propia.

Cuadro 47

Nodos del distrito de Cajay.

N°	Sitio	Situación del punto geográfico	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
20	Cajay	Municipalidad distrital de Cajay	-9.32582	-77.15754
21	Huaritambo	Municipalidad del Centro Poblado de Huaritambo	-9.28241	-77.16220
22	Queroragra	Municipalidad del Centro Poblado de Queroragra	-9.29096	-77.07386
23	Huancarpata	I.E. 86765	-9.33664	-77.15440
24	Sharco	I.E. 473 Inicial Jardin	-9.22660	-77.17280
25	Collota	I.E. 86869	-9.26426	-77.16040
26	Chaupiloma	I.E. 86992	-9.20806	-77.16830
27	Chacaragra	I.E. 86338	-9.26561	-77.08750
28	Cayas	I.E 86394	-9.30995	-77.16090
29	Paro	I.E. 86441	-9.29317	-77.06560
30	Buena Vista de Cachuna	I.E. 86055	-9.27866	-77.07520
31	Chinchas	Centro Comunitario	-9.37224	-77.14402
32	Huayllabamba	I.E. 86027	-9.35580	-77.14190

Nota. La información de la ubicación de los nodos elegidos para este proyecto fue tomada de fuentes como ESCALE MINEDU (2023), CONAREME (2019), INEI-SIGE (2020). La elección de estos nodos es elaboración propia.

Luego de hacer la elección hay que tener en cuenta la distancia que hay entre cada par de sitios del total de sitios existentes con el fin de poder encontrar las distancias más cortas y con esto poder diseñar la topología de red que sea más factible. Primero haremos un ejemplo analizando las distancias que hay entre algunos de los sitios existentes como se ve a continuación.

Cuadro 48

Distancias entre algunos de los nodos del proyecto

NODOS	Huari	Acopalca	Yacya	Huamparan	Mallas	Ampas	Colcas
Huari	0						
Acopalca	2.79	0					
Yacya	4.16	6.64	0				
Huamparan	9.55	7.47	13.71	0			
Mallas	6.50	8.35	3.08	15.79	0		
Ampas	1.64	3.17	3.56	10.54	5.26	0	
Colcas	3.47	2.07	7.64	6.07	9.83	4.59	0

Nota. Las distancias se calcularon utilizando las coordenadas de ubicación de los nodos.

En el cuadro anterior que es un cuadro de doble entrada se detallan las distancias que hay entre cada par de nodos de un total de siete nodos, las cuales se tomaron como ejemplo para explicar el proceso de selección de enlaces. Así pues, se buscará aquellos pares de sitios que tengan la menor distancia posible, esto es un criterio que ayudará mucho en la formación de los radioenlaces ya que a menor distancia se podrá hacer uso de modulaciones de mayor orden en la transmisión y por lo tanto se conseguirá una mayor tasa de transferencia de datos y así mismo no se requerirá el uso de antenas de ganancia muy elevada ni mucho menos configurar potencias de transmisión muy altas. Ahora aplicaremos este criterio ya no solo para 8 nodos,

sino que lo haremos para todos los 32 nodos con la finalidad de comparar las distancias y escoger las menores posibles.

Ahora hay que tener en cuenta que a pesar de que dos sitios puedan tener poca distancia puede darse el caso de que no tengan línea de vista ya sea por algún obstáculo como una montaña, árbol, cerro, etc. Es por eso que después de haber elegido los pares de sitios con menor distancia posible se verifique que tengan línea de vista con ayuda de algún mapa digital como “Google Earth” o con algún software de diseño como “Radiomobile”, de ser factible se formarán los radioenlaces con los pares de sitios escogidos, de lo contrario se tendrá que buscar alguna alternativa para darle solución como por ejemplo aumentar la altura de la torre sin sobredimensionarla ya que el costo de la torre aumenta a medida que esta es más alta, se debe considerar una altura de torre menor a 50 metros para la mayoría de los sitios y así evitar un presupuesto demasiado alto. Otra alternativa sería la implementación de repetidores para enlazar aquellos sitios que no cuenten con línea de vista y que supongan sobrecostos en la construcción de torres con demasiada altura.

Otro aspecto a tener en cuenta es que se debe establecer un nodo o sitio principal en el cual ingrese y salga todo el tráfico de la red, ya que en este nodo principal se encontrarán los servidores de los diferentes servicios de intranet y también será el punto principal de donde se pueda proveer de conexión a internet hacia los demás sitios. En este proyecto se designará como nodo principal a la localidad de Huari. Así pues, siguiendo las pautas anteriores encontramos que se pueden formar 25 radioenlaces los cuales describimos a continuación.

Cuadro 49

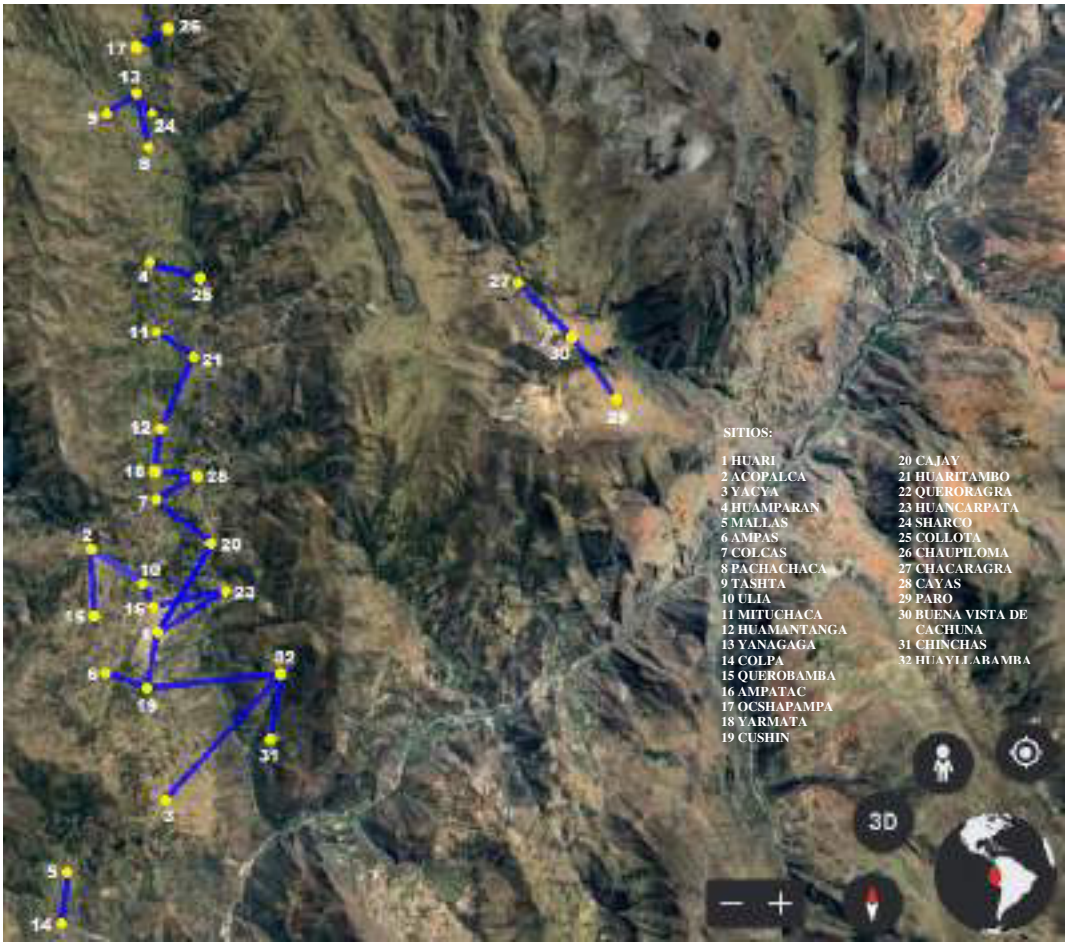
Enlaces entre nodos de la red de transporte.

N°	Enlace	Distancia (Km)
1	Huari-Cushin	1.39
2	Cushin-Ampas	1.21
3	Cushin-Huayllabamba	3.45
4	Huayllabamba-Chinchas	1.84
5	Huayllabamba-Yacya	4.40
6	Mallas-Colpa	1.46
7	Huari-Huancarpata	2.14
8	Huancarpata-Ampatac	1.93
9	Ampatac-Ulia	0.72
10	Ulia-Acopalca	1.58
11	Acopalca-Querobamba	1.75
12	Huari-Cajay	2.77
13	Cajay-Colcas	1.86
14	Colcas-Cayas	1.30
15	Cayas-Yarmata	1.14
16	Yarmata-Huamantanga	1.11
17	Huamantanga-Huaritambo	2.07
18	Huaritambo-Mituchaca	1.16
19	Ocshapampa-Chaupiloma	0.93
20	Collota-Huamparan	1.37
21	Pachachaca-Yanagaga	1.43
22	Yanagaga-Tashta	0.94
23	Yanagaga-Sharco	0.57
24	Paro-Buena Vista De Cachuna	1.93
25	Buena Vista de cachuna-Chacaragra	1.99

Nota. Las distancias se calcularon utilizando las coordenadas de ubicación de los nodos.

Figura 54

Enlaces entre nodos de la red de transporte.



Nota. Se elaboró en base a las coordenadas de los nodos haciendo uso de Google Earth. Las líneas azules representan la línea de vista de los enlaces entre los nodos. Los números representan los nodos los cuales están detallados en el lado derecho.

Ahora vemos que se han enlazado los nodos, pero hay enlaces que están aislados y que no están conectándose con el nodo principal, por lo que es necesario encontrar una solución instalando repetidores, de esta manera lograremos establecer el sistema o red de microondas. Se establecerá 4

repetidores para interconectar los nodos y enlaces aislados y formar la topología árbol que se quiere implementar.

Cuadro 50

Repetidores de la red de transporte.

N°	Sitio	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
33	Repetidor A	-9.26711	-77.15162
34	Repetidor B	-9.38210	-77.18193
35	Repetidor C	-9.27603	-77.10988
36	Repetidor D	-9.27808	-77.13210

Nota. La información de la ubicación de los repetidores se hizo en base a la ubicación o distribución de los nodos aislados de manera que se encuentre línea de vista para la interconexión entre estos. Se busco la mayor altitud en la zona para ubicarlos.

Cuadro 51

Enlaces entre nodos y repetidores de la red de transporte

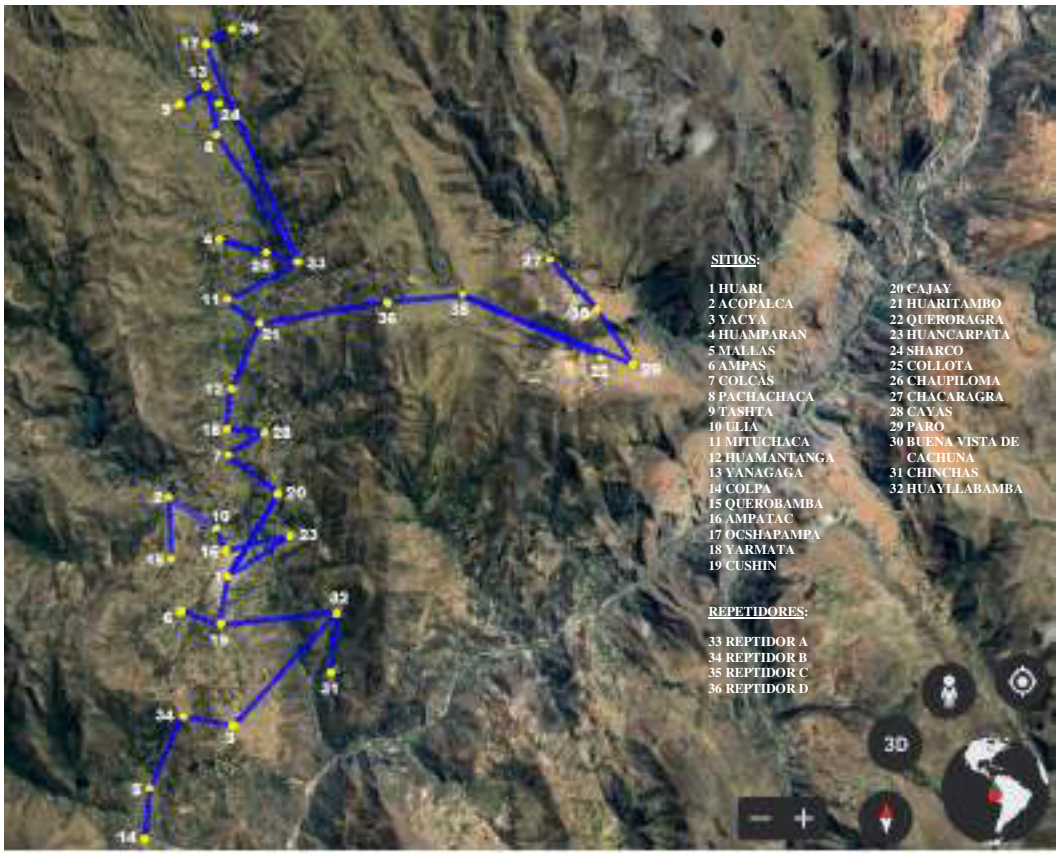
N°	Enlace	Distancia (Km)
26	Yacya-Repetidor_B	1.49
27	Repetidor_B-Mallas	2.43
28	Mituchaca-Repetidor_A	2.40
29	Repetidor_A-Ocshapampa	6.70
30	Repetidor_A-Collota	1.03
31	Repetidor_A-Pachachaca	4.29
32	Huaritambo-Repetidor_D	3.38
33	Repetidor_D-Repetidor_C	2.48
34	Repetidor_C-Queroragra	4.34
35	Repetidor_C-Paro	5.28

.

Nota. Las distancias se calcularon utilizando las coordenadas de ubicación de los nodos y repetidores.

Figura 55

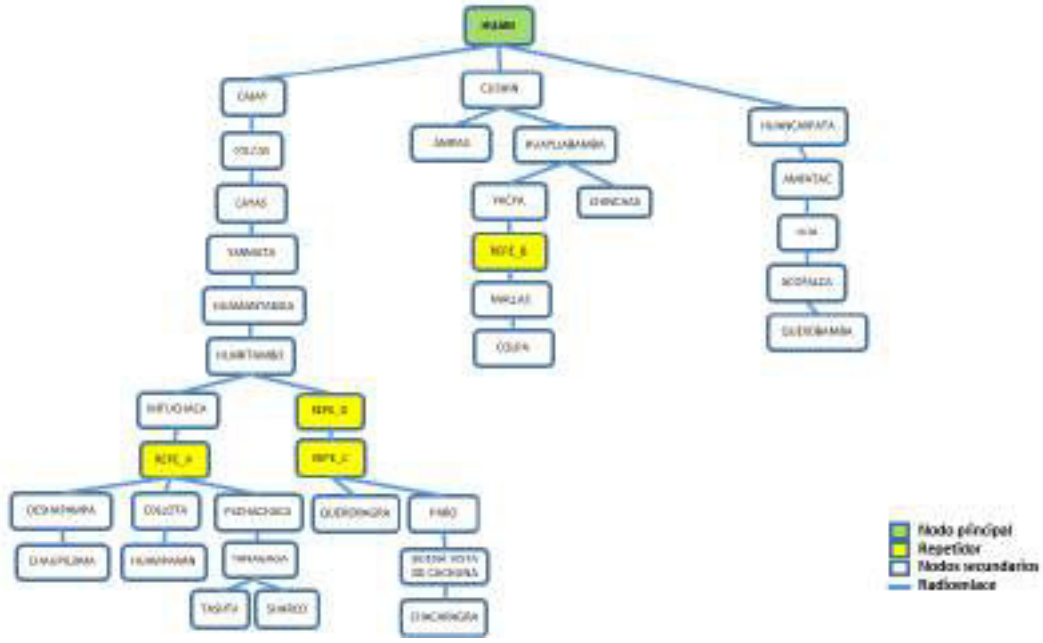
Enlaces de la red de transporte.



Nota.Se elaboró en base a las coordenadas de los sitios haciendo uso de Google Earth. Las líneas azules representan la línea de vista de los enlaces de la red de transporte. Los números representan a los sitios los cuales están detallados en el lado derecho.

Figura 56

Topología lógica de los enlaces de la red de transporte



2) Topología de los enlaces de la red de acceso.

Para hacer el diseño de los enlaces microondas de la red de acceso, es decir enlaces en el interior de una localidad, debemos tener en cuenta cuáles son los sitios en los que se requiere instalar un Access Point en modo multipunto de manera que pueda dar cobertura a todas las instituciones públicas dentro de los límites de la localidad, y en cuales se instalará un equipo en modo punto a punto para una conexión dedicada hacia la institución que se requiera.

Enlaces punto a punto (dedicados)

Para los enlaces punto a punto o conexiones dedicadas se utilizará el equipo airFiber AF-5X HD en las bandas de 5.470 – 5.725 GHz y 5.725 – 5.850 GHz donde se deberá tener especial cuidado al hacer uso de estas debido a que

se sabe que también están siendo utilizadas para los enlaces punto a punto de la red de transporte es decir se debe evitar causar interferencias con los enlaces de transporte ya diseñados. Los enlaces dedicados que se establezcan serán solo dos: Nodo Huari – UGEL Huari y Nodo Huari – Centro Médico Huari. Esto debido a que los servidores de teleeducación se ubicarán en la UGEL Huari y los servidores de telemedicina se ubicarán en el Centro Médico de Huari, de tal forma que los servicios que proporcionen dichos servidores cuenten con una conexión constante, directa, segura y con alta disponibilidad para que todos los colegios u hospitales puedan acceder a los servicios sin ningún inconveniente.

Enlaces punto a multipunto

Para los enlaces punto a multipunto de la red de acceso se utilizará el Access-Point LTU-Rocket en el nodo de la localidad, y el equipo suscriptor LTU-LR en las demás instituciones beneficiarias que se encuentren en dicha localidad, estos equipos operarán en la banda de 5.150 – 5.250 GHz para evitar interferencias con los enlaces ya diseñados. Estos enlaces se implementarán de tal forma que el equipo “LTU-LR” apunte y enlace con el Access Point “LTU-Rocket”. Las localidades que solo cuenten con una institución pública no requerirán de dicho Access Point. Cabe mencionar que a pesar de que las localidades como Yanagaga, Colpa, Chaupiloma, Chacaragra y Huayllabamba tengan dos instituciones, no requieren de un A.P. debido a que sus instituciones están a una distancia muy corta y se puede solucionar mediante un switch y cableado. A continuación, se muestra un cuadro con los nodos en donde se instalará los A.P.

Cuadro 52

Nodos con un Access Point para la red de acceso

Sitio	Situación del punto geográfico	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
Huari	Municipalidad Provincial de Huari	-9.34707	-77.17061
Acopalca	I.E. 86331	-9.32704	-77.18598
Yacya	Municipalidad de centro poblado de Yacya	-9.38484	-77.16880
Huamparán	I.E. Secundaria Nuestra Señora de Guadalupe	-9.26116	-77.17228
Mallas	I.E. 86327	-9.40204	-77.19098
Ampas	I.E. 86330	-9.35541	-77.18290
Colcas	Municipalidad de centro poblado de Colcas	-9.31580	-77.17097
Pachachaca	I.E. Integrado 86333	-9.23478	-77.17261
Tashta	I.E. 86766-1	-9.22717	-77.18242
Huamantanga	Municipalidad de centro poblado de Huamantanga	-9.29931	-77.16970
Cajay	Municipalidad distrital de Cajay	-9.32582	-77.15754
Huaritambo	I.E. 86393	-9.28224	-77.16220
Queroragra	Municipalidad de centro poblado de Queroragra	-9.29096	-77.07386
Cayas	I.E 86394	-9.30995	-77.16090
Paro	I.E. 86441	-9.29317	-77.06560

Nota. La información de la ubicación de los nodos elegidos fue tomada de fuentes como ESCALE MINEDU (2023), INEI-SIGE (2020). La elección de estos nodos es elaboración propia.

Para estos enlaces punto a multipunto debemos tener en cuenta la capacidad o ancho de banda total que se va a distribuir para las instituciones de una localidad. Si la capacidad a repartir es muy alta y son muchas instituciones beneficiarias entonces se utilizará antenas sectoriales en el sitio del Access-Point como por ejemplo antenas con un ancho de haz de 60° o 120° de tal

forma que se pueda dividir el área a cubrir en sectores y asi dar cobertura a todas las estaciones que se encuentren en las instituciones beneficiarias de la localidad. En cambio, si la capacidad a repartir es baja y son pocas instituciones beneficiarias que además están muy dispersas, entonces se utilizará una sola antena omnidireccional en el sitio del Access-Point la cual dará cobertura a todas las estaciones ubicadas en las instituciones beneficiarias de la localidad. Se realizará una simulación de cobertura en cada localidad donde se proyecte instalar el Access-Point con ayuda del simulador del propio fabricante Ubiquiti que es de libre uso en su pagina web.

3) Atenuación específica en frecuencias de 5 - 6 GHz

La atenuación específica debido a la lluvia se calcula con la ecuación 24 que se detalló en el acápite 2.1.3. Así mismo observamos que para usar dicha ecuación se debe calcular primero los valores de los coeficientes k y α los cuales se calculan en base a las ecuaciones 27 y 28, esto debido a que el equipo microondas que se plantea utilizar para el diseño inalámbrico de este proyecto tiene polarización inclinada de ±45°, es decir que τ = 45° por lo que las ecuaciones 27 y 28 quedarán de la siguiente forma:

$$K = [K_H + K_V]/2 \ldots (29)$$

$$\alpha = [K_H\alpha_H + K_V\alpha_V]/2K \ldots (30)$$

Ahora reemplazamos los valores de los coeficientes $K_H, \alpha_H, K_V \; y \; \alpha_V$ en las ecuaciones anteriores para dos diferentes casos, el primero para el caso en el que la frecuencia es 5 GHz y el segundo para el caso en el que la frecuencia es 6 GHz, dichos valores de coeficientes se mostraron en el cuadro 10. Esto debido a que las frecuencias que se plantea utilizar para el diseño de la red inalámbrica en este proyecto están en la banda de 5 GHz, la cual comprende

el intervalo de 5 a 6 GHz. Así pues, reemplazando los valores de los coeficientes obtenemos lo siguiente:

Para 5 GHz: $K = 0.0002295$ y $\alpha = 1.609513159$

Para 6 GHz: $K = 0.0005967$ y $\alpha = 1.582969532$

Ahora un detalle importante es también saber la intensidad de lluvia R en mm/h para poder calcular la atenuación específica. Es decir, este dato dependerá de los estudios de precipitación en la zona de interés, por lo que según *Senamhi (2020)* entre setiembre y diciembre del 2019 la estación de Sihuas en Ancash el 20 de octubre de 2019 registró un acumulado diario superior al umbral del percentil 99 (días extremadamente lluviosos) con un valor de 23,7 mm. Ahora según la Agencia Estatal de Meteorología de España o *AEMET (2016)* con menos de 2 mm/h se considera lluvia débil. De 2 a 15 mm/h se considera lluvia. De 15 a 30 se considera lluvia fuerte. De 30 a 60 se considera lluvia muy fuerte. Finalmente, más de 60 mm/h se describe como lluvia torrencial. Tomando en cuenta estos datos es que se elegirá un valor de R igual a 30 mm/h como peor escenario para el cálculo de la atenuación específica debido a lluvias en la zona de interés. De esta forma reemplazando el valor de $R, K, y\ \alpha$ para los dos casos de 5 y 6 GHz obtenemos lo siguiente:

Para 5 GHz: $\gamma_R = kR^{\alpha} = (0.0002295)(30)^{1.609513159} = 0.0547\ dB/Km$

Para 6 GHz: $\gamma_R = kR^{\alpha} = (0.0005967)(30)^{1.582969532} = 0.1300\ dB/Km$

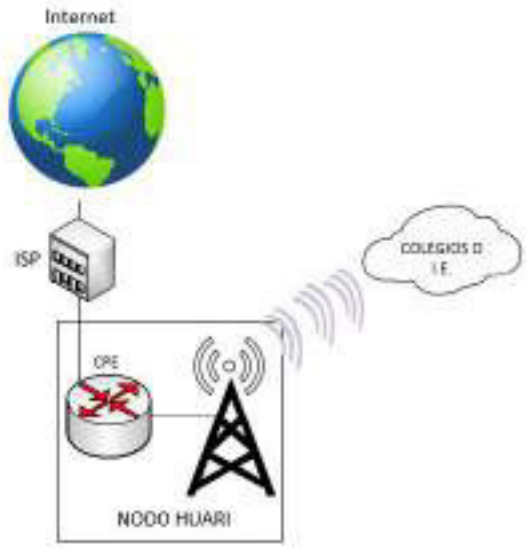
4) Arquitectura de red

Teleeducación

En este trabajo de investigación se propondrá la implementación de la Teleeducación, la cual se desarrollará por medio de los servicios de internet e intranet a través de la red de microondas. El internet se contratará desde un solo nodo, que será el nodo principal, desde aquí se proporcionará la conexión hacia internet para todas las instituciones educativas beneficiarias de las localidades que formen parte de este proyecto, esto se hará mediante la red de transporte y acceso que se planteó diseñar anteriormente.

Figura 57

Arquitectura del servicio de internet en el campo de la teleeducación



Nota. ISP es el proveedor de servicios de internet. CPE es el equipo en las instalaciones del cliente, este equipo lo proporciona el ISP.

La intranet estará constituida por tres subredes básicas, los cuales son: subred de datos, subred de telefonía IP, y subred de videoconferencia dichos servicios serán posibles gracias a los servidores que se instalarán en la UGEL de Huari.

El sevicio de datos requerirá de un solo equipo que contenga al servidor Web y al servidor FTP. En el servidor web se diseñará una página web que contendrá la información detallada de cada una de las instituciones educativas de los distritos y presentará los detalles del plan de estudios de cada nivel o grado en cada uno de ellos, así mismo la página web debe contar con un redireccionamiento hacia la dirección web del servidor FTP para que las instituciones educativas puedan subir archivos y el alumno pueda descargar información o material educativo acerca de las materias que esta cursando en su respectivo colegio. En el servidor FTP se almacenará el material educativo y toda aquella información relevante que facilite la labor del personal docente para garantizar la buena calidad de la educación a los alumnos. Así mismo este será un tipo de servidor FTP autenticado en el cual solo el personal docente y alumnos de cada institución educativa podrá acceder a el con sus respectivas credenciales para realizar sus labores o tareas asignadas.

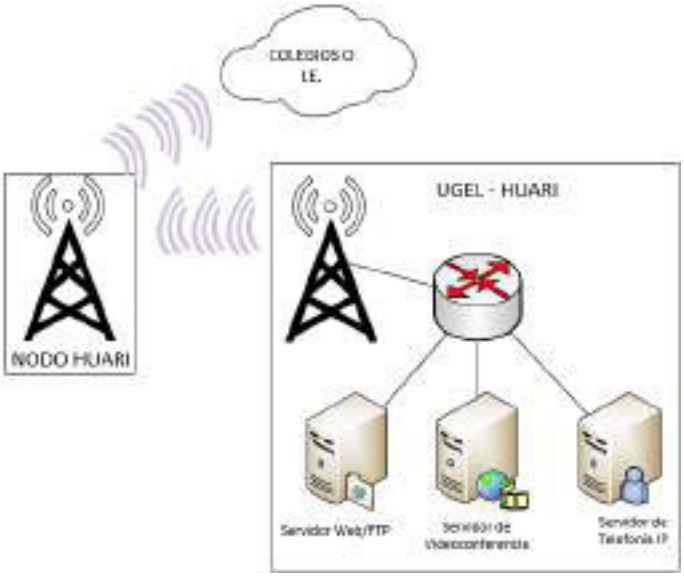
El servicio de telefonía IP requerirá de un servidor de telefonía IP el cual se configurará con los anexos y credenciales de usuario de cada institución educativa, de tal forma que se garantice la buena calidad en las llamadas a través de los teléfonos IP.

El servicio de videoconferencia requerirá de un servidor de videoconferencia el cual se configurará con las credenciales de usuario de cada institución educativa, de tal forma que se garantice la buena calidad en las videollamadas o videoconferencias que realicen los alumnos y/o docentes para desarrollar sus clases o actividades, estas se pueden realizar por medio de cámaras web

con computadoras configuradas como clientes que utilicen el protocolo WebRTC.

Figura 58

Arquitectura de los servicios de intranet en el campo de la teleeducación



Nota. La UGEL Huari se conectará con el nodo Huari por medio de un enlace punto a punto (dedicado) tal como se mencionó en la topología de la red de acceso.

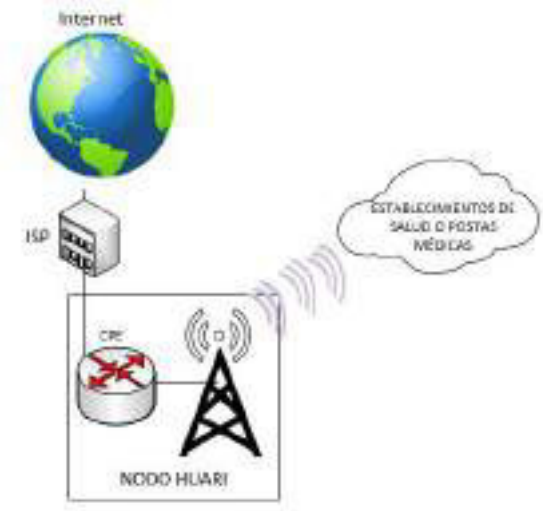
Telemedicina

En este trabajo de investigación se propondrá la implementación de la Telemedicina, la cual se desarrollará por medio de los servicios de internet e intranet a través de la red de microondas. El internet se contratará desde un solo nodo, que será el nodo principal, desde aquí se proporcionará la conexión hacia internet para todos los establecimientos de salud beneficiarios de las localidades que formen parte de este proyecto, esto se hará mediante la red de transporte y acceso que se planteó diseñar anteriormente.

La intranet estará constituida por tres subredes básicas, los cuales son: subred de datos, subred de telefonía IP, y subred de videoconferencia, dichos servicios serán posibles gracias a los servidores que se instalarán en el Centro Médico de Huari.

Figura 59

Arquitectura del servicio de internet en el campo de la telemedicina



Nota. ISP es el proveedor de servicios de internet. CPE es el equipo en las instalaciones del cliente, este equipo lo proporciona el ISP.

El sevicio de datos requerirá de un solo equipo que contenga al servidor Web y al servidor FTP. En el servidor web se diseñará una página web que contendrá la información detallada de cada uno de los centros de salud y/o postas médicas de los distritos y presentará los detalles de las especialidades médicas de atención que se ofrecen al público en cada uno de ellos, así mismo la página web debe contar con una opción que permita al usuario reservar una cita médica virtual o presencial en el centro de salud más cercano a su localidad. En el servidor FTP se almacenará la información, expedientes, citas, registros o historial de los pacientes y toda aquella información relevante que

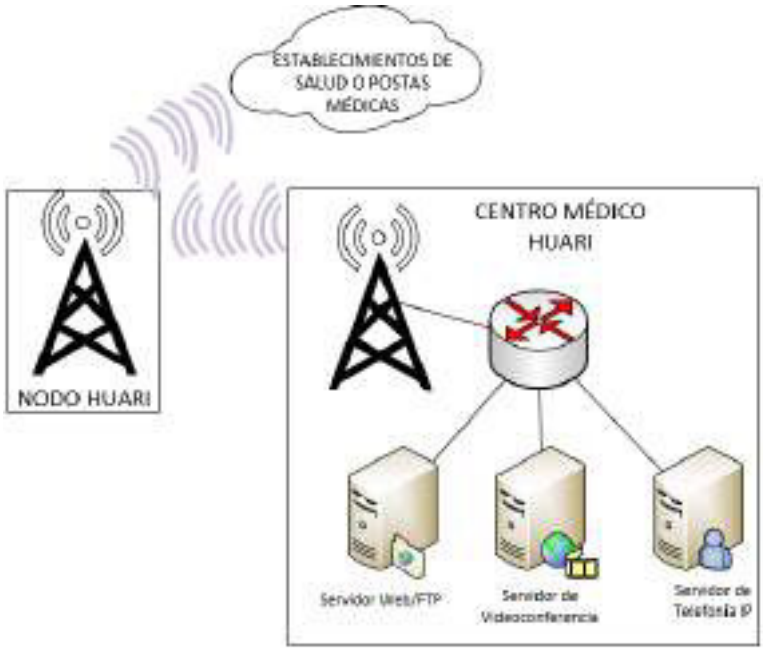
garantice la buena calidad del servicio de salud. Así mismo este será un tipo de servidor FTP autenticado en el cual solo el personal autorizado de cada centro médico podrá acceder a el para realizar las gestiones que se requieran.

El servicio de telefonía IP requerirá de un servidor de telefonía IP el cual se configurará con los anexos y credenciales de usuario de cada centro o posta de salud, de tal forma que se garantice la buena calidad en las llamadas a través de los teléfonos IP.

El servicio de videoconferencia requerirá de un servidor de videoconferencia el cual se configurará con las credenciales de usuario de cada centro o posta de salud, de tal forma que se garantice la buena calidad en las videollamadas o videoconferencias que realicen los usuarios, estas se pueden realizar por medio de cámaras web con computadoras configuradas como clientes que utilicen el protocolo WebRTC.

Figura 60

Arquitectura de los servicios de intranet en el campo de la telemedicina



Nota. El Centro Médico Huari se conectará con el nodo Huari por medio de un enlace punto a punto (dedicado) tal como se mencionó en la topología de la red de acceso.

Gestión Municipal

Este tipo de servicio se aplicará para las municipalidades, dependencias municipales, y centros comunitarios. Al igual que en los servicios de teleeducación y telesalud en este tipo de servicio se usará las tecnologías digitales de la información y la comunicación de tal forma que a través de dispositivos como computadoras, teléfonos, aplicativos y sistemas que permite a las instituciones comunicarse o interactuar de forma remota para garantizar una pronta respuesta a las necesidades de gestión municipal.

En este proyecto de investigación la conectividad entre instituciones se desarrollará por medio de los servicios de internet e intranet. El internet se contratará desde un solo nodo, que será el nodo principal, desde aquí se

proporcionará la conexión hacia internet para todos las municipalidades y centros comunitarios de las localidades que formen parte de este proyecto, esto se hará mediante la red de transporte y acceso que se planteó diseñar.

Figura 61

Arquitectura del servicio de internet en el campo de la gestión municipal



Nota. ISP es el proveedor de servicios de internet. CPE es el equipo en las instalaciones del cliente, este equipo lo proporciona el ISP.

La intranet estará constituida por tres subredes básicas, los cuales son: subred de datos, subred de telefonía IP, y subred de videoconferencia, dichos servicios serán posibles gracias a los servidores que se instalarán en la Municipalidad Provincial de Huari.

El sevicio de datos requerirá de un solo equipo que contenga al servidor Web y al servidor FTP. En el servidor web se diseñará una página web que contendrá la información detallada de cada una de las instituciones. En el servidor FTP se almacenará la información que requiera ser compartida o transferida por las instituciones para los trámites o gestiones que se quieran realizar. Así mismo este será un tipo de servidor FTP autenticado en el cual

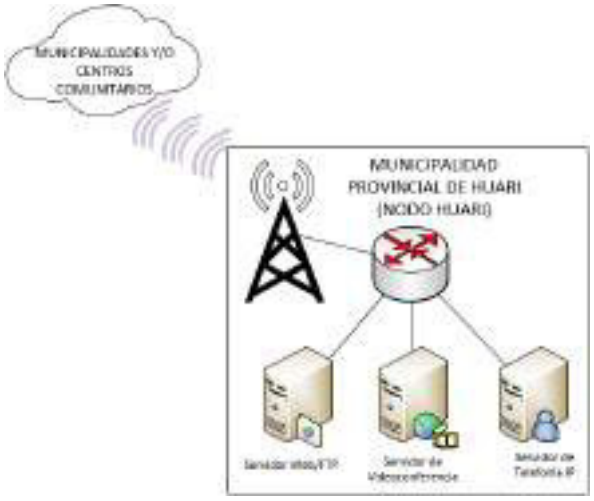
solo el personal autorizado de cada institución podrá acceder a el para realizar las gestiones que se requieran.

El servicio de telefonía IP requerirá de un servidor de telefonía IP el cual se configurará con los anexos y credenciales de usuario de cada institución, de tal forma que se garantice la buena calidad en las llamadas a través de los teléfonos IP.

El servicio de videoconferencia requerirá de un servidor de videoconferencia el cual se configurará con las credenciales de usuario de cada institución, de tal forma que se garantice la buena calidad en las videollamadas o videoconferencias que realicen los usuarios, estas se pueden realizar por medio de cámaras web con computadoras configuradas como clientes que utilicen el protocolo WebRTC.

Figura 62

Arquitectura de los servicios de intranet en el campo de la gestión municipal



Nota. Los servidores de intranet de la gestión municipal se ubicarán en la Municipalidad Provincial de Huari (nodo Huari) que a su vez es el nodo principal de la topología de red de transporte.

5) Cálculo del número de computadoras proyectadas en una institución pública.

El número de computadoras en una institución va a depender del número de trabajadores o usuarios que haya en dicha entidad. Es decir, en un colegio la cantidad de computadoras dependerá del número de alumnos y profesores, en un establecimiento de salud dependerá de la cantidad de médicos y/o personal administrativo, y en una municipalidad dependerá del número de trabajadores.

Instituciones educativas

Con los datos que se analizó en "ratio de alumnos por computadora en una institución educativa" del acápite 4.1.5 se concluyó que el número de alumnos por computadora en una institución educativa de gestión publica en una zona rural está en el intervalo de 5 a 12 como máximo. Entonces podemos establecer una cantidad mínima y máxima de alumnos y docentes por cada computadora para este proyecto de investigación, se adiciona la cantidad de docentes al número de alumnos debido a que los docentes también tendrán que hacer uso de computadoras para la enseñanza. Así pues, fijaremos la cantidad mínima en 5 y la cantidad máxima en 12. Esto se hará de tal forma que si la cantidad de alumnos y docentes en un colegio es muy pequeña entonces se usará la relación 1 a 5 mientras que si la cantidad de alumnos y docentes en un colegio es muy grande entonces se utilizará la relación 1 a 12.

Es decir, si la cantidad de alumnos es pequeña entonces el número de computadoras será el 20% de la cantidad de alumnos, y si la cantidad de alumnos es muy grande entonces el número de computadoras será el 8.3% de la cantidad de alumnos.

Asi pues, para el cálculo del número de PC's necesarias en las instituciones educativas nos basamos en la cantidad de alumnos y docentes, de tal forma que, si la cantidad de alumnos y docentes es menor o igual a 45 se asignará una cantidad de PC's igual al 20% del total de alumnos y docentes, si la cantidad de alumnos y docentes es mayor a 45 y menor o igual a 100 se asignará una cantidad de PC's igual a 9, y si la cantidad de alumnos y docentes es mayor a 100 y menor o igual a 240 se asignará una cantidad de PC's igual al 8.3% del total de alumnos y docentes. En el caso de que la cantidad de alumnos y docentes sea mayor a 240 se asignará una cantidad de PC's igual a 20, esto debido a que la velocidad máxima de un servicio de red en una computadora le corresponde al servicio de internet que tiene 2 Mbps y la velocidad máxima que se podrá fijar en una institución será de 40 Mbps, esto se detallará más adelante en el cuadro 61 del presente acápite.

Cuadro 53

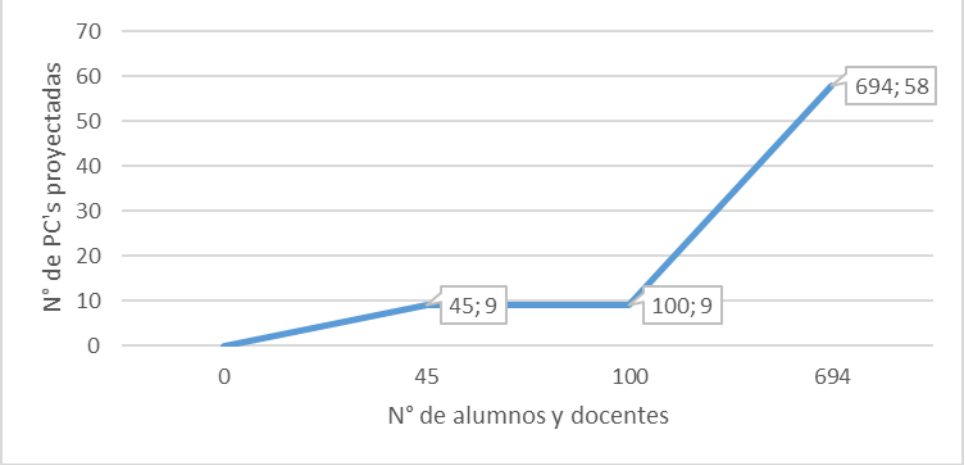
Relación para determinar el número de PCs en un centro educativo

Número de alumnos y docentes (N)	Número de PCs proyectadas
$N \leq 45$	20% N
$45 < N \leq 100$	9
$100 < N \leq 240$	8.3% N
$N > 240$	20

Nota. N representa la suma del número de alumnos y docentes en una institución educativa.

Figura 63

Relación para determinar el número de PCs en un centro educativo



Nota. Se representa gráficamente la relación entre los parámetros del cuadro anterior.

Establecimientos de salud

Para el cálculo del número de PC's necesarias en las postas y centro médico nos basamos en la cantidad de trabajadores o personal de salud, de tal forma que, si la cantidad de trabajadores es menor o igual a 5 se asignarán 2 PC's, si la cantidad de trabajadores es mayor a 5 se asignará 5 PC's.

Cuadro 54

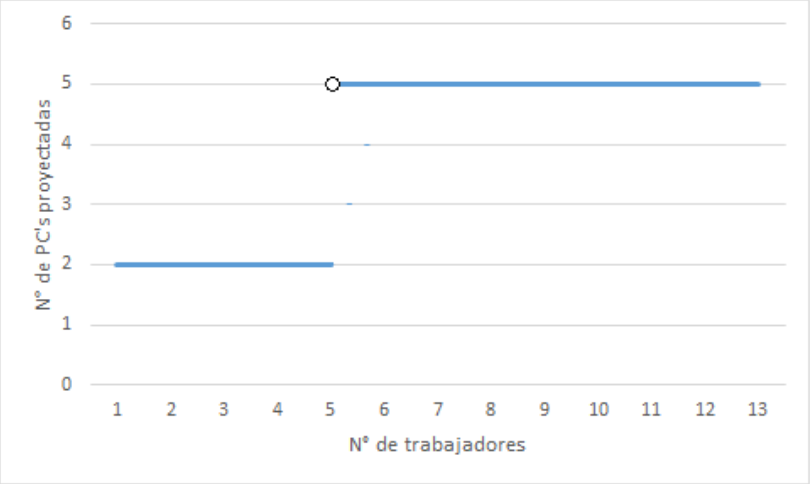
Relación para determinar el número de PCs en un establecimiento de salud

Número de trabajadores de la salud (N)	Número de PCs proyectadas
N ≤ 5	2
N > 5	5

Nota. N representa el número de trabajadores en un establecimiento de salud o posta.

Figura 64

Relación para determinar el número de PCs en un establecimiento de salud



Nota. Se representa gráficamente la relación entre los parámetros del cuadro anterior.

Municipalidades y/o centros comunitarios.

Para el cálculo del número de PC's necesarias en las municipalidades, dependencias municipales y centros comunitarios, nos basamos en la cantidad de trabajadores, de tal forma que, si la cantidad de trabajadores es menor o igual a 5 se asignarán 2 PC's, si la cantidad de trabajadores es mayor a 5 se asignará una cantidad de PC's igual a 5 PC's.

Cuadro 55

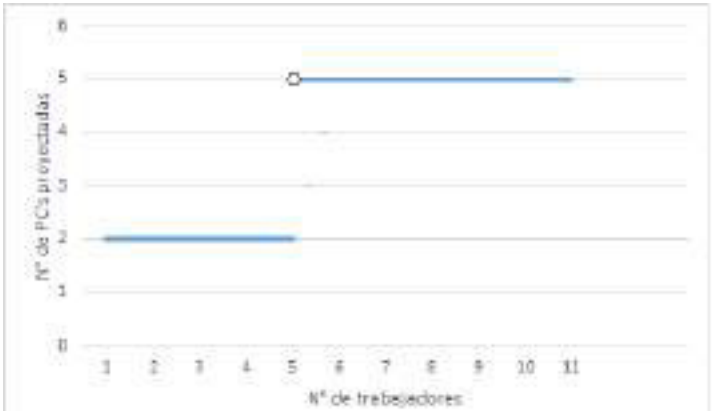
Relación para determinar el número de PCs en una municipalidad

Número de trabajadores (N)	Número de PCs proyectadas
N ≤ 5	2
N > 5	5

Nota. N representa el número de trabajadores en una municipalidad y/o centro comunitario.

Figura 65

Relación para determinar el número de PCs en una municipalidad



Nota. Se representa gráficamente la relación entre los parámetros del cuadro anterior.

6) Cálculo de las velocidades de los servicios de red

Velocidad de internet en una terminal de red.

La calidad de los servicios que se implementen dependerá en parte del proveedor de servicios de internet que se contrate, pero también dependerá del diseño de capacidades que se establezcan en el sistema de microondas, ya que las capacidades de los enlaces microondas deben ser lo suficientemente grandes para contener o dejar pasar tanto el tráfico de los servicios de internet como de intranet.

Las tarifas y tipo de tecnología del servicio de internet dependerán del plan de internet del ISP que se elija. Ahora para saber el plan a contratar y para tener un adecuado u óptimo funcionamiento del servicio en cada una de las instituciones beneficiarias se tiene que proyectar un diseño de la velocidad de internet requerida para cada centro o institución beneficiaria, con esto se podrá tomar una mejor decisión acerca del ISP y del plan de datos o internet, esta elección se hará acorde a las necesidades o requerimientos de este proyecto. Para el servicio de internet se establecerá una velocidad de bajada de 2 Mbps por cada PC o terminal de red, esto se hace tomando en cuenta

la información de navegación general y correo del cuadro 16 que tiene como referencia la FCC, este cuadro se encuentra en el acápite 2.3.2.

Cuadro 56

Velocidad de internet en una PC o terminal de red

Servicio	Subred	Velocidad de bajada en una terminal (Mbps)
Internet	internet	2

Velocidad de intranet en una terminal de red.

En cuanto al servicio de intranet, este estará conformado a su vez por tres servicios o subredes. Hay que tener en cuenta que estas tres subredes están conformadas por servidores para telefonía IP, videoconferencia, y datos (Web/FTP).

$$V_{intranet} = V_{datos} + V_{telefonía\ IP} + V_{videoconferencia} \dots (31)$$

Ahora, para poder tener un óptimo rendimiento de estos servicios en la intranet, se debe conocer la cantidad de usuarios o hosts y los requerimientos para que cada uno de estos servicios se ejecuten correctamente y sin problemas en cada uno de ellos. De esta manera se conocerá la capacidad o el ancho de banda requerido para estos servicios en cada institución beneficiaria y por ende en toda la red de microondas.

Velocidad de Datos

Para el servicio de datos en una terminal dentro de la intranet la velocidad de subida y bajada será de 1 Mbps, esto se hace tomando en cuenta la información de navegación general y correo, así como transferencia de

archivos del cuadro 16 que tienen como referencia la FCC, este cuadro se encuentra en el acápite 2.3.2. de este trabajo de investigación.

El cálculo de la velocidad requerida en una institución se hará tomando en cuenta todas las PC's que se hayan proyectado en cada institución, y que pertenezcan a una misma subred, es decir por ejemplo los colegios podrán realizar videoconferencia con otros colegios, las postas podrán realizar videoconferencia con otras postas o centros de salud, y las municipalidades podrán realizar videoconferencia con sus dependencias municipales y/o centros comunitarios existentes o proyectados en este trabajo de investigación.

Cuadro 57

Velocidad de datos en una PC o terminal de red

Servicio	Subred	Velocidad Subida en una terminal (Mbps)	Velocidad Bajada en una terminal (Mbps)
Intranet	Datos (Web y FTP)	1	1

Velocidad de Telefonía IP

Para la telefonía IP la velocidad de subida y de bajada es de 0.1 Mbps, esto se hace tomando en cuenta la información de llamadas por internet (VoIP) de el cuadro 16 que tienen como referencia la FCC, este cuadro se encuentra encuentra en el acápite 2.3.2. de este trabajo de investigación.

El cálculo de la velocidad requerida en una institución se hará considerando solo dos teléfonos por cada institución beneficiaria de tal forma que cada

institución pueda realizar llamadas a través de la intranet a las demás instituciones del mismo campo de aplicación.

Cuadro 58

Velocidad de telefonía IP en una PC o terminal de red

Servicio	Subred	Velocidad Subida en una terminal (Mbps)	Velocidad Bajada en una terminal (Mbps)
Intranet	Telefonía IP (VoIP)	0.1	0.1

Velocidad de Videoconferencia

La velocidad de subida y bajada de una videoconferencia va a depender del tipo de videoconferencia que se desee realizar, es decir depende tanto de la calidad de video que se desea obtener y del número de participantes en dicha videoconferencia. Por ejemplo, en el sitio web de soporte de la plataforma o aplicación Skype, la cual es muy utilizada para realizar llamadas o videoconferencias entre dos o más usuarios, se presenta el siguiente cuadro que proporciona las velocidades mínimas de carga y descarga requeridas, así como las velocidades recomendadas para un mejor rendimiento en llamadas o videollamadas en esta aplicación.

Cuadro 59

Velocidades mínimas y recomendadas para videollamadas en Skype

Tipo de llamada	Velocidad de carga y descarga mínima	Velocidad de carga y descarga recomendada
Llamada	30kbps / 30kbps	100kbps / 100kbps
Videollamada / Pantalla compartida	128kbps / 128kbps	300kbps / 300kbps
Videollamada (alta calidad)	400kbps / 400kbps	500kbps / 500kbps
Videollamada (HD)	1,2Mbps / 1,2Mbps	1,5Mbps / 1,5Mbps
Vídeo grupal (3 personas)	128kbps / 512kbps	512kbps / 2Mbps
Vídeo grupal (5 personas)	128kbps / 2Mbps	512kbps / 4Mbps
Video grupal (7+ personas)	128kbps / 4Mbps	512kbps / 8Mbps

Nota. Datos tomados de Soporte de Skype (2022)

En el caso de una videoconferencia entre dos usuarios observamos que la velocidad recomendada para carga y descarga es de 1,5 Mbps, esto lo dice tanto la página web de soporte de Skype como la FCC. Por tal razón se elegirá una velocidad de subida de 1.5 Mbps para cada usuario en una videoconferencia.

$$Velocidad\ de\ subida\ en\ videoconferencia = 1.5\ Mbits/s$$

En cuanto a la velocidad de descarga dependerá del número de participantes o usuarios en la sala virtual de videoconferencia, esto debido a que es una transmisión multicast, por lo que cada uno de los usuarios van a transmitir su video con una velocidad de subida de 1.5 Mbits/s y por lo tanto en el servidor

de videoconferencia se va a ocupar una velocidad de subida igual a la multiplicación de la cantidad de usuarios en una videoconferencia y la velocidad de subida del usuario. Es decir:

$$V_{ss} = n \times V_{su} \ldots (32)$$

$V_{ss}: Velocidad\ de\ subida\ en\ el\ servidor$
$V_{su}: Velocidad\ de\ subida\ del\ usuario$
$n: Cantidad\ de\ usuarios\ en\ una\ videoconferencia$

Ahora la velocidad de bajada de un usuario será la suma de las velocidades de subida de los demás usuarios con los que realiza la videoconferencia, es decir se exceptúa la velocidad de subida del que transmite. Por ejemplo, si hay "n" usuarios en la videoconferencia entonces la velocidad de bajada de cada uno de ellos será la multiplicación de la velocidad de subida del usuario y la cantidad de usuarios de la videoconferencia disminuido en uno.

$$V_{bu} = V_{su} \times (n - 1) \ldots (33)$$

$V_{bu}: Velocidad\ de\ bajada\ del\ usuario$
$V_{su}: Velocidad\ de\ subida\ del\ usuario$
$n: Cantidad\ de\ usuarios\ en\ una\ videoconferencia$

En este proyecto, limitaremos la cantidad de usuarios en una sala de videoconferencia a 8 como máximo, esto debido a que se deben optimizar los recursos de ancho de banda en una red de microondas, ya que este mismo recurso se debe asignar también para otras subredes o servicios, además se busca dar la mejor calidad en la transmisión de video para dicha cantidad de usuarios en la videoconferencia. Por lo tanto, la velocidad de bajada de un usuario en una videoconferencia de 8 personas se estimará de la siguiente forma:

$$V_{bu} = 1.5 \times (8 - 1)$$

$$Velocidad\ de\ bajada\ en\ videoconferencia = 10.5\ Mbits/s$$

Por tal razón, la velocidad de bajada de cada usuario será de 10.5 Mbps como máximo, cabe destacar que la videoconferencia se podrá realizar solo entre usuarios o instituciones que pertenezcan a un mismo campo de aplicación.

Para el servicio de videoconferencia se hará el cálculo con solo una PC por cada institución beneficiaria, la velocidad de subida será de 1.5 Mbps y la de bajada dependerá del número de usuarios que participen en la videoconferencia, en este caso se fijó como máximo 8 usuarios por videoconferencia.

Cuadro 60

Velocidad de videoconferencia en una PC o terminal de red

Servicio	Subred	Velocidad Subida en una terminal (Mbps)	Velocidad Bajada en una terminal (Mbps)
Intranet	Videoconferencia (8 usuarios)	1.5	10.5

Velocidad de un servicio de red en una institución pública

Primero para determinar la velocidad requerida de una subred en una institución pública se tendrá que multiplicar la velocidad de una subred en una terminal por el número de terminales de red en dicha institución, sin embargo, este resultado no necesariamente será el valor nominal que se va a requerir, dicho de otra manera en una subred de una institución no necesariamente todas las terminales van a ser utilizadas de manera simultánea, por lo que vamos a considerar un porcentaje de simultaneidad

en el número de terminales de red de dicha institución, dicho porcentaje será de 60%, con lo cual estaremos garantizando una buena calidad del uso simuláneo de este servicio en el 60% de los terminales de red de cada institución.

Es así que si se quiere determinar la velocidad nominal requerida de una subred "V_{SR}" se tendrá que multiplicar tres factores.

$$V_{SR} = v \times n \times 60\% \text{ ... (34)}$$

El primer factor "v" será la velocidad de bajada de una subred (internet, datos, telefonía IP, o videoconferencia) en un equipo o terminal, lo cual ya lo detallamos en los cuadros 56, 57, 58 y 60. El segundo factor "n" es el número de terminales de red que hacen uso de la subred en la institución, lo cual se calculará en base a lo expuesto en los cuadros 53, 54 y 55. Y el tercer factor es el porcentaje de simultaneidad que utilizaremos, lo cual ya se fijó en 60%.

Por lo tanto, si se quiere determinar la velocidad nominal requerida de un servicio (internet o intranet) en una institución pública "V_i" se tendrá que hacer la sumatoria de las velocidades de las subredes que lo conforman.

$$V_i = \sum V_{SR} \text{ ... (35)}$$

El resultado de esta suma será la velocidad requerida del servicio (internet o intranet) en una institución, y según el intervalo en el que se encuentre dicho resultado es que se contratará una velocidad de acuerdo al siguiente cuadro.

Cuadro 61

Velocidad a contratar en una institución pública

Velocidad requerida en una institución (V_i)	Velocidad a contratar en una institución (Mbps)
$V_i \leq 2$	2
$2 < V_i \leq 4$	4
$4 < V_i \leq 8$	8
$8 < V_i \leq 10$	10
$10 < V_i \leq 12$	12
$12 < V_i \leq 20$	20
$20 < V_i \leq 40$	40

En este cuadro se plantea el criterio para la asignación de velocidades a contratar en las instituciones públicas del diseño de la red inalámbrica que se propone en este trabajo de investigación, en dicho criterio se observa que las velocidades a contratar en cada institución dependerán del cálculo realizado con la ecuación 35 en cada una de ellas, este criterio está basado en la Resolución de Consejo Directivo N.° 217-2022-CD/OSIPTEL la cual hace referencia a las velocidades de internet para una institución pública en los proyectos regionales desarrollados por el PRONATEL, esto se encuentra en el cuadro 16 que está en el acápite 2.3.2. del presente trabajo de investigación.

Velocidad de los servicios de red en una localidad

Las características como velocidad total de subida o de bajada en cada localidad va a depender de las velocidades de los servicios de internet e intranet que se hayan fijado contratar en cada una de las instituciones beneficiarias de dicha localidad. Por consiguiente, tenemos que tener claro la velocidad de los servicios de internet e intranet en cada institución beneficiaria, tanto de subida como de bajada.

Primero se debe sumar las velocidades del servicio de red (internet o intranet) de todas las instituciones beneficiarias que pertenezcan a un mismo nodo o localidad, de tal forma que dichas velocidades correspondan a un mismo sentido (subida o bajada)

Por ejemplo, si queremos calcular la velocidad total de subida de intranet en la localidad de Huari tendremos que sumar todas las velocidades de subida de intranet que se presentan en cada una de las instituciones que pertenecen a esta localidad, ya sea colegios, centros médicos, municipalidades, y centros comunitarios. Lo mismo se hará si queremos calcular la velocidad total de bajada de este servicio en dicha localidad. Del mismo modo se hará para calcular la velocidad total de subida y bajada del servicio de internet en dicha locaclidad. Se volverá a seguir estos pasos mencionados para las demás localidades.

Una vez que se tiene las velocidades nominales de subida y bajada de cada uno de los servicios de red (intranet e internet) en cada locaclidad lo que se debe hacer es hallar las velocidades efectivas que les corresponden aplicándoles un valor de porcentaje. Estas velocidades efectivas se logran calcular aplicando el porcentaje de velocidad mínima que debe garantizar el proveedor de servicios, la cual por ley es 70%, es decir la velocidad efectiva o real del servicio de intranet o internet en cada localidad será el 70% de la velocidad nominal que le corresponde.

Luego si se desea obtener las velocidades efectivas de subida o bajada en cada localidad lo único que se debe hacer es sumar las velocidades efectivas de ambos servicios (intranet e internet), de tal forma que pertenezcan a un mismo sitio y que correspondan a un mismo sentido (subida o bajada).

7) Equipos servidores de red

Servidor Web/FTP

Cuadro 62

Datasheet del servidor DELL PowerEdge R240

Marca	DELL	
Modelo	PowerEdge R240	
Procesador	1 procesador de la siguiente familia de productos Intel® Xeon® E-2100: Intel Pentium®, Intel Core i3®, Intel Celeron®	
Memoria	4 ranuras DIMM DDR4, admite UDIMM, hasta 2,666 MT/s, máximo de 64 GB compatible con ECC registrado	
Controladoras de almacenamiento	Controladoras internas: PERC H730P, H330, HBA330 (sin RAID) RAID de software: PERC S140 HBA externas: Tarjeta HBA SAS de 12 Gb/s (sin RAID) Subsistema de almacenamiento optimizado para el arranque: 2 M.2 de 240 GB (RAID 1 o sin RAID), 1 M.2 de 240 GB (solo sin RAID)	
Bahías de unidades	Hasta 4 SATA, SAS (opcional) o SSD cableados de 3.5 in* Hasta 4 SATA, SAS (opcional) o SSD con conexión en caliente de 3.5 in o 2.5 in* * Disponible en la configuración de conexión en caliente	
Dimensiones	Factor de forma: Rack (1U)	Ancho: 434.00 mm (17.08 in) Profundidad: 534.496 mm (21.04 in) (configuración de disco HHD de 3.5 in) Profundidad: 483.716 mm (19.04 in) (configuración de disco HHD de 2.5 in) Nota: Estas dimensiones no incluyen: bisel, PSU redundante Peso del chasis: 12.2 kg (26.89 lb)
I/O y puertos	NIC: 2 interfaz de red LOM de 1 GbE Puertos delanteros: 1 USB 2.0, 1 puerto de administración micro USB 2.0 de iDRAC Puertos posteriores: 2 USB 3.0, VGA, conector en serie	2 ranuras PCIe Gen 3.0: • Una ranura x8 de perfil bajo, la mitad del largo con ancho de ranura x4 • Una ranura x16 de perfil bajo/alto total, la mitad del largo con ancho de banda x8
Sistemas operativos compatibles	Certificar XenServer Citrix® XenServer® Microsoft Windows Server® con Hyper-V Red Hat® Enterprise Linux Servidor Ubuntu	SUSE® Linux Enterprise Server VMware® ESXi

Nota. Datos tomados de Dell EMC (2019)

Figura 66

Servidor DELL PowerEdge R240



Nota. Figura tomada de Dell EMC (2019)

Servidor de Telefonía IP

Cuadro 63

Datasheet del servidor Xorcom CTS3000

Marca	Xorcom
Modelo	CTS3000
Procesador	Intel i3-8100T
RAM	4GB
Almacenamiento	2 SSD de 250 GB/ SSD de 500 GB
RAID1	disco duro doble
Ventilador	3 ventiladores redundantes
USB	4
Interfaz de gestión	Xorcom CompletePBX 5 (64-bit)
Versión de Linux	CentOS 7
Estructura	Asterisk 18
Número máximo de llamadas concurrentes	325 (solo SIP); 300 (PRI + FXS); hasta 1000 usuarios.
Tamaño	Chasis montable en rack estándar de la industria 2U de 19"
Dimensiones	44 x 36,3 x 9 cm
Peso	4,7 kg (Puede variar, dependiendo de la configuración)
Fuente de alimentación	Interna
Voltaje	Conmutación, ajuste automático 100/240 voltios, 50/60 Hz
Consumo de energía	230 Watts (máximo)
Puerto Ethernet - estándar	10/100/1000 Mb/s (x2)

Nota. Datos tomados de XORCOM Business Telephony Solutions (2022).

Figura 67

Servidor Xorcom CTS3000



Nota. Imagen tomada de XORCOM Business Telephony Solutions (2022).

Cuadro 64

Datasheet del servidor Xorcom CTS2000

Marca	Xorcom
Modelo	CTS2000
Procesador	Intel Celeron N3060
RAM	2GB
Almacenamiento	2 SSD de 250 GB/ SSD de 500 GB
RAID1	disco duro doble
Ventilador	3 ventiladores redundantes
USB	4
Interfaz de gestión	Xorcom CompletePBX 5 (64-bit)
Versión de Linux	CentOS 7
Estructura	Asterisk 18
Número máximo de llamadas concurrentes	85 (solo SIP); 45 (PRI + FXS); hasta 200 usuarios.
Tamaño	Chasis montable en rack estándar de la industria 2U de 19"
Dimensiones	44 x 36,3 x 9 cm
Peso	4,7 kg
Fuente de alimentación	Interna
Voltaje	Conmutación, ajuste automático 100/240 voltios, 50/60 Hz
Consumo de energía	230 Watts (máximo)
Puerto Ethernet - estándar	10/100/1000 Mb/s (x2)

Nota. Datos tomados de XORCOM Business Telephony Solutions (2022)

Figura 68

Servidor Xorcom CTS2000



Nota. Datos tomados de XORCOM Business Telephony Solutions (2022)

Servidor de Videoconferencia

Cuadro 65

Datasheet del servidor Grandstream modelo IPVT10-BS

Marca	Grandstream
Modelo	IPVT10-BS
Funciones de Uso	MCU de video integrado, Servidor SIP Registrar, Servidor NAT Traversal, Servidor de Colaboración Empresarial, Administrador de Contactos, Servidor de Grabación/Almacenamiento, Servidor WebRTC
Capacidad de Conferencia	Hasta 120-way MCU de video/audio H.264 de 1080p y 30fps Hasta 300 participantes (total) con audio bidireccional y transmisión de video H.264/VP8 unidireccional de 1080p y 30fps Hasta 10 salas de conferencia simultáneamente
Soporte de Video	H.264 BP/MP/HP, VP8 y HEVC/H.265 (en trámite) con resolución de hasta 1080p y 30fps y velocidad de bits por transmisión de 6Mbps
Soporte de Audio	Opus, G.722, G.711a/u, mezcla de audio de banda ancha de hasta 48KHz
Seguridad	Compatibilidad con cifrado de HTTPS y WSS/DTLS-SRTP para WebRTC y cifrado de TLS/SRTP para SIP
Gestión de Reuniones	Soporte para reuniones inmediatas o programadas/seminarios en línea, múltiples anfitriones/panelistas, control de encendido/apagado de audio/video Capacidad para compartir escritorio/aplicaciones, chat de grupo o privado, preguntas y respuestas, facultad del anfitrión para silenciar, desactivar la cámara de y expulsar a, participantes Contenido personalizable para invitación a reuniones /registro de reuniones/recordatorio para reuniones/reportes posteriores a las reuniones y seguimiento
Dispositivos Compatibles	Sistemas de videoconferencia de la serie GVC de Grandstream, videoteléfonos de la serie GXV de Grandstream PC/Mac usando navegadores WebRTC, dispositivos móviles Android/iOS usando la aplicación IPVideoTalk Mobile de Grandstream Llamada de audio desde troncal PSTN SIP o IP PBX basado en SIP, sistemas de videoconferencia y videoteléfonos externos basados en SIP
Grabación de Reuniones	Almacenamiento local de hasta 500GB de grabación de audio/video/chats, reportes de reuniones, etc.
Escalabilidad de Despliegue	Arquitectura escalable para soportar una configuración de múltiples servidores con balance de carga y redundancia para grandes despliegues
Suministro de Energía	Suministros de energía redundantes de 550W
Interfaces de Red	2 puertos de red Gigabit, 1 puerto de red RJ45 IPMI
Interfaces Auxiliares	3 puertos USB 3.0, 3 puertos USB 2.0 y 1 puerto VGA
Dimensión Física	430mm (ancho) x 650mm (longitud) x 88mm (altura), diseño 2U rack adecuado para gabinete de 19 pulgadas y guía

Nota. Datos tomados de Grandstream (2022).

Figura 69

Servidor Grandstream modelo IPVT10-BS



Nota. Imagen tomada de Grandstream (2022).

8) Cálculo de las velocidades en los enlaces de la red de transporte

Si se quiere saber la capacidad de cada uno de los enlaces de la topología de la red de microondas entonces primero se debe conocer las velocidades efectivas de todos los sitios y luego empezar a calcular la velocidad efectiva de cada uno de los enlaces empezando por los enlaces de menor nivel en la jerarquía de la topología de red. La velocidad efectiva de un enlace será equivalente a la suma de las velocidades efectivas de cada uno de los sitos que se encuentran por debajo de la jerarquía de dicho enlace en la topología de red. Es decir, se debe empezar a calcular las velocidades efectivas de los enlaces que se encuentran en la jerarquía inferior de la topología y continuar calculando estas velocidades en los enlaces que están en los niveles superiores hasta llegar a determinar la velocidad efectiva de los enlaces con el nodo principal.

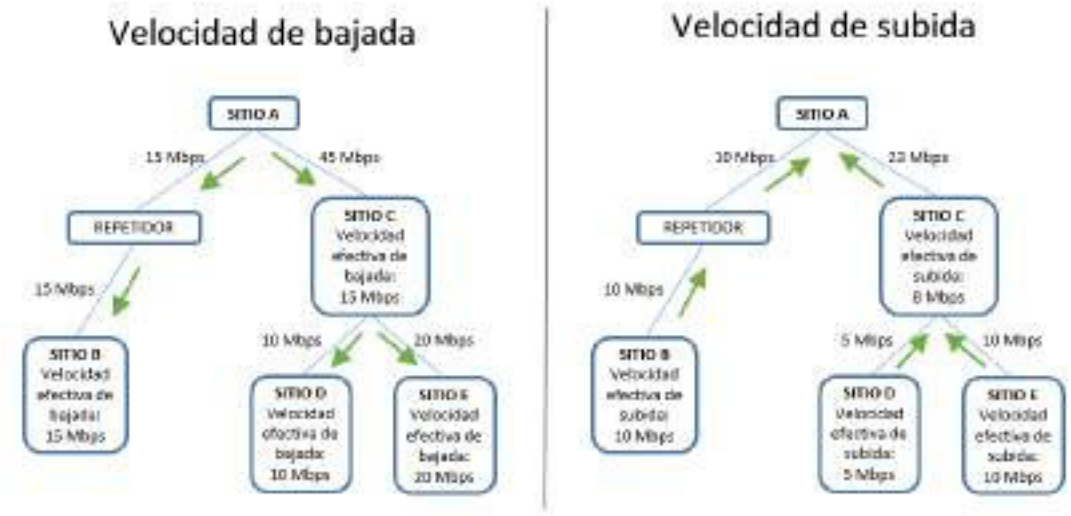
Así de esta forma conociendo la velocidad efectiva del sitio de nivel más bajo, y la suma de esta con la velocidad efectiva del sitio que se encuentra en el nivel inmediato superior dará como resultado la velocidad efectiva del enlace de nivel superior siguiente, este principio se puede aplicar para calcular tanto

las velocidades efectivas de subida como las de bajada en los enlaces de la topología de red.

Así pues, en la figura que se muestra a continuación se tiene un ejemplo de una topología de red donde las velocidades efectivas de los sitios que están en el nivel más bajo como los nodos “SITIO D” y “SITIO E” corresponderán con la misma velocidad efectiva de los enlaces “SITIO C - SITIO D” y “SITIO C - SITIO E” respectivamente. Mientras que la velocidad efectiva del enlace que está en el nivel superior, es decir, “SITIO A - SITIO C” será la suma de las velocidades efectivas de “SITO C”, “SITIO D”, y “SITIO E”.

Figura 70

Ejemplo de topología de red con cálculo de velocidades de subida y bajada



Nota. En el ejemplo el Sitio A es el nodo principal. Las flechas verdes hacia arriba representan la velocidad de subida en los respectivos enlaces. Las flechas verdes hacia abajo representan la velocidad de bajada en los respectivos enlaces.

Cuadro 66

Velocidades de subida y bajada de los sitios del ejemplo de topología de red

Sitios	Velocidad efectiva de bajada (Mbps)	Velocidad efectiva de subida (Mbps)
Sitio B	15	10
Sitio C	15	8
Sitio D	10	5
Sitio E	20	10

A continuación, se detalla como se obtuvieron las velocidades de subida y bajada de los enlaces que aparecen en la figura anterior. Hay que indicar que todos los cálculos de las velocidades de subida y bajada de los enlaces se obtuvieron a partir de las velocidades en cada sitio. Es decir, todos los cálculos que se muestran a continuación se obtienen a partir del cuadro anterior, que son valores que se fijaron como ejemplo para explicar el proceso de cálculo en las velocidades de los enlaces.

Enlace “Sitio C – Sitio D”:

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Sitio\ C - Sitio\ D} = \frac{Velocidd\ efect.}{de\ subida\ Sitio\ D}$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Sitio\ C - Sitio\ D} = 5\ Mbps$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Sitio\ C - Sitio\ D} = \frac{Velocidad\ efect.}{de\ bajada\ Sitio\ D}$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Sitio\ C - Sitio\ D} = 10\ Mbps$$

Enlace “Sitio C – Sitio E”:

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Sitio\ C - Sitio\ E} = \frac{Velocidad\ efect.}{de\ subida\ Sitio\ E}$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Sitio\ C - Sitio\ E} = 10\ Mbps$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Sitio\ C - Sitio\ E} = \frac{Velocidad\ efect.}{de\ bajada\ Sitio\ E}$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Sitio\ C - Sitio\ E} = 20\ Mbps$$

Enlace “Sitio A – Sitio C”:

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Sitio\ A - Sitio\ C} = \frac{Velocidad\ efect.}{de\ subida\ Sitio\ C} + \frac{Velocidad\ efect.}{de\ subida\ Sitio\ D} + \frac{Velocidad\ efect.}{de\ subida\ Sitio\ E}$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Sitio\ A - Sitio\ C} = 8\ Mbps + 5\ Mbps + 10\ Mbps$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Sitio\ A - Sitio\ C} = 23\ Mbps$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Sitio\ A - Sitio\ C} = \frac{Velocidad\ efect.}{de\ bajada\ Sitio\ C} + \frac{Velocidad\ efect.}{de\ bajada\ Sitio\ D} + \frac{Velocidad\ efect.}{de\ bajada\ Sitio\ E}$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Sitio\ A - Sitio\ C} = 15\ Mbps + 10\ Mbps + 20\ Mbps$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Sitio\ A - Siti\ C} = 45\ Mbps$$

También podemos precisar que si se da el caso de que hay uno o más repetidores conectados entre dos sitios o nodos entonces la velocidad efectiva en el enlace del repetidor con el sitio de nivel inferior será la misma que la del enlace del repetidor con el sitio de nivel superior, es decir, en este ejemplo la velocidad efectiva del enlace “REPETIDOR - SITIO B” es igual a la velocidad efectiva del enlace “SITIO A - REPETIDOR”.

Enlaces “Sitio A – Repetidor” y “Repetidor – Sitio B”:

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Sitio\ A-Repetidor} = \frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Repetidor-Sitio\ B} = \frac{Velocidad\ efect.}{de\ subida\ Sitio\ B}$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Sitio\ A-Repetidor} = \frac{Velocidad\ efect.de\ subida}{enlace\ Repetidor-Sitio\ B} = 10\ Mbps$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Sitio\ A-Repetidor} = \frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Repetidor-Sitio\ B} = \frac{Velocidad\ efect.}{de\ bajada\ Sitio\ B}$$

$$\frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Sitio\ A-Repetidor} = \frac{Velocidad\ efect.de\ bajada}{enlace\ Repetidor-Sitio\ B} = 15\ Mbps$$

Se ordenan los resultados obtenidos de las velocidades efectivas de subida y bajada de los enlaces del ejemplo de la topología de red, así mismo también se añade los valores de velocidad efectiva agregada de cada uno de ellos en el siguiente cuadro. Cabe indicar que la veloicdad efectiva agregada es la suma de la velocidad efectiva de subida y la velocidad efectiva de bajada.

Cuadro 67

Velocidades de subida y bajada de los enlaces del ejemplo de topología de red

Enlaces	Velocidad efectiva de bajada (Mbps)	Velocidad efectiva de subida (Mbps)	Velocidad efectiva agregada (Mbps)
Sitio A - Repetidor	15	10	25
Sitio A - Sitio C	45	23	68
Repetidor - Sitio B	15	10	25
Sitio C -Sitio D	10	5	15
Sitio C -Sitio E	20	10	30

Nota. La velocidad agregada es la suma de las velocidades de subida y bajada. Las velocidades efectivas de subida y bajada también se muestran en la figura del ejemplo de topología de red.

9) Equipos microondas del sistema de radioenlaces

Para realizar el diseño de los enlaces microondas de la red de transporte y de acceso debemos elegir la marca y modelo de los equipos microondas que vamos a utilizar, esto se hará en base a la banda de frecuencia que se elija para la implementación del proyecto, en este caso se eligió las bandas de 5,470 – 5,725 GHz y 5,725 – 5,850 GHz para los enlaces de la red de transporte, se eligió la banda 5,250 – 5,350 GHz para los enlaces dedicados o punto a punto de la red de acceso, y la banda de 5,150 – 5,250 GHz para los enlaces punto a multipunto de la red de acceso. Se eligieron estas bandas ya que forman parte de las bandas libres, es decir no requieren asignación de espectro radioeléctrico, permiso de instalación ni licencia de operación, pero si requieren una concesión, además de que en estas bandas mencionadas se puede llegar a superar los límites de PIRE máximo, los cuales están determinados por el inciso a del artículo 3 de la Resolución Ministerial Nº 199-2013-MTC/03 siempre y cuando se realice una prestación de un servicio público de telecomunicaciones en una zona rural y/o de preferente interés social, tal como lo señala el artículo 12 de la resolución ya mencionada anteriormente, por lo tanto resultará más factible poder colocar antenas que sean compatibles con los equipos microondas y que permitan tener una mayor ganancia para los enlaces en los que se requiera según el diseño, otro punto a favor para usar la banda no licenciada es que no se tendrá inconvenientes de interferencia con enlaces microondas que usan banda licenciada y se encuentren en la zona de estudio de este proyecto.

<u>Equipos para los enlaces punto a punto.</u>

Se propone utilizar los siguientes equipos para la implementación de los enlaces BackHaul de la red de transporte y para los enlaces punto a punto de la red de acceso.

Equipo microondas Ubiquiti airFiber-5XHD

Cuadro 68

Datasheet del equipo microondas Ubiquiti airFiber-5XHD

Marca	Ubiquiti airFiber	
Modelo	airFiber-5XHD	
Dimensiones	224 x 82 x 48 mm	
Peso	0.35Kg	
Fuente de alimentación	Adaptador Gigabit PoE de 24 V, 1 A	
Método de alimentación	Alimentación pasiva a través de Ethernet Pines 1, 2, 4, 5 (+) y Pines 7, 8, 3, 6 (-)	
Máximo consumo de potencia	6 -12 W	
Rango de voltaje soportado	+18 a +54VDC	
Montaje	Montura airFiber X (compatible con montura Rocket)	
Temperatura de operación	-40 to 55° C (-40 to 131° F)	
Rango de frecuencia de operación (MHz)	US/CA 5150 - 5250 5250 - 5350 5470 - 5725 5725 – 5850	En todo el mundo 4800 - 6200
Interfaces	Data Port (Puerto Ethernet) 10/100/1000 Mbps	
	Management Port (Puerto Ethernet) 10/100/1000 Mbps	
Conectores RF	RP-SMA resistente a la intemperie (CH0, CH1) SMA resistente a la intemperie (GPS)	
Antena GPS	Base magnética externa	
Máxima potencia de transmisión	29 dBm	
Ancho de banda de los canales	10/20/30/40/50/60/80/100MHz Seleccionable para uplink y downlink	
Modo inalámbrico	Punto a punto Maestro/Esclavo	

Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2020).

Figura 71

Equipo microondas Ubiquiti airFiber-5XHD



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2020).

A continuación, se muestra un cuadro en la que aparece la capacidad que puede proporcionar el equipo microondas airFiber-5XHD en función de las modulaciones y canales que posee. Hay que destacar que el cuadro muestra las capacidades agregadas que puede soportar un enlace, es decir, es la suma de las capacidades que puede soportar tanto de subida como de bajada. El equipo puede configurarse para destinar cierta capacidad a la subida y lo restante a la bajada.

Cuadro 69

Datasheet de la capacidad agregada del equipo microondas airFiber-5XHD

Capacidad del airFiber-5XHD (Mbps)									
Tasa	Modulación	Ancho de Canal (MHz)							
		10	20	30	40	50	60	80	100
1	QPSK SISO	11.52	24.32	36.48	48.64	59.52	70.4	90.88	109.44
2	QPSK MIMO	23.04	48.64	72.96	97.28	119.04	140.8	181.76	218.88
4	16 QAM MIMO	46.08	97.28	145.92	194.56	238.08	281.6	363.52	437.76
6	64 QAM MIMO	69.12	145.92	218.88	291.84	357.12	422.4	545.28	656.64
8	256 QAM MIMO	92.16	194.56	291.84	389.12	476.16	563.2	727.04	875.52
10	1024 QAM MIMO	115.2	243.2	364.8	486.4	595.2	704	908.8	1094.4
12	4096 QAM MIMO	138.24	291.84	437.76	583.68	714.24	844.8	1090.56	1313.28

Nota. Capacidad agregada es la suma de la capacidad de subida y la capacidad de bajada. La capacidad agregada varía según el ancho de canal y modulación. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2020).

Así mismo en el siguiente cuadro podemos observar la sensibilidad de recepción del equipo airFiber-5XHD, la cual también depende de la modulación y ancho de canal que se utilice en el radioenlace.

Cuadro 70

Datasheet de la sensibilidad del equipo microondas airFiber-5XHD

Sensibilidad del receptor airFiber-5XHD									
Tasa	Modulacion	Sensibilidad							
		10 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	50 MHz	60 MHz	80 MHz	100 MHz
12x	4096 QAM	-56	-53	-51	-49	-47	-44	-42	-39
10x	1024 QAM	-66	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51
8x	256 QAM	-72	-69	-67	-65	-63	-61	-59	-57
6x	64 QAM	-78	-75	-73	-71	-69	-67	-65	-63
4x	16 QAM MIMO	-84	-81	-79	-77	-75	-73	-71	-69
2x	QPSK MIMO	-88	-85	-83	-82	-81	-80	-79	-78
1x	½ Rate QPSK Xrt	-90	-87	-85	-84	-83	-82	-81	-80

Nota. La sensibilidad varía según el ancho de canal y modulación. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2020).

También es importante tener en cuenta para el diseño de los radioenlaces la potencia máxima permitida para cada tipo de modulación que se utilice.

Cuadro 71

Datasheet de la potencia máxima del equipo microondas airFiber-5XHD

Máx. Potencia de TX sugerida	
Tasa de bits por símbolo	Potencia
12x	12 - 15 dBm
10x	19 - 20 dBm
8x	21 - 22 dBm
6x	23-24 dBm
4x	29 dBm
2x	29 dBm
1x	29 dBm

Nota. La potencia máxima varía según la modulación. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2020).

Antenas 5GHz

La antena que es compatible con el equipo full-outdoor Ubiquiti AF-5XHD anteriormente descrito es el airFiber X, esta antena está especialmente diseñada con una polaridad inclinada de ±45° para su integración con el AF-5XHD. Existen tres modelos de esta antena airFiber X cada uno los cuales permiten brindar una ganancia distinta de acuerdo a lo que se requiera en el diseño del enlace.

Cuadro 72

Datasheet de la antena Ubiquiti AF-5G23-S45

Marca	Ubiquiti airFiber X
Modelo	AF-5G23-S45
Diámetro	378 mm
Frecuencia	5.45 - 5.85 GHz
Ganancia	23 dBi
Radomo	Integrado

Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2016).

Figura 72

Antena Ubiquiti AF-5G23-S45



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2016).

Cuadro 73

Datasheet de la antena Ubiquiti AF-5G30-S45

Marca	Air fiber X
Modelo	AF-5G30-S45
Diámetro	650 mm
Frecuencia	4.9 - 5.9 GHz
Ganancia	26 - 30 dBi
Radomo	ISO-BEAM-620

Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2016).

Figura 73

Antena Ubiquiti AF-5G30-S45



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2016).

Cuadro 74

Datasheet de la antena Ubiquiti AF-5G34-S45

Marca	Air fiber X
Modelo	AF-5G34-S45
Diámetro	1050 mm
Frecuencia	4.9 - 5.8 GHz
Ganancia	30 - 34 dBi
Radomo	RAD-RD3

Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2016).

Figura 74

Antena Ubiquiti AF-5G34-S45



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2016).

Según Ubiquiti Networks (2020) mediante su guía de inicio rápido de AF-5XHD menciona que para el montaje de la ODU full-outdoor AF-5XHD con la antena airFiber X se seguirán los pasos del ejemplo que se muestra a continuación. En el ejemplo se ve un montaje de la ODU full-outdoor con el modelo de antena AF-5G23-S45, aquí se puede observar que el dispositivo presenta dos conectores de RF que se conectarán a los dos conectores de RF que presenta la antena, los cuales indican una polarización inclinada de $\pm$45°, esto se conectará a través de un par de cables coaxiales con conectores tipo RP-SMA. También se puede observar que presenta un tercer conector para conectar el GPS del equipo.

Figura 75

Montaje de la ODU full-outdoor AF-5XHD con la antena airFiber X



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2020) en guía de inicio rápido de AF-5XHD

Para alimentar con energía al equipo AF-5XHD se debe utilizar el adaptador PoE modelo POE-24V-5X-HD que viene incluido al adquirir el kit del equipo microondas. Este adaptador PoE funciona interconectando el puerto PoE de dicho adaptador con el puerto DATA del equipo AF-5XHD mediante un cable UTP, y a su vez conectando el cable de alimentación desde una toma de corriente hacia el adaptador.

Figura 76

Conexión de alimentación de la ODU a través de Ethernet



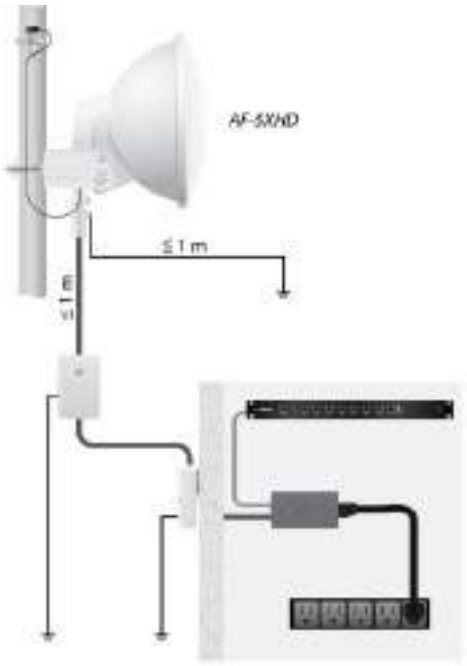
Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2020) en guía de inicio rápido de AF-5XHD.

Según Ubiquiti Networks (2022) en su guía de inicio rápido de ETH-SP-G2 se menciona que, para mayor protección, se puede instalar dos supresores de sobrecarga, los cuales deben ser de la marca Ubiquiti Ethernet Surge Protector, modelo ETH-SP, al final de cada enlace, estos supresores no están incluidos dentro del paquete en el que se encuentra el equipo microondas al momento de adquirirlo. El primer protector de sobrecarga se debe instalar a un metro del puerto de Data (Datos) airFiber, y el segundo protector de sobrecarga se debe instalar en el punto de acceso del lugar donde se encuentra el equipo de red por

cables. Para el uso adecuado de este protector de sobrecarga se debe tener en cuenta que este no se debe exponer a la lluvia ni a la humedad, así como también evitar utilizarlo durante una tormenta eléctrica. A continuación, se muestra una figura que detalla cómo se deben conectar los protectores de sobrecarga con los demás equipos.

Figura 77

Protección de sobrecarga



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2022) en guía de inicio de ETH-SP-G2.

En la siguiente figura se observa al equipo Ubiquiti Ethernet Surge Protector, modelo ETH-SP detallando sus puntos y puertos de conexión.

Figura 78

Equipo Ubiquiti Ethernet Surge Protector modelo ETH-SP



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2022) en guía de inicio de ETH-SP-G2

1. Puerto ETH de E/S: Puertos RJ45 Ethernet protegidos contra sobretensión pasiva.

2. Punto de conexión a tierra: El ETH-SP-G2 debe conectarse a tierra a través de uno de los siguientes métodos:

- Utilizando el tornillo autorroscante incluido para conectar el ETH-SP-G2 directamente a un poste o a una estructura metálicos de conexión a tierra.
- Utilizando un tornillo mecanizado M5 y una tuerca para fijar un hilo de drenaje que esté conectado a un bloque o a una estructura de conexión a tierra remotos.

Equipos para los enlaces punto a multipunto.

Se propone utilizar los siguientes equipos para la implementación de los enlaces inalámbricos de la red de acceso en modo punto a multipunto:

Equipo Access-Point 5 GHz

Cuadro 75

Datasheet del equipo Ubiquiti LTU-Rocket

Marca	Ubiquiti	
Modelo	LTU-Rocket	
Dimensiones	244 x 82 x 48 mm	
Peso	0.468Kg	
Fuente de alimentación	Adaptador Gigabit PoE de 24 V, 1 A	
Método de alimentación	Alimentación pasiva a través de Ethernet Pines 1, 2, 4, 5 (+) para la ida y Pines 3, 6, 7, 8 (-) para el retorno	
Máximo consumo de potencia	25 W	
Temperatura de operación	-40 a 55° C (-40 a 131° F)	
Rango de frecuencia de operación (MHz)	US/CA 5150 - 5250 5250 - 5350 5470 - 5725 5725 – 5850	En todo el mundo 4800 - 6200
Interfaces	1 Puerto Ethernet 10/100/1000 Mbps	
Conectores RF	(2) RP-SMA resistente a la intemperie (CH0, CH1) (1) SMA resistente a la intemperie (GPS)	
Máxima potencia de transmisión	29 dBm (Depende de la regulación del país)	
Ancho de banda de los canales	10/20/30/40/50MHz	
Modo inalámbrico	Access Point (AP)	

Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2020)

Figura 79

Equipo Ubiquiti LTU-Rocket



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2020}.

Antenas 5 GHz

Las antenas que son compatibles con el equipo Access-Point Ubiquiti LTU-Rocket anteriormente descrito son las de la marca airMax, estas antenas están diseñadas especialmente para su integración con el LTU-Rocket. Existen varios modelos de esta antena airMax cada uno los cuales permiten brindar una ganancia distinta y ancho de haz distintos de acuerdo a lo que se requiera para la cobertura punto - multipunto. En el trabajo de investigación que se desarrollará se propondrá la utilización de las siguientes antenas para su implementación en la red de acceso de las localidades.

Cuadro 76

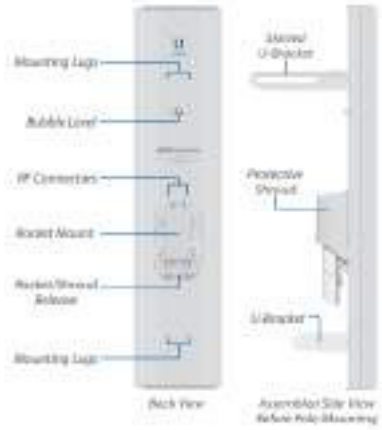
Datasheet de la antena Ubiquiti AirMAX AM-5AC21-60

Marca	Ubiquiti airMax
Modelo	AirMAX AM-5AC21-60
Dimensiones	750 x 173 x 78 mm
Frecuencia	5.10 - 5.85 GHz
Ganancia	21 dBi
Ancho de haz en pol. H o V	60° (6 dBi)
Max. VSWR	1.5:1
Conectores RF	2 conectores RP-SMA (resistentes a la intemperie)
Polarización	Dual-Lineal
Aislamiento Cross-pol	25 dB Min.

Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2019).

Figura 80

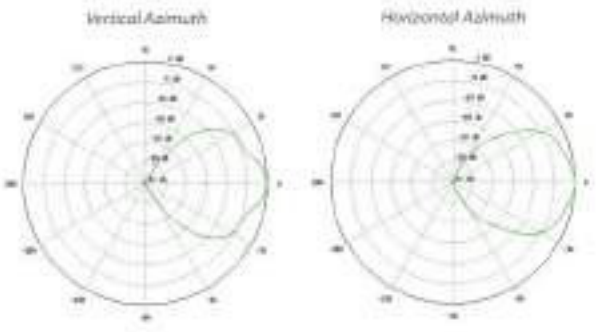
Antena AirMAX AM-5AC21-60



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2019).

Figura 81

Patrón de radiación de la antena AirMAX AM-5AC21-60



Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2019).

Cuadro 77

Datasheet de la antena Ubiquiti AirMAX AM-5G19-120

Marca	Ubiquiti airMax	
Modelo	AM-5G19-120	
Dimensiones	700 x 135 x 73 mm	
Frecuencia	5.15 - 5.85 GHz	
Ganancia	18.6 - 19.1 dBi	
Ancho de haz	Pol. H	Pol. V
	123°(6 dB)	123°(6 dB)
Max. VSWR	1.5:1	
Polarización	Dual-Lineal	
Aislamiento Cross-pol	28 dB Min.	

Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2018).

Figura 82

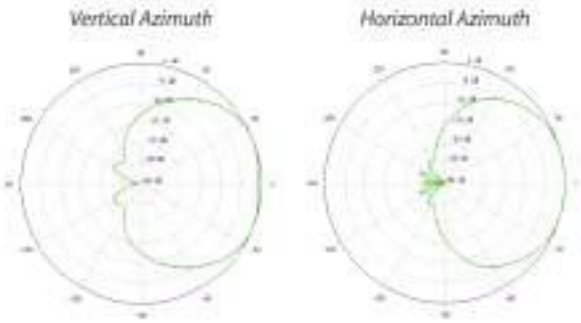
Antena Ubiquiti AirMAX AM-5G19-120



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2018)

Figura 83

Patrón de radiación de la antena AirMAX AM-5G19-120



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2018).

Cuadro 78

Datasheet de la antena Ubiquiti AirMAX AMO-5G13

Marca	Ubiquiti airMax
Modelo	AMO-5G13
Tipo	Omnidireccional
Dimensiones	799 x 90 x 65 mm
Frecuencia	5.45 - 5.85 GHz
Ganancia	13 dBi
Max. VSWR	1.5:1
Polarización	Dual-Lineal
Aislamiento Cross-pol	25 dB Min.

Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2018).

Figura 84

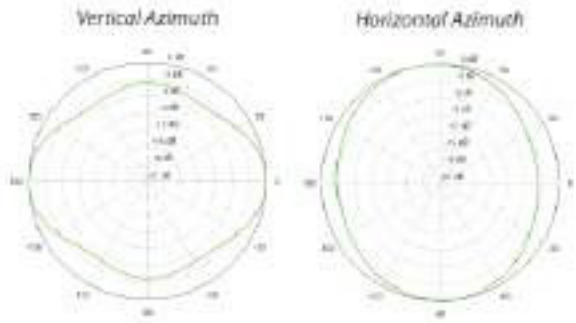
Antena AirMAX AMO-5G13



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2018).

Figura 85

Patrón de radiación de la antena AirMAX AMO-5G13



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2018).

Equipo Estación Suscriptora:

Cuadro 79

Datasheet del equipo Access Point Ubiquiti LTU-LR

Marca	Ubiquiti	
Modelo	LTU-LR	
Dimensiones	512.5 x 385.75 x 258.3 mm	
Peso con montaje	1.735 kg	
Ganancia	26 dBi	
Fuente de alimentación	Adaptador Gigabit PoE de 24 V, 0.5 A	
Método de alimentación	Alimentación pasiva a través de Ethernet Pines 4, 5 (+) y Pines 7, 8 (-)	
Máximo consumo de potencia	8.5 W	
Montaje	Montaje en poste (kit incluido)	
Temperatura de operación	-40 a 60° C (-40 a 140° F)	
Rango de frecuencia de operación (MHz)	US/CA 5150 - 5250 5250 - 5350 5470 - 5725 5725 – 5850	En todo el mundo 4800 - 6200
Interfaces	1 Puerto Ethernet 10/100/1000 Mbps	
Máxima potencia de transmisión	22 dBm	
Ancho de banda de los canales	10/20/30/40/50 MHz	
Modo inalámbrico	Estación	

Nota. Datos tomados de Ubiquiti Networks (2020).

Figura 86

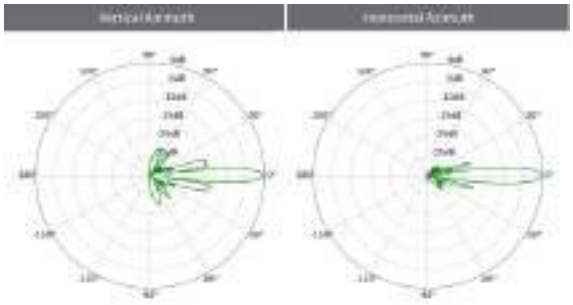
Equipo Acces Point Ubiquiti LTU-LR



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2020)

Figura 87

Patrón de radiación del equipo Acces Point Ubiquiti LTU-LR



Nota. Imagen tomada de Ubiquiti Networks (2020).

10)Configuración del equipo microondas airFiber AF-5X HD

Basándose en Ubiquiti LatAm (2020) se puede describir los siguientes pasos para configurar la radio microondas. Primero se debe acceder a dicho equipo conectando un cable de red (ethernet) desde la PC o laptop hacia el puerto MGNT del equipo microondas airFiber AF-5X HD.

Figura 88

Conexión de PC hacia airFiber AF-5X HD para acceso a su configuración



Para acceder a la interfaz gráfica o web del equipo microondas se deberá configurar o usar en la laptop una dirección IP que este dentro del rango de la subred 192.168.2.0 /24 con excepción de la dirección 192.168.2.20 esto debido a que el equipo airFiber AF-5X HD tiene configurado una IP por defecto la cual es 192.168.2.20

Por ejemplo, podemos configurar la laptop con la siguiente dirección IP:

Dirección IP: 192.168.2.10

Máscara de subred: 255.255.255.0

Puerta de enlace: En blanco

Figura 89

Configuración IP en PC para acceso al airFiber AF-5X HD



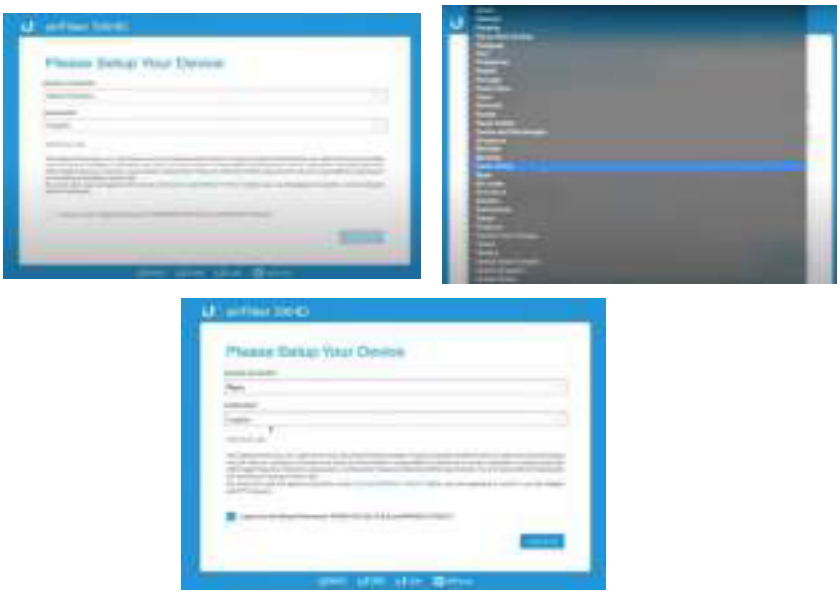
Nota. La dirección IP que se configure en la PC debe estar dentro del rango de la subred 192.168.2.0 /24 con excepción de la dirección 192.168.2.20

Para acceder a la interfaz gráfica del equipo se debe ingresar a un buscador web con la dirección IP por defecto: 192.168.2.20

Una vez que se tenga conexión al equipo airFiber AF-5X HD se deberá elegir el país, el idioma y aceptar los términos de uso y políticas de privacidad

Figura 90

Configuración de idioma, país y términos de uso en airFiber AF-5X HD



Nota. Imagen tomada de la interfaz gráfica de configuración de un equipo airFiber AF-5X HD.

Al ingresar a la interfaz web aparecerá un aviso para cambiar la contraseña por defecto de la cuenta de administrador del equipo.

Figura 91

Aviso para cambio de contraseña en airFiber AF-5X HD



Nota. Imagen tomada de la interfaz gráfica de configuración de un equipo airFiber AF-5X HD.

El usuario y contraseña por defecto de la cuenta de administrador del equipo airFiber AF-5X HD es una misma palabra la cual es “ubnt”, al momento de hacer el cambio de contraseña el equipo solicitará la contraseña por defecto y la contraseña nueva.

Figura 92

Cambio de contraseña en airFiber AF-5X HD



Nota. Imagen de la interfaz gráfica de configuración de un equipo airFiber AF-5X HD.

Configuración de red

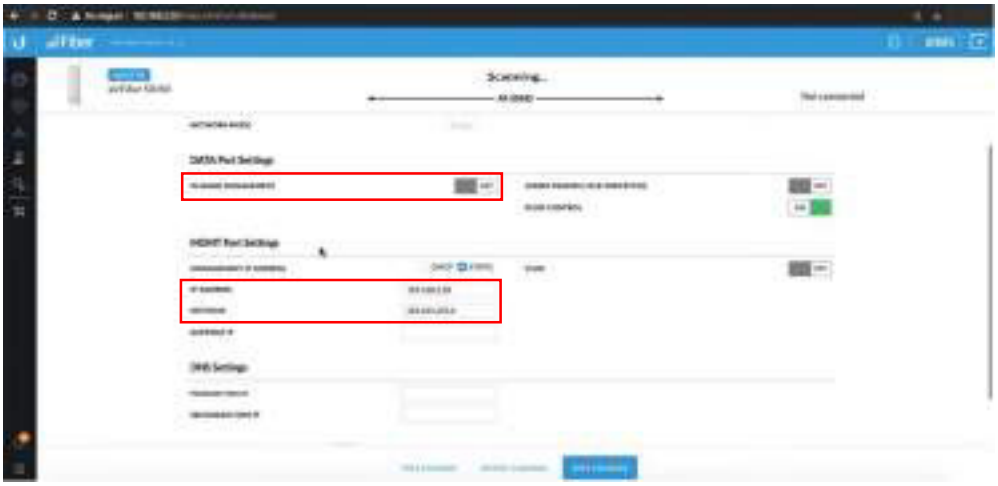
Se utilizará la configuración fuera de banda, es decir se tendrá monitoreo o gestión del equipo microondas a través del puerto MGMT, y el tráfico de los servicios se realizará a través del puerto DATA. Para que esto suceda se debe ir a la opción Network y realizar lo siguiente:

- Dejar en OFF la opción “In band management”

- Configurar la IP, máscara y Gateway en “MGMT Port Settings” de acuerdo al diseño del plan IP microondas.

Figura 93

Configuración fuera de banda en airFiber AF-5X HD



Nota. Imagen de la interfaz gráfica de configuración de un equipo airFiber AF-5X HD.

Configuración inalámbrica

En la opción “Wireless” encontramos 4 apartados que se tienen que configurar para poder establecer el enlace microondas.

Ajustes básicos (Bassic Settings):

En un enlace microondas hay que activar modo maestro a un equipo de radio y modo esclavo al equipo contrario.

1.- Modo: Se tiene que configurar de tal manera que se active el modo maestro en la unidad de radio que se encuentre en un nivel superior en la topología de red con respecto a su contrario, y como esclavo el que esté en el nivel inferior.

2.- Antena: Se elige la antena que corresponde de acuerdo al enlace a configurar en el diseño.

3.- Pérdida del cable: Se debe configurar el valor de 0.5 ó 1 como pérdida de cable.

Ajustes inalámbricos (Wireless Settings):

En esta opción se puede configurar 4 apartados los cuales son: el nombre del enlace, contraseña de seguridad, tasa de capacidad de carga y descarga, y latencia.

4.- Nombre del enlace: Se colocará el nombre de las dos localidades que conforman el enlace, separados por un guion, tal como se detalla en el diseño.

5.- Contraseña de seguridad: Para que las dos radios microondas puedan estar conectadas y empezar a transmitir y recibir flujo de datos, ambas deben tener configurada la misma contraseña.

6.- Tasa de capacidad de carga y descarga: Se debe configurar de acuerdo al porcentaje de carga y descarga que se detalló en el diseño de cada enlace.

7.- Latencia: Es el intervalo de tiempo que demora en llegar el paquete o flujo de paquetes desde su origen a su destino. Si se aumenta la latencia entonces la capacidad se verá aumentada en un pequeño porcentaje extra. Se recomienda dejar en 4 ms.

Frecuencia de enlace (Link Frequency)*:*

En esta opción se debe configurar 5 apartados los cuales son: auto frecuencia, división de frecuencia, frecuencia de transmisión, frecuencia de recepción, y ancho de banda del canal.

8.- Auto frecuencia: Se debe dejar desactivada esta opción, es decir en “OFF” para que se pueda configurar las frecuencias elegidas manualmente según el diseño. Ya que si se deja en “ON” el equipo elegirá automáticamente una frecuencia libre con la que pueda establecer el enlace.

9.- División de frecuencia: Se debe dejar activada esta opción, es decir en “ON” de esta forma se pueda configurar una frecuencia de transmisión y otra frecuencia diferente de recepción de acuerdo al diseño de cada enlace. Ya que si se deja desactivada esta opción el equipo utilizará el método TDD y utilizará la misma frecuencia tanto para transmisión como para recepción.

10.- Frecuencia de recepción: Se debe escribir el valor de frecuencia de recepción elegido en MHz.

11.- Frecuencia de transmisión: Se debe escribir el valor de frecuencia de transmisión elegido en MHz.

12.- Ancho de banda del canal: Se debe seleccionar el valor del ancho de canal elegido en MHz de acuerdo al diseño del enlace.

Avanzado (Advanced):

13.- PIRE: Se debe configurar con el valor del PIRE que le corresponde al enlace según el diseño.

14.- Modulación de transmisión: Se debe configurar con el valor de modulación que le corresponde al enlace según el diseño.

Figura 94

Configuración inalámbrica en airFiber AF-5X HD



Nota. En la figura se indican los 14 puntos de configuración inalámbrica.

Configuración de sistema.

En la opción “Sistema” se configurarán solo 3 apartados los cuales son: Lenguaje de la interfaz, Zona horaria, y Cliente NTP.

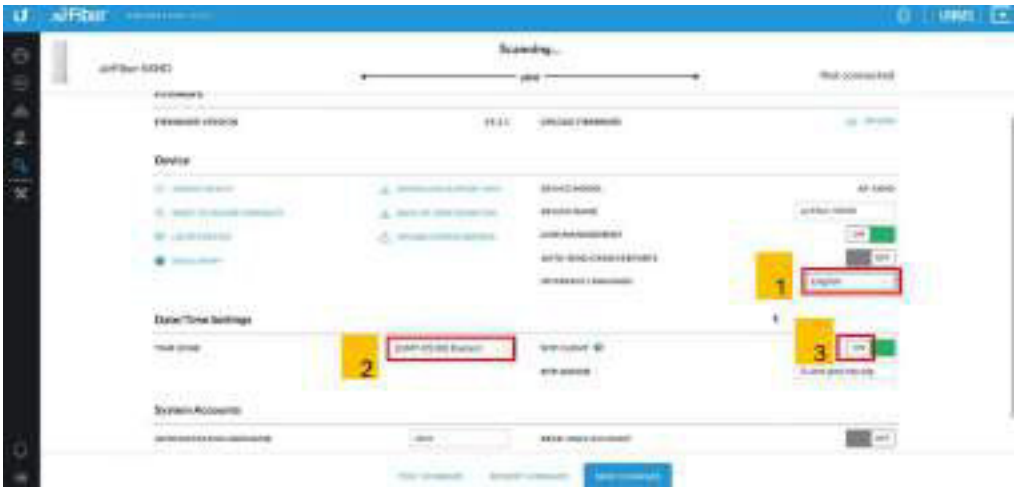
1.- Lenguaje de la interfaz: Se configurará de acuerdo al lenguje de preferencia, en este caso puede ser español o inglés.

2.- Zona horaria: Se elegirá la zona horaria correspondiente al país o zona donde este ubicado la instalación del equipo microonda. En el Peru la zona horaria es GMT-05:00 Eastern Standard Time.

3.- Cliente NTP: Se debe dejar activada esta opción, es decir en “ON”, este es un protocolo de tiempo de red, su función es la de sincronizarse con un servidor NTP.

Figura 95

Configuración del sistema en airFiber AF-5X HD



Nota. En la figura se indican los 3 puntos de configuración del sistema.

11)Herramientas útiles del software o sistema airFiber AF-5X HD:

El software del equipo airFiber AF-5X HD cuenta con herramientas útiles que ayudan a integrar y validar un nuevo enlace, entre las más importantes están: el “Aierview”, el cual es un analizador de espectro de la banda en la que opera esta radio microondas, el sistema también cuenta con la herramienta “Constellation” que muestra el diagrama de constelación que corresponde al tipo de modulación que se está usando en el enlace y el nivel de CINR.

Figura 96

Herramientas útiles en airFiber AF-5X HD



Nota. En la figura se indican las 2 herramientas del sistema del equipo AF-5X HD.

Analizador de espectro (Airview): Muestra el espectro disponible que hay en la banda de 5 GHz, es muy útil para saber si hay algún tipo de interferencia o señal proveniente de algún otro equipo en el canal que se quiere utilizar para el enlace.

Figura 97

Analizador de espectro en airFiber AF-5X HD

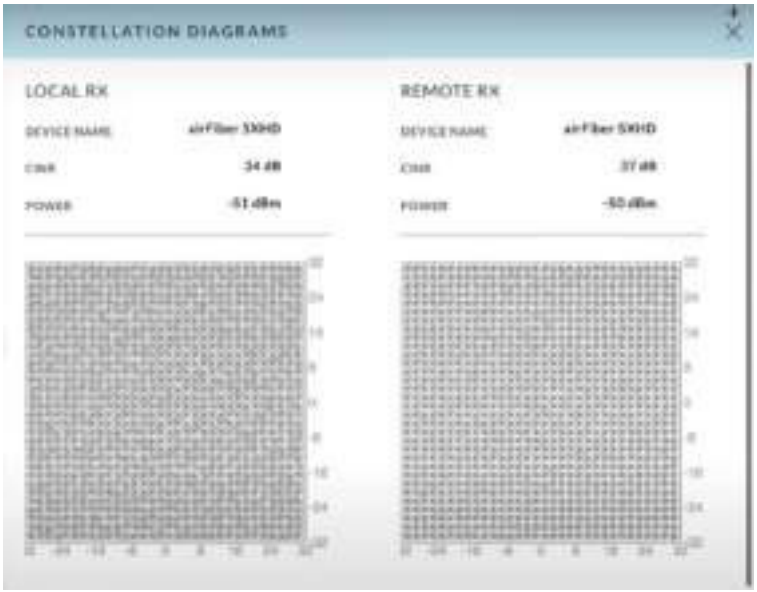


Nota. Imagen tomada desde la interfaz gráfica del equipo airFiber AF-5X HD.

Diagrama de constelación (Constellation): Muestra el diagrama de constelación que corresponde al tipo de modulación que se está usando en el enlace, así como también detalla el nivel de señal a ruido que existe mediante el parámetro CINR (dB). Hay que tener en cuenta que para validar el correcto funcionamiento de un nuevo enlace hay que verificar si el valor del CINR es mayor o igual a cierto valor límite o umbral, este valor varía despendiendo del tipo de modulación que se elija. En el cuadro 80 se detalla el valor mínimo de CINR para cada tipo de modulación.

Figura 98

Diagrama de constelación en airFiber AF-5X HD



Nota. Imagen tomada desde la interfaz gráfica del equipo airFiber AF-5X HD.

Cuadro 80

Relación entre modulación y señal a ruido (CINR) en airFiber AF-5X HD

Modulación	CINR ≥ (dB)
4096 QAM	35
1024 QAM	30
256 QAM	28
64 QAM	23
16 QAM	18
QPSK	10

Nota. Datos tomados de Ubiquiti LatAm (2020). Se debe verificar que los valores de CINR sean mayores o iguales a los indicadaos en el cuadro según el tipo de modulación con el que corresponda el enlace.

12) Cálculo de los canales para las bandas 5.250-5.350, 5.470-5.725 y 5.725-5.850 GHz.

Como se ha observado en el cuadro 69, en la radio microondas airFiber-5XHD se pueden seleccionar canales con anchos de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 y 100 MHz. Lo primero que se hará es calcular el número máximo de canales utilizables de un mismo ancho de banda que puedan estar contenidos en una banda de frecuencia, de tal forma que los canales no se interfieran ente sí. Se hará este cálculo con todos los anchos de canal seleccionables que tiene la radio, y para cada una de las bandas que este posee, es decir para las bandas de 5.250-5.350 GHz, 5.470-5.725 GHz y 5.725-5.850 GHz.

Para calcular el número máximo de canales de ancho “x” en una banda, lo que se tiene que hacer es hallar la diferencia del máximo y mínimo valor del intervalo de la banda y dividir dicho valor entre el doble del ancho del canal, es decir entre “2x”, luego evaluar la función máximo entero al resultado, el valor entero obtenido que resulte al aplicar dicha función será el número máximo de

canales de un determinado ancho de canal que se podrán utilizar en la banda dada.

$banda\ (\text{MHz}) : < f_a\ ; f_b >$

$Ancho\ de\ canal\ (\text{MHz}):$ x

Número máximo de canales: n

$$N°\ máximo\ de\ canales = \left[\!\left[\frac{f_b - f_a}{2x}\right]\!\right] = n \ \leftrightarrow\ n \leq \frac{f_b - f_a}{2x} < n + 1\ ;\ n \in Z \ \ldots (36)$$

Así por ejemplo para un ancho de canal de 10 MHz en la banda de < 5470MHz; 5725 MHz > tenemos que el número máximo de canales contenidos en dicha banda será:

$$N°\ máx.\ de\ canales = \left[\!\left[\frac{5725 - 5470}{20}\right]\!\right] = [\![12.75]\!] = 12 \leftrightarrow 12 \leq 12.75 < 13 \ \ldots (37)$$

$$n = 12$$

Luego hay que tener en cuenta que en el intervalo de la banda se destinará una porción del espectro para las portadoras Low y otra porción del mismo ancho para las portadoras High, de tal forma que habrá una separación o espaciamiento entre la subbanda L y subbanda H para evitar solapamientos entre canales de transmisión y recepción, así mismo existirá una banda de guarda baja (al inicio de la banda) y una banda de guarda alta (al final de la banda) para evitar solapamientos o interferencias con otras bandas adyacentes de la frecuencia de 5 GHz.

Se sabe que se ocupará o utilizará "$2(x)(n)$" en MHz del intervalo de toda la banda de operación para los canales L y H. Así que para el espaciamiento entre las subbandas L y H se destinará el 60% del espectro restante de la banda de operación, y el otro 40% se destinará para las bandas de guarda baja y alta, de tal forma que un 20% se destinará para la banda de guarda baja y el otro 20% para la banda de guarda alta. El espaciamiento entre las portadoras de Tx y Rx será la suma de "(x)(n)" y el espaciamiento entre subbandas H y L.

Ancho utilizado para canales L y H = 2(x)(n) … (38)

Espaciamiento entre subbandas L y H = 60%$((f_b - f_a) - 2(x)(n))$ … (39)

Banda de guarda total = 40%$((f_b - f_a) - 2(x)(n))$ … (40)

Banda de guarda baja = 20%$((f_b - f_a) - 2(x)(n))$ … (41)

Banda de guarda alta = 20%$((f_b - f_a) - 2(x)(n))$ … (42)

Espaciamiento entre Tx / Rx = $(x)(n)$ + Espaciamiento entre subbandas H y L

Frecuencia mínima utilizable en L = $f_a + Banda\ de\ guarda\ baja + (x/2)$… (43)

Frecuencia máxima utilizable en H = $f_b - Banda\ de\ guarda\ baja - (x/2)$… (44)

Así pues, siguiendo el ejemplo para un ancho de canal de 10 MHz en la banda de < 5470MHz; 5725 MHz > tenemos que:

Ancho utilizado para canales L y H = $2(10)(12)$= 240 MHz

Espaciamiento entre subbandas L y H = 60%$((5725 - 5470) - 240)$ = 9 MHz

Banda de guarda total = 40%$((5725 - 5470) - 240)$ = 6 MHz

Banda de guarda baja = 3 MHz

Banda de guarda alta = 3 MHz

Espaciamiento entre Tx y Rx = $(10)(12) + 9$ = 129 MHz

Frecuencia mínima utilizable en L = $5470 + 3 + \left(\frac{10}{2}\right) = 5478$ MHz

Frecuencia máxima utilizable en H = $5725 - 3 - \left(\frac{10}{2}\right) = 5717$ MHz

Ahora teniendo en cuenta los anchos de canal que se pueden seleccionar en el equipo y haciendo los cálculos para cada uno de ellos en las tres bandas de 5 GHz que se planea utilizar, tendremos lo siguiente:

Cuadro 81

Frecuencias mínimas y máximas de un ancho de canal en las bandas de 5 GHz

Banda de frecuencia	Ancha de canal (MHz)	Frecuencia minima seleccionable en Low (MHz)	Frecuencia máxima seleccionable en High (MHz)	Espaciamiento Tx/Rx (MHz)	N° de canales	Espaciamiento entre subbandas H& L (MHz)	Banda de guarda baja y alta (MHz)
5.250-5.350 GHz	10	5255	5345	50	5	0	0
	20	5264	5336	52	2	12	4
	30	5273	5327	54	1	24	8
	40	5274	5326	52	1	12	4
	50	5275	5325	50	1	0	0
5.470-5.725 GHz	10	5478	5717	129	12	9	3
	20	5483	5712	129	6	9	3
	30	5488	5707	129	4	9	3
	40	5493	5702	129	3	9	3
	50	5506	5689	133	2	33	11
	60	5503	5692	129	2	9	3
	80	5529	5666	137	1	57	19
	100	5531	5664	133	1	33	11
5.725-5.850 GHz	10	5731	5844	63	6	3	1
	20	5736	5839	63	3	3	1
	30	5741	5834	63	2	3	1
	40	5754	5821	67	1	27	9
	50	5755	5820	65	1	15	5
	60	5756	5819	63	1	3	1

Nota. Se resaltaron en amarillo los valores obtenidos en los cálculos que se presentaron previos al cuadro que corresponden al ancho de canal de 10 MHz en la banda de 5.470-5.725 GHz.

Si se desea saber cada una de las portadoras de los canales del equipo microondas entonces se debe tener en cuenta que se deben hallar tanto para la subbanda L y la subbanda H. Para saber las portadoras de la subbanda L se debe sumar el ancho del canal a la frecuencia mínima utilizable de la subbanda L tantas veces como el número máximo de canales, de esta forma se encontrarán todas las portadoras o canales de la subbanda L y para conocer las portadoras de la subbanda High se debe restar el ancho del canal a la frecuencia máxima utilizable de la subbanda H tantas veces como el número máximo de canales. De esta forma obtendremos las portadoras de

todos los canales para las dos subbandas que utilizaremos, tal como lo mostramos a continuación:

Cuadro 82

Frecuencias para un determinado canal en la banda 5.250-5.350 GHz

Banda: 5.250 - 5.350 GHz								
Ancho de canal	N° de Canal	Espacio Dúplex (MHz)	Frecuencias Bajas (Subbanda L)			Frecuencias Altas (Subbanda H)		
			Frecuencia de inicio (MHz)	Frecuencia central (MHz)	Frecuencia de paro (MHz)	Frecuencia de inicio (MHz)	Frecuencia central (MHz)	Frecuencia de paro (MHz)
10 MHz	CH1	50	5250	5255	5260	5300	5305	5310
10 MHz	CH2	50	5260	5265	5270	5310	5315	5320
10 MHz	CH3	50	5270	5275	5280	5320	5325	5330
10 MHz	CH4	50	5280	5285	5290	5330	5335	5340
10 MHz	CH5	50	5290	5295	5300	5340	5345	5350
20 MHz	CH1	52	5254	5264	5274	5306	5316	5326
20 MHz	CH2	52	5274	5284	5294	5326	5336	5346
30 MHz	CH1	54	5258	5273	5288	5312	5327	5342
40 MHz	CH1	52	5254	5274	5294	5306	5326	5346
50 MHz	CH1	50	5250	5275	5300	5300	5325	5350

Cuadro 83

Frecuencias para un determinado canal en la banda 5.470-5.725 GHz

Banda: 5.470 - 5.725 GHz								
Ancho de canal	N° de Canal	Espacio Dúplex (MHz)	Frecuencias Bajas (Subbanda L)			Frecuencias Altas (Subbanda H)		
			Frecuencia de inicio (MHz)	Frecuencia central (MHz)	Frecuencia de paro (MHz)	Frecuencia de inicio (MHz)	Frecuencia central (MHz)	Frecuencia de paro (MHz)
10 MHz	CH1	129	5473	5478	5483	5602	5607	5612
10 MHz	CH2	129	5483	5488	5493	5612	5617	5622
10 MHz	CH3	129	5493	5498	5503	5622	5627	5632
10 MHz	CH4	129	5503	5508	5513	5632	5637	5642
10 MHz	CH5	129	5513	5518	5523	5642	5647	5652
10 MHz	CH6	129	5523	5528	5533	5652	5657	5662
10 MHz	CH7	129	5533	5538	5543	5662	5667	5672
10 MHz	CH8	129	5543	5548	5553	5672	5677	5682
10 MHz	CH9	129	5553	5558	5563	5682	5687	5692
10 MHz	CH10	129	5563	5568	5573	5692	5697	5702
10 MHz	CH11	129	5573	5578	5583	5702	5707	5712
10 MHz	CH12	129	5583	5588	5593	5712	5717	5722
20 MHz	CH1	129	5473	5483	5493	5602	5612	5622
20 MHz	CH2	129	5493	5503	5513	5622	5632	5642
20 MHz	CH3	129	5513	5523	5533	5642	5652	5662
20 MHz	CH4	129	5533	5543	5553	5662	5672	5682
20 MHz	CH5	129	5553	5563	5573	5682	5692	5702
20 MHz	CH6	129	5573	5583	5593	5702	5712	5722
30 MHz	CH1	129	5473	5488	5503	5602	5617	5632
30 MHz	CH2	129	5503	5518	5533	5632	5647	5662
30 MHz	CH3	129	5533	5548	5563	5662	5677	5692
30 MHz	CH4	129	5563	5578	5593	5692	5707	5722
40 MHz	CH1	129	5473	5493	5513	5602	5622	5642
40 MHz	CH2	129	5513	5533	5553	5642	5662	5682
40 MHz	CH3	129	5553	5573	5593	5682	5702	5722
50 MHz	CH1	133	5481	5506	5531	5614	5639	5664
50 MHz	CH2	133	5531	5556	5581	5664	5689	5714
60 MHz	CH1	129	5473	5503	5533	5602	5632	5662
60 MHz	CH2	129	5533	5563	5593	5662	5692	5722
80 MHz	CH1	137	5489	5529	5569	5626	5666	5706
100 MHz	CH1	133	5481	5531	5581	5614	5664	5714

Cuadro 84

Frecuencias para un determinado canal en la banda 5.725-5.850 GHz

Banda: 5.725 - 5.850 GHz								
Ancho de canal	N° de Canal	Espacio Dúplex (MHz)	Frecuencias Bajas (Subbanda L)			Frecuencias Altas (Subbanda H)		
			Frecuencia de inicio (MHz)	Frecuencia central (MHz)	Frecuencia de paro (MHz)	Frecuencia de inicio (MHz)	Frecuencia central (MHz)	Frecuencia de paro (MHz)
10 MHz	CH1	63	5726	5731	5736	5789	5794	5799
10 MHz	CH2	63	5736	5741	5746	5799	5804	5809
10 MHz	CH3	63	5746	5751	5756	5809	5814	5819
10 MHz	CH4	63	5756	5761	5766	5819	5824	5829
10 MHz	CH5	63	5766	5771	5776	5829	5834	5839
10 MHz	CH6	63	5776	5781	5786	5839	5844	5849
20 MHz	CH1	63	5726	5736	5746	5789	5799	5809
20 MHz	CH2	63	5746	5756	5766	5809	5819	5829
20 MHz	CH3	63	5766	5776	5786	5829	5839	5849
30 MHz	CH1	63	5726	5741	5756	5789	5804	5819
30 MHz	CH2	63	5756	5771	5786	5819	5834	5849
40 MHz	CH1	67	5734	5754	5774	5801	5821	5841
50 MHz	CH1	65	5730	5755	5780	5795	5820	5845
60 MHz	CH1	63	5726	5756	5786	5789	5819	5849

13)Equipos de conmutación y enrutamiento

Switches capa 2

Switch Cisco Catalyst WS-C2960-24-S

Se elige el Switch de 24 puertos FastEthernet - Cisco WS-C2960-24-S, el cual se usará en todas las instituciones públicas. En el siguiente cuadro se muestra la información del Switch capa 2 a utilizar.

Cuadro 85

Datasheet del switch Cisco Catalyst modelo WS-C2960-24-S

Código de producto	WS-C2960-24-S
Factor de forma	Montable en rack - 1U
Tipo de producto	Conmutador de capa 2 gestionado (conectividad básica), voz habilitada
Puertos	24 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX
Puertos de consola	Ethernet (RJ-45)
Interfaz de gestión de red	24 x Network, Ethernet 10Base-T/100Base-TX RJ-45
Tamaño de tabla de dirección MAC	8K de entradas
Capacidad de conmutación	16 Gbps
Rendimiento de reenvío (tamaño de paquete de 64 bytes)	3.6 Mpps
Dimensiones	1,73 x 17,5 x 9,3 pulgadas. 44.5 cm x 23.6 cm x 4.4 cm
Peso del paquete	3.65 kg
Voltaje de alimentación	120/230 V (50/60 Hz)

Nota. Datos tomados de Router-switch (2022).

Figura 99

Switch Cisco Catalyst modelo WS-C2960-24-S



Nota. Imagen tomada de Router-switch (2022).

Switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S

Se elige el Switch de 8 puertos FastEthernet - Cisco Catalyst 2960-8TC-S, el cual se usará en los repetidores que tengan más de dos equipos microondas. En el siguiente cuadro se muestra la información del Switch capa 2 a utilizar.

Cuadro 86

Datasheet del switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S

Código de producto	2960-8TC-S
Factor de forma	Montable en escritorio
Tipo de producto	Conmutador de capa 2 gestionado
Puertos	8 x Ethernet 10Base-T, Ethernet 100Base-TX + 1 x Gigabit SFP
Puertos de consola	Ethernet (RJ-45)
Interfaz de gestión de red	24 x Network, Ethernet 10Base-T/100Base-TX RJ-45
Tamaño de tabla de dirección MAC	8K de entradas
RAM	64 MB
Memoria flash	32MB
Dimensiones	10.6 x 8.1 x 1.7 pulgadas. 26.9 cm x 20.6 x 4.3 cm
Peso del paquete	3.09 lb ó 1.4 kg
Voltaje de alimentación	120/230 V (50/60 Hz)
Consumo de energía en funcionamiento	30 Watt

Nota. Datos tomados de Router-switch (2022)

Figura 100

Switch Cisco Catalyst modelo 2960-8TC-S



Nota. Imagen tomada de Router-switch (2022)

Router

Switch capa 3 Cisco WS-C3650-24TS-E

Se elige el Switch administrable capa 3 de 24 puertos 10/100/1000 Mbps - Cisco WS-C3650-24TS-E, el cual se usará solo en la institución que represente al nodo principal de la red de transporte inalámbrica, es decir en la Municipalidad Provincial de Huari. En el siguiente cuadro se muestra la información del Switch capa 3 a utilizar

Cuadro 87

Datasheet del switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S

Código de producto	WS-C3650-24TS-E
Tipo de recinto	Montable en rack - 1U
Conjunto de características	servicio IP
Interfaces de enlace ascendente	4 x 1G SFP
Puertos	24 puertos Ethernet 10/100/1000 Gigabit
Puertos de consola	USB (Tipo-B), Ethernet (RJ-45)
Interfaz de gestión de red	Ethernet de 10/100 Mbps (RJ-45)
Número máximo de apilamiento	9
Ancho de banda de la pila	160 Gbps
Ancho de banda de Forwarding	41.66 Mbps
Ancho de banda de Switching	88 Gbps
RAM	4 G
Memoria flash	2 G
Dimensiones	44.5 cm x 44.5 cm x 4.4 cm
Peso del paquete	17.49 Kg
Fuente de alimentación	•PWR-C2-250WAC •PWR-C2-640WAC
Consumo de energía independiente (en vatios)	57.1 (max)

Nota. Datos tomados de Router-switch (2022).

Figura 101

Switch Cisco Catalyst modelo WS-C3650-24TS-E



Nota. Datos tomados de Router-switch (2022).

Router Cisco C921-4P

Se elige el Router de 2 puertos WAN y 4 puertos LAN GigabitEthernet - Cisco C921-4P, el cual se usará en todos los nodos y en las instituciones que presentan servidores (Centro Médico Huari y UGEL Huari), con excepción del nodo principal. Esto se hará de tal forma que aquellos nodos que presenten dos enlaces (red de transporte) tendrán solo un router, mientras que los nodos que presenten 3 enlaces tendrán 3 de estos router (uno por cada enlace). En el siguiente cuadro se muestra la información del router a utilizar.

Cuadro 88

Datasheet del router Cisco C921-4P

SKU	C921-4P
interfaces WAN	2 puertos Gigabit Ethernet (GE)
interfaces LAN	4 puertos GE - Switch
Puerto de Consola	RJ-45
USB 2.0 integrado	Si
DRAM predeterminada y máxima	Predeterminado 1GB
Memoria flash predeterminada y máxima	2 GB; no actualizable
Dimensiones (Al. x An. x Lar.)	4,32 x 22,86 x 24,13 cm (incluye pies de goma)
Fuente de alimentación	● Voltaje input AC: universal de 100 a 240 VCA ● Frecuencia: 50 a 60 Hz ● Fuente de alimentación interna

Nota. Datos tomados de Router-switch (2022).

Figura 102

Router Cisco C921-4P



Nota. Imagen tomada de Router-switch (2022).

14)Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo en repetidores.

Los sitios en los cuales se requerirá la implementación de un SFA serán solo los repetidores de la red de transporte, esto debido a que estos repetidores estarán ubicados en zonas que no son centros poblados, por lo que no hay gente viviendo en esta zona, y por consiguiente no hay energía eléctrica convencional ahí. Se sabe que la cantidad de repetidores a instalar son 4, estos son: Repetidor A, Repetidor B, Repetidor C, y Repetidor D. A continuación, se muestran las coordenadas o ubicación de estos repetidores.

Cuadro 89

Sitios para la implementación de un SFA

Sitio	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Repetidor A	-9.26711	-77.15162
Repetidor B	-9.38210	-77.18193
Repetidor C	-9.27603	-77.10988
Repetidor D	-9.27808	-77.13210

Como ya se detalló anteriormente en el acápite 2.1.8. los componentes o equipos de un SFA son el generador (panel solar), el acumulador (baterías), el regulador de carga, el inversor, y las cargas. Si se desea saber las características técnicas de los equipos que se requieren en un SFA para un determinado sitio primero se debe calcular la demanda de energía, esto se hace tomando en cuenta a los equipos activos (cargas) que consumirán energía eléctrica en el lugar. Los equipos activos que se instalen en un repetidor dependen del diseño de la red de microondas, en este caso, se sabe que en un repetidor se llegará a utilizar solo 2 tipos de equipos: la radio microondas y un switch. El switch solo se instalará en aquellos casos en los que el repetidor tenga más de dos radios microondas, ya que se sabe que

todos los equipos de radio en un sitio deben estar inteconectados, y si son más de dos equipos de radio la única forma de interconectar a todos es a través de un switch.

15)Equipos del sistema fotovoltaico autónomo

En algunos de los lugares en los que se instalará los equipos de enlace microondas no cuentan con una fuente de energía eléctrica tradicional por lo que se tendrá que utilizar una fuente de energía alternativa como por ejemplo equipos que puedan aprovechar la luz solar para convertirla en energía eléctrica. Así pues, en los sitios en los que se requiera otra fuente de energía utilizaremos equipos como paneles solares, reguladores de carga, baterías, e inversores.

Batería

Se elige la batería de la marca Pylontech modelo US3000C la cual proporciona un voltaje nominal de 48 V y una capacidad nominal de 3552 Wh. En el siguiente cuadro se muestra la información de la batería a utilizar.

Cuadro 90

Datasheet de la batería Pylontech modelo US3000C

Marca	Pylontech
Modelo	US3000C
Dimensiones	442mm x 420mm x 132mm
Voltaje Nominal (Tasa de 100 horas)	48 V
Capacidad Nominal	3552 Wh
Capacidad Usable	3374.4 Wh
Peso aproximado	32 Kg
Voltaje de descarga	44.5 ~ 53.5
Voltaje de carga	52.5 ~53.5
Corriente de carga/descarga	37 (Recomendado) 74 (Máximo) 90 (Pico@15s)
Puerto de comunicación	RS485, CAN
Cantidad máxima de unidades conectadas en paralelo	16
Ciclo de vida	>6000, 25°C
Tiempo de vida	15 años（25℃/77℉）

Nota. Datos tomados de Pylontech (2020).

Figura 103

Batería Pylontech modelo US3000C



Nota. Imagen tomada de Pylontech (2020).

Regulador de carga

El regulador de carga es un dispositivo indispensable que debe estar conectado por un extremo al panel solar o arreglo de paneles solares y por el otro extremo a la batería o arreglo de baterías, este regulador de carga se encarga de controlar el estado de carga de las baterías, vigilar el estado de carga del acumulador de batería, regular el proceso de circulación de energía entre el campo fotovoltaico y las baterías. De este modo, se aprovecha al máximo la carga de la batería y se prolonga notablemente su vida útil. El regulador de carga que se utilizará es de tipo MPPT, dado que este tipo de reguladores a diferencia de los PWM tiene la ventaja de que aprovecha la máxima producción de potencia del panel solar para la carga de la batería es decir es más eficiente si aumentamos la tensión del campo fotovoltaico, además de que incluye un controlador del punto de máxima potencia.

De esta forma el regulador MPPT que se usará es el de la marca Victron Energy, modelo SmartSolar MPPT 150/35, se escogió este modelo de acuerdo a los resultados del diseño del sistema de energía fotovoltaico que se haya planteado. A continuación, se muestra un cuadro con los detalles y características del regulador de carga que se eligió.

Cuadro 91

Datasheet del regulador de carga SmartSolar MPPT 150/35

Marca	Victron Energy
Modelo	SmartSolar MPPT 150/35
Voltaje del sistema	12V/24/36/48V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36V)
Corriente de carga nominal	35 A
Potencia FV nominal 1a,b)	12V: 500W/24V: 1000W/36V: 1500W/48V: 2000W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	40A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo
Eficacia máxima	98%
Autoconsumo	12V: 20 mA 24V: 15 mA 48V: 10mA
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados)
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretemperatura
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)
Peso	1,25 kg
Dimensiones del producto	130 x 186 x 70 mm
Terminales de conexión	16 mm² / AWG6

Nota. Datos tomados de Victron Energy (2020).

Figura 104

Regulador de carga SmartSolar MPPT 150/35



Nota. Imagen tomada de Victron Energy (2020).

Panel solar

Un panel solar contiene cierto número de celdas que están compuestas por materiales semiconductores, dichas celdas absorben los rayos solares que inciden sobre ella y se produce el llamado efecto fotoeléctrico a través del cual se genera un campo eléctrico entre los diferentes tipos de semiconductores que hay en una celda siendo así capaz de generar una corriente, es decir estas celdas trasforman la energía recibida de los rayos solares en electricidad. Estas celdas son pequeñas y están hechas de silicio cristalino o arseniuro de galio.

El silicio es utilizado para la fabricación de células fotovoltaicas, existe una variación del silicio mediante su fusión para la formación de cristales únicos y policristales con lo cual se elimina las impurezas de este material. De esta forma se obtienen lo que se conoce como silicio monocristalino o silicio policristalino

El silicio monocristalino es un silicio de elevada pureza, con una red cristalina continua y sin límite de granos, con un aspecto oscuro y unos bordes redondeados. Este tiene una mayor tolerancia al calor lo cual influye en la eficiencia, siendo el silicio monocristalino el que más energía solar fotovoltaica produce.

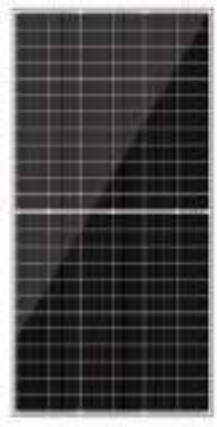
El silicio policristalino tiene los bordes cuadrados, es decir, sus cantos forman ángulos de 90º y su estructura no es continua, se compone de pequeños cristales de silicio, por ello, su coloración tiene una tonalidad diferente. Las células del cristal de silicio policristalino tienen un grano visible.

Para el presente trabajo de investigación se eligió el panel monocristalino de 144 celdas PERC EcoGreen de 24V - 550W, esto de acuerdo a los

requerimientos de diseño del sistema de energía solar fotovoltaica que se detalla más adelante.

Figura 105

Panel solar monocristalino PERC EcoGreen de 24V - 550W



*Nota.*Imagen tomada de Eco Green Energy (2018).

Inversor

Este dispositivo se alimenta de la energía de corriente continua de la batería ya sea de 12V, 24V o 48V y la convierte en alterna de 220V, lista para alimentar cualquier carga o consumo que esté dentro del rango de potencia del inversor. Los inversores que se utilizarán son de la marca Phoenix modelos 24/500 y 24/800 los cuales pueden operar a una potencia máxima de 500VA y 800VA respectivamente, lo cual es más que suficiente para poner en funcionamiento las cargas que se conectarán para su consumo. El modelo que se use en un determinado sitio dependerá del diseño del sistema de energía fotovoltaico que se plantee, el cual se detalla más adelante. A continuación, se muestra un cuadro con las características del equipo inversor a utilizar.

Cuadro 92

Datasheet del inversor Phoenix

Inversor Phoenix	48/250
Potencia cont a 25°C (1)	250VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C	200 / 175W
Pico de potencia	400W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz ó 60Hz +/- 0,1%
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V
Eficacia máx.	87 / 88 / 88%
Consumo en vacío	4,2 / 5,2 / 7,9W
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)
Conexión de la batería	Bornes de tornillo
Sección de cable máxima:	10mm² / AWG8
Tomas de corriente CA estándar	230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R
Peso	2.4kg
Dimensiones (al x an x p en mm.)	86 x 165 x 260

Nota. En el cuadro se muestra el datasheet del inversor Phoenix modelo 48/250. Datos tomados de Victron Energy (2018).

Figura 106

Inversor Phoenix modelo 48/250



Nota. Imagen tomada de Victron Energy (2018).

16)Cálculos en el diseño del SFA

Si se desea saber las características técnicas de los componentes que se requieren en un SFA para un determinado sitio primero se debe calcular la demanda de energía, esto se hace tomando en cuenta a los equipos activos (cargas) que consumirán energía eléctrica en el lugar. Se sabe que en los repetidores solo se instalarán como máximo dos tipos de equipos los cuales son la radio microondas AF-5XHD, y el switch Cisco WS-C2960X-24TS-L. El switch solo se utilizará en los repetidores que tengan más de dos radios microondas.

Primero el equipo microondas AF-5XHD tiene como fuente de energía al adaptador PoE Ubiquiti de 24 VDC - 1.0 A, sin embargo, el consumo del equipo microondas está entre 6 y 12W según la hoja de datos del fabricante, en este caso para el diseño del sistema fotovoltaico se considerará su máximo consumo que es de 12 W.

Otro equipo activo que se utilizará es el Switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S, el cual tiene un máximo consumo de 30W según su hoja de datos.

El diseño, ecuaciones, y cálculo de los valores que determinan las características técnicas de los componentes del SFA se hará tomando como referencia a Oliver Style (2012), aquí se establece el proceso para hacer el dimensionamiento de un SFA.

Cálculo de la demanda de energía eléctrica

Para hallar la demanda de energía eléctrica lo que se deberá hacer es hallar el consumo en watts por hora de los equipos activos en un día entero, es decir hay que tener en cuenta que los equipos van a estar consumiendo energía las 24 horas del día, así pues, sumamos los watts por hora que consumen cada uno de los equipos activos durante todo el día y a este resultado se le añade un porcentaje del mismo, el cual que representará las pérdidas de energía en corriente alterna, dicho pocentaje estará fijado en 35% según lo indicado por Oliver Style (2012). El nuevo valor que resulte de añadir este porcentaje a la energía consumida por dia será la demanda corregida de energía por día, dicho valor de energía será lo que se tendrá que generar en un día para que las cargas conectadas al sistema puedan funcionar.

Por ejemplo, para el caso del Repetidor A se sabe que este tiene previsto la instalación de 4 radios microondas (1 para cada enlace), y debido a que la cantidad de microondas es más de dos entonces se requerirá de 1 switch para las interconexiones. Por lo tanto, en el siguiente cuadro se muestra la energía consumida por hora y por día de dichos equipos en el Repetidor A.

Cuadro 93

Cálculo de la energía consumida al día en el Repetidor A

Equipos activos (Repetidor A)	Potencia (W)	Cantidad	Energía consumida en una hora (Wh)	Energía consumida al día (KWh)
POE-24V-5X-HD	12	4	48	1.15
Switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S	30	1	30	0.72

El cálculo de la energía consumida en una hora para un equipo se obtiene de multiplicar la potencia del equipo por la cantidad de equipos. Luego si se quiere saber la energía consumida por día lo que se debe hacer es multiplicar la energía consumida en una hora por el número de horas que tiene el día, es decir por 24. Esto debido a que los enlaces y el servicio de internet o intranet se debe garantizar las 24 horas del día. Ahora se debe adicionar un factor de porcentaje a la energía consumida al día para obtener la demanda corregida de energía al día, dicho factor debe ser el 35% de la energía consumida. Por lo tanto, en el siguiente cuadro se muestra la demanda corregida de energía al día en el Repetidor A.

Cuadro 94

Cálculo de la demanda corregida de energía al día en el Repetidor A

Equipos activos (Repetidor A)	Energía consumida al día (KWh)	Demanda corregida de energía al día (KWh)
POE-24V-5X-HD	1.15	135%(1.15) = 1.55
Switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S	0.72	135%(0.72) = 0.97
Total		2.52

Ahora sabiendo la demanda corregida de energía al día en el repetidor debemos utilizar dicho dato para dimensionar la capacidad del banco de baterías que almacenará la energía proveniente de los paneles solares, de tal forma que se consideren dos días de autonomía y que la demanda corregida de energía para esa cantidad de días no supere el 50% de la capacidad total del banco de baterías.

$$Días\ de\ autonomía = 2$$

Se entiende por días de autonomía a la cantidad de días en los que el SFA puede mantenerse funcionando solo con la energía almacenada en el banco de baterías, cuando estas se encuentren completamente cargadas, es decir es la cantidad de días sucesivos en los que el sistema puede operar sin que los paneles solares generen energía ya sea debido a días nublados o algún otro tipo de falla en la conexión hacia los paneles. Cabe resaltar que el total de energía usable en los días de autonomía tiene que ser como máximo el 50% de la capacidad total del banco de baterías, esto debe ser así para no dañar la batería y prolongar su vida útil.

Por ejemplo, para hallar la capacidad del banco de baterías en el Repetidor A se tendrá que hacer el siguiente cálculo.

$$50\%\begin{pmatrix}Cap.\,del\ banco\ de\\ baterías\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}Demanda\ corregida\\ de\ energía\ al\ día\end{pmatrix} \times \begin{pmatrix}Días\\ de\ autonomía\end{pmatrix} \ldots (45)$$

$$50\%(Cap.\,del\ banco\ de\ baterías) = (2.52\ KWh) \times (2)$$

$$Cap.\,del\ banco\ de\ baterías = 10.09\ KWh$$

Cálculo de la demanda de energía eléctrica

Ahora se debe elegir el tipo de batería a utilizar, se sabe que la capacidad requerida en el banco de baterías del Repetidor A es de 10.09 KWh, y también se sabe que no hay baterías comerciales que tengan una capacidad con ese valor, entonces se elegirá una batería que tenga una capacidad en el orden de los KW de tal forma que esta sea la mayor posible, en este caso se eligió la batería de la marca Pylontech modelo US3000C la cual tiene una capacidad real de 3374.4 Wh o 3.37 KWh, sabiendo esto se hará el cálculo de la cantidad de baterías necesarias para el SFA.

Ahora sabiendo la capacidad real de la batería elegida, así como la capacidad del banco de baterías a utilizar en el sitio de interés, lo que se debe hacer es dividir dicha capacidad del banco de baterías entre la capacidad real de la batería y así obtener la cantidad de baterías que se requieren para el SFA en el Repetidor A.

$$\binom{Cap.real\ de}{una\ batería}(N°\ de\ baterías) = \frac{Cap.del\ banco}{de\ baterías} \quad \ldots (46)$$

$$(3\,374.4\ Wh)(N°\ de\ baterías) = 10.09\ KWh$$

$$N°\ de\ baterías = 3$$

Características del controlador a elegir

Un detalle a tener en cuenta al momento de elegir el regulador de carga es que el tiempo para cargar la demanda corregida de energía o capacidad usable del banco de baterías (la cual es 50% de su capacidad total) debe ser igual a la cantidad de horas de máxima efectividad solar en un día, la cual se fijó en 4 horas, se eligió 4 horas como el peor escenario, debido a que mayormente las horas de mayor incidencia solar son desde las 12 horas hasta

las 16 horas en cualquier lugar y además porque esto tiene relación con las horas solar pico que suelen ser en promedio 4 horas según Oliver Style (2012).

Es decir, la capacidad usable del banco de baterías se debe cargar en 4 horas, lo que quiere decir que la capacidad total se cargaría en 8 horas. Es así que siguiendo este razonamiento en una hora se debería cargar una octava parte de la capacidad total del banco de baterías, y como se sabe esto en porcentaje significaría que en cada hora se debería cargar un 12.5% de la capacidad total del banco de baterías, es decir la corriente mínima de carga para el banco de baterías debe ser el 12.5% de la capacidad total de corriente que puede almacenar el banco de baterías.

Se sabe que la batería de marca Pylontech modelo US3000C, tiene una capacidad de corriente la cual se puede calcular al dividir la capacidad usable que es 3374.4Wh entre el voltaje de carga de la batería que es 53V, es decir la capacidad de corriente en una batería será de 63.67Ah.

Por ejemplo, en el caso del Repetidor A se sabe que el número de baterías es 26, entonces la capacidad de corriente en todo el banco de baterías resultará de multiplicar dicha cantidad de baterías por la capacidad de corriente en una batería, tal como se muestra en el siguiente cálculo.

$$Cap.corriente\ en\ b.b = \binom{Número\ de}{baterías\ elegido}\binom{Cap.corriente}{en\ una\ batería} \ldots (47)$$

$$Cap.corriente\ en\ b.b = (3)(63.67Ah)$$

$$Cap.corriente\ en\ b.b = 191\ Ah$$

Con este cálculo y teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente de que la corriente mínima de carga para el banco de baterías debe ser igual o mayor al 12.5% de la capacidad de corriente del banco de baterías, entonces tenemos lo siguiente:

$$Corriente\ mínima\ de\ carga \geq (12.5\%)(Cap.corriente\ en\ b.b)\ldots\ (48)$$

$$Corriente\ mínima\ de\ carga \geq (12.5\%)(191Ah)$$

$$Corriente\ mínima\ de\ carga \geq 23.88\ A$$

Se sabe que no hay un controlador con el valor de corriente de carga calculado, por lo que se tendrá que usar más de uno para cubrir la corriente de carga necesaria. Así pues, se elegirá el controlador de la marca SmartSolar MPPT 150/35, el cual proporciona una corriente de carga de 35 A, de manera que se proyectará el uso de 1 de estos controladores para que pueda operar el SFA.

Cálculo del número de paneles solares

Para determinar el número de paneles solares que requieren cada uno de los sitios de interés (repetidores) se debe considerar tres puntos importantes, el primero la demanda corregida de energía por día en el sitio, el segundo las horas de máxima efectividad solar durante el día y el tercero la potencia máxima que puede llegar a absorber el controlador de carga en su entrada.

Por ejemplo, por lo calculado anteriormente se sabe que en el Repetidor A la demanda corregida de energía al día es de 2.52 KWh, entonces si se quiere calcular el número de paneles requeridos según este parámetro lo que se debe hacer es estimar la cantidad de horas en las que el panel solar aprovechará

los rayos solares de forma efectiva, así pues, se estima este valor en 4 horas al día, por lo que el arreglo de paneles solares deberá generar esta demanda corregida de energía de 2.52 KWh en esas 4 horas, es decir en promedio 7.13 KW por cada hora.

$$\begin{matrix} Demanda\ corregida \\ de\ energía\ al\ día \end{matrix} = \begin{pmatrix} Potencia\ generada \\ por\ arreglo\ de \\ paneles\ en\ 1\ hora \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N°\ de\ horas \\ de\ máxima \\ efectividad\ solar \end{pmatrix} \ldots (49)$$

$$2.52\ KWh = \begin{pmatrix} Potencia\ generada \\ por\ arreglo\ de \\ paneles\ en\ 1\ hora \end{pmatrix} (4h)$$

$$\begin{matrix} Potencia\ generada \\ por\ arreglo\ de \\ paneles\ en\ 1\ hora \end{matrix} = 0.63\ KW$$

Ahora con el dato de la potencia que debe generar el arreglo de paneles en una hora debemos buscar un panel solar que tenga la mayor potencia posible como por ejemplo un panel solar de 550W y así calcular el número de paneles solares recomendables, esto se hace dividiendo la potencia requerida que debe generar el panel en una hora que es 630W entre la potencia del panel que es 550W.

$$\begin{matrix} Potencia\ generada \\ por\ arreglo\ de \\ paneles\ en\ 1\ hora \end{matrix} = \begin{pmatrix} Potencia\ de \\ panel\ solar \end{pmatrix} (N°\ total\ de\ paneles) \ldots (50)$$

$$630\ W = (550W)(N°\ total\ de\ paneles)$$

$$N°\ total\ de\ paneles = 2$$

Por otro lado, para calcular el número máximo de paneles que se pueden utilizar para conectarlos en la entrada del controlador se debe tener en cuenta la potencia máxima efectiva en la entrada del controlador de carga, este parámetro indica la máxima potencia que puede llegar a absorber el controlador en la entrada, si se conectan más paneles superando dicha potencia máxima el controlador no logrará absorber la potencia en exceso y solo trabajará con la máxima, es por esto que si la cantidad total de paneles es mayor que la cantidad de paneles que soporta un controlador, entonces se deberá repartir de forma proporcional o equivalente el número de paneles entre cada uno de los controladores que se vayan a instalar, puesto que deberá ser más de un controlador para que el SFA funcione correctamente.

Para calcular el número máximo de paneles que se pueden conectar en la entrada del controlador se debe dividir el valor de la potencia máxima en la entrada del controlador elegido entre la potencia del panel solar elegido. El controlador de carga elegido en este caso es el SmartSolar MPPT 150/35 cuya máxima potencia de entrada es de 2000W.

$$\begin{pmatrix} Potencia\ máxima \\ en\ la\ entrada\ del \\ controlador \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N°\ máximo\ de\ paneles \\ en\ la\ entrada\ del \\ controlador \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Potencia\ de \\ un\ panel\ solar \end{pmatrix} \dots (51)$$

$$2000W = \begin{pmatrix} N°\ máximo\ de\ paneles \\ en\ la\ entrada\ del \\ controlador \end{pmatrix} (550W)$$

$$\begin{pmatrix} N°\ máximo\ de\ paneles \\ en\ la\ entrada\ del \\ controlador \end{pmatrix} = 4$$

Elección del inversor

Para elegir el inversor correcto que se instalará en el sitio con el sistema fotovoltaico primero se debe calcular la demanda corregida de energía en una hora y luego de esto elegir un inversor con una potencia mayor a esta.

Por ejemplo, en el caso del Repetidor A se sabe que según lo calculado anteriormente la demanda corregida de energía al día es de 2.52 KWh por lo que la demanda corregida de energía por hora será el resultado de dividir 2.52 KWh entre 24 horas, es decir 0.105 KWh,

Por consiguiente, se debe buscar un inversor con una potencia mayor a este valor y además que tenga un voltaje nominal de entrada igual al del controlador de carga al que se conectará, por esto se elige al inversor de la marca Phoenix modelo 48/250 el cual tiene un voltaje de 48VDC en su entrada y puede operar a una potencia de 250VA como máximo, lo cual es más que suficiente para poner en funcionamiento las cargas que se conectarán para su consumo.

4.7 Análisis estadístico

No se requiere procedimiento estadístico para realizar el diseño de red inalámbrica en las instituciones públicas de las principales localidades de Huari y Cajay, dado que el análisis que se plantea está basado en simulaciones y cálculos para determinar la dimensión técnica del acceso a los servicios de internet e intranet en dichas instituciones. Para el análisis de datos se hizo uso de los softwares de simulación RadioMobile e ISP design, así como de las ecuaciones teóricas de cálculo de enlace entre otros.

CAPÍTULO 5
RESULTADOS

5.1 Número de computadoras en las instituciones beneficiarias.

5.1.1. Centros educativos

A continuación, se muestra el cálculo de la cantidad de PCs basada en el método que hemos propuesto en el cuadro 53 del subacápite 4.6.2.5 Cabe destacar que la información del número de alumnos y docentes en los centros educativos se obtuvo de fuentes oficiales como el MINEDU, y MIDIS mientras que el número de PCs proyectadas es una elaboración propia.

Cuadro 95

Número de computadoras en las instituciones educativas

Localidad	Nombre I.E	Docentes	Alumnos	N° PC's proyectadas
Huari	UGEL-Huari [a]	50	0	9
	Manuel Gonzalez Prada [a]	53	778	20
	Silvia Ruff [a]	25	528	20
Acopalca	281 [a]	3	36	8
	86331 [a]	6	61	9
Yacya	324 [a]	1	10	3
	86329 Maria Jiray [a]	11	57	9
Huamparan	86328 Sagrado Corazon De Jesus [a]	4	46	9
	Nuestra Señora De Guadalupe [a]	14	114	11
Mallas	86327 [a]	3	46	10
	Virgen Del Carmen [a]	8	32	8
Ampas	86330 [a]	1	13	3
	Los Huanchacos [b]	1	7	2
Colcas	287 [a]	1	7	2
	86326 Manuel Lora Camones [a]	2	31	7
Pachachaca	2619 [a]	1	8	2
	86333 [a]	12	162	15
Tashta	91 [a]	2	21	5
	86766-1 [a]	3	33	8
Ulia	Los Tulipanes [b]	1	4	1
Mituchaca	Los Geranios [b]	1	5	2
Huamantanga	420 [a]	1	9	2
	86332 [a]	3	39	9
Yanagaga	86334-1 [a]	3	32	7
	Los Gavilanes [b]	1	14	3
Colpa	86391 [a]	1	2	1
	Las Abejitas [b]	1	1	1
Querobamba	Las Abejitas [b]	1	5	2
Ampatag	640 [a]	1	8	2
Oqshapampa	Las Semillitas [b]	1	10	3
Yarmata	423 [a]	1	8	2
Cajay	86335 [a]	6	105	9
	Mariano Melgar Valdiviezo [a]	12	94	9
Huaritambo	422 [a]	2	24	6
	86393 [a]	13	91	9
Queroragra	86337 [a]	3	37	9
	Inca Garcilazo De La Vega [a]	7	45	9
Huancarpata	86765 [a]	1	1	1
Sharco	473 [a]	2	18	4
Collota	86869 [a]	4	42	10
Chaupiloma	86992 [a]	1	17	4
	Los Condores [b]	1	8	2
Chacaragra	86338 [a]	1	10	3
	Las Margaritas [b]	1	5	2
Cayas	387 [a]	1	9	2
	86394 [a]	2	19	5
Paro	86441 [a]	1	14	3
	Los Jilgeros [b]	1	4	1
Huayllabamba	86027 [a]	1	4	1
	Flor De Waqanku [b]	1	2	1
Buena Vista De Cachuna	86055 [a]	1	4	1

Nota. El número de alumnos y docentes en las instituciones se obtuvo de fuentes como [a] ESCALE MINEDU (2023) y [b] MIDIS (2022). El número de PCs proyectadas es una elaboración propia

5.1.2. Municipalidades y centros comunitarios.

A continuación, se muestra el cálculo de la cantidad de PCs basada en el método que hemos propuesto en el cuadro 55 del subacápite 4.6.2.5 Cabe destacar que la información del número de trabajadores en las municipalidades o centros comunitarios se obtuvo de fuentes oficiales como el INEI mientras que el número de PCs proyectadas es una elaboración propia.

Cuadro 96

Número de computadoras en las municipalidades y centros comunitarios

Localidad	Nombre del establecimiento	N° trabajadores	N° PCs proyectadas
Huari	Municipalidad Provincial de Huari	11	5
Acopalca	Local Comunal	-	2
Tashta	Centro de promoción y vigilancia comunal	1	2
Huamantanga	Municipalidad de centro poblado de Huamantanga	-	2
Yacya	Municipalidad de centro poblado de Yacya	-	2
Colcas	Municipalidad de centro poblado de Colcas	-	2
Cushin	Centro comunitario	-	2
Cajay	Municipalidad distrital de Cajay	7	5
Queroragra	Municipalidad de centro poblado de Queroragra	-	2
Chinchas	Centro comunitario	-	2
Huaritambo	Municipalidad de centro poblado de Huaritambo	-	2

Nota. El número de trabajadores en las municipalidades y centros comunitarios se obtuvo de INEI-SIGE (2020). Se asignó dos computadoras a las instituciones que no registran datos acerca de su número de trabajadores. El número de PCs proyectadas es una elaboración propia.

5.1.3. Establecimientos de salud

A continuación, se muestra el cálculo de la cantidad de PCs basada en el método que hemos propuesto en el cuadro 54 del subacápite 4.6.2.5 Cabe destacar que

la información del número de trabajadores en los establecimientos de salud se obtuvo de fuentes oficiales como el CONAREME e INEI mientras que el número de PCs proyectadas es una elaboración propia.

Cuadro 97

Número de computadoras en los establecimientos de salud

Localidad	Nombre del establecimiento	N° de trabajadores	N° PCs proyectadas
Huamparán	Puesto de Salud II de Huamparán [a] [b]	2	2
Mallas	Puesto de Mallas [a] [b]	2	2
Yacya	Puesto de Salud Yacya [a] [b]	-	2
Huari	Centro Médico Huari [a] [b]	12	5
Colcas	Puesto de Salud Colcas [a] [b]	4	2
Cajay	Posta Médica de Cajay [a] [b]	13	5
Huaritambo	Posta de Salud de Huaritambo [b]	1	2
Queroragra	Posta Médica de Queroragra [a] [b]	3	2

Nota. El número de trabajadores en los establecimientos de salud se obtuvo de fuentes como el [a] CONAREME (2019) y el [b] INEI-SIGE (2020). Se asignó dos computadoras a las instituciones que no registran datos acerca de su número de trabajadores. El número de PCs proyectadas es una elaboración propia.

5.2 Velocidades y asignación de anchos de canal para los enlaces de la red de transporte.

5.2.1. Velocidad de internet.

La calidad de los servicios que se implementen dependerá en parte del proveedor de servicios de internet que se contrate, pero también dependerá del diseño de capacidades que se establezcan en el sistema de microondas, ya que las capacidades de los enlaces microondas deben ser lo suficientemente grandes para contener o dejar pasar tanto el tráfico de los servicios de internet como de intranet.

Las tarifas y tipo de tecnología del servicio de internet dependerán del plan de internet del ISP que se elija. Ahora para saber el plan a contratar y para tener un adecuado u óptimo funcionamiento del servicio en cada una de las instituciones beneficiarias se tiene que proyectar un diseño de la velocidad de internet requerida para cada centro o institución beneficiaria, con esto se podrá tomar una mejor decisión acerca del ISP y del plan de datos o internet, esta elección se hará acorde a las necesidades o requerimientos de este proyecto. Para el servicio de internet se establecerá una velocidad de bajada de 2 Mbps por cada PC o terminal de red, esto se hace tomando en cuenta la información del cuadro 56 que se encuentra en del subacápite 4.6.2.6 de este trabajo de investigación.

Por ejemplo, para el caso del servicio de internet en la UGEL Huari se tiene 9 PC’s según el cuadro 95 y se sabe que se ha fijado una velocidad de descarga de 2 Mbps para el internet por cada terminal de red. Es asi que procederemos a hacer el cálculo para determinar la velocidad en dicha institución según las ecuaciones 34, 35, y el cuadro 61 que se especificó en del subacápite 4.6.2.6

$$V_{SR} = v \times n \times 60\%$$

$$V_{SR} = 2 \times 9 \times 60\%$$

$$V_i = V_{SR} = 10.8 \rightarrow 10 < V_i \leq 12$$

Por lo tanto, la velocidad de descarga que se debe contratar en dicha institución debe ser 12 Mbps. Y según el artículo segundo de la Resolución del Consejo Directivo N° 138-2021-CD/OSIPTEL (OSIPTEL, 2021), que ya se detalló en el acápite 2.3.3. de este trabajo de investigación, se toma como referencia lo que se menciona en dicho artículo para asignar una velocidad de subida que sea la tercera parte de la velocidad de bajada. Es decir, la velocidad de subida de internet en la UGEL Huari será de 4 Mbps.

1) Velocidad nominal de internet en las instituciones educativas

Cuadro 98

Velocidad nominal de internet en las instituciones educativas

Localidad	Nombre de institución educativa	N° PC's	Velocidad internet subida (Mbps)	Velocidad internet bajada (Mbps)
Huari	UGEL-Huari	9	4	12
Huari	Manuel Gonzalez Prada	20	13.33	40
Huari	Silvia Ruff	20	13.33	40
Acopalca	281	8	4	12
Acopalca	86331	9	4	12
Yacya	324	3	1.33	4
Yacya	86329 Maria Jiray	9	4	12
Huamparan	86328 Sagrado Corazon De Jesus	9	4	12
Huamparan	Nuestra Señora De Guadalupe	11	6.67	20
Mallas	86327	10	4	12
Mallas	Virgen Del Carmen	8	4	12
Ampas	86330	3	1.33	4
Ampas	Los Huanchacos	2	1.33	4
Colcas	287	2	1.33	4
Colcas	86326 Manuel Lora Camones	7	4	12
Pachachaca	2619	2	1.33	4
Pachachaca	86333	15	6.67	20
Tashta	91	5	2.67	8
Tashta	86766-1	8	4	12
Ulia	Los Tulipanes	1	0.67	2
Mituchaca	Los Geranios	2	1.33	4
Huamantanga	420	2	1.33	4
Huamantanga	86332	9	4	12
Yanagaga	86334-1	7	4	12
Yanagaga	Los Gavilanes	3	1.33	4
Colpa	86391	1	0.67	2
Colpa	Las Abejitas	1	0.67	2
Querobamba	Las Abejitas	2	1.33	4
Ampatag	640	2	1.33	4
Oqshapampa	Las Semillitas	3	1.33	4
Yarmata	423	2	1.33	4
Cajay	86335	9	4	12
Cajay	Mariano Melgar Valdiviezo	9	4	12
Huaritambo	422	6	2.67	8
Huaritambo	86393	9	4	12
Queroragra	86337	9	4	12
Queroragra	Inca Garcilazo De La Vega	9	4	12
Huancarpata	86765	1	0.67	2
Sharco	473	4	2.67	8
Collota	86869	10	4	12
Chaupiloma	86992	4	2.67	8
Chaupiloma	Los Condores	2	1.33	4
Chacaragra	86338	3	1.33	4
Chacaragra	Las Margaritas	2	1.33	4
Cayas	387	2	1.33	4
Cayas	86394	5	2.67	8
Paro	86441	3	1.33	4
Paro	Los Jilgeros	1	0.67	2
Huayllabamba	86027	1	0.67	2
Huayllabamba	Flor De Waqanku	1	0.67	2
Buena Vista De Cachuna	86055	1	0.67	2

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

Ahora si se suman las velocidades nominales, ya sea de subida o bajada, de cada una de las instituciones educativas entonces se podrá obtener la velocidad nominal total de internet que se requiere para la teleeducación. En el siguiente cuadro podemos observar la velocidad nominal total de subida y bajada del servicio de internet en la teleeducación.

Cuadro 99

Velocidad nominal de internet en la teleeducación

Teleeducación		
Servicio	**Velocidad de subida (Mbps)**	**Velocidad de bajada (Mbps)**
Internet	149.33	448

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

2) Velocidad nominal de internet en los establecimientos de salud

En el siguiente cuadro podemos observar la velocidad de internet de subida y bajada requerida en las postas médicas o centros de salud.

Cuadro 100

Velocidad nominal de internet en los establecimientos de salud

Localidad	Nombre del establecimiento de salud	N° PCs	Velocidad internet subida (Mbps)	Velocidad internet bajada (Mbps)
Huamparán	Puesto de Salud II de Huamparán	2	1.33	4
Mallas	Puesto de Mallas	2	1.33	4
Yacya	Puesto de Salud Yacya	2	1.33	4
Huari	Centro Médico Huari	5	2.67	8
Colcas	Puesto de Salud Colcas	2	1.33	4
Cajay	Posta Médica de Cajay	5	2.67	8
Huaritambo	Posta de Salud de Huaritambo	2	1.33	4
Queroragra	Posta Médica de Queroragra	2	1.33	4

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

Ahora si se suman las velocidades nominales, ya sea de subida o bajada, de cada uno de los establecimientos de salud entonces se podrá obtener la velocidad nominal total de internet que se requiere para la telemedicina. En el siguiente cuadro podemos observar la velocidad nominal total de subida y bajada del servicio de internet en la telemedicina.

Cuadro 101

Velocidad nominal de internet en la telemedicina

Telemedicina		
Servicio	Velocidad de subida (Mbps)	Velocidad de bajada (Mbps)
Internet	13.33	40

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

3) Velocidad nominal de internet en las municipalidades y centros comunitarios.

En el siguiente cuadro podemos observar la velocidad de internet de subida y bajada requerida en las municipalidades, dependencias municipales y centros comunitarios.

Cuadro 102

Velocidad nominal de internet en las municipalidades y centros comunitarios

Localidad	Nombre del establecimiento	N° PCs	Velocidad internet subida (Mbps)	Velocidad internet bajada (Mbps)
Huari	Municipalidad Provincial de Huari	5	2.67	8
Acopalca	Local Comunal	2	1.33	4
Tashta	Centro de promoción y vigilancia comunal	2	1.33	4
Huamantanga	Municipalidad de centro poblado de Huamantanga	2	1.33	4
Yacya	Municipalidad de centro poblado de Yacya	2	1.33	4
Colcas	Municipalidad de centro poblado de Colcas	2	1.33	4
Cushin	Centro comunitario proyectado	2	1.33	4
Cajay	Municipalidad distrital de Cajay	5	2.67	8
Queroragra	Consejo Municipal de Queroragra	2	1.33	4
Chinchas	Centro comunitario proyectado	2	1.33	4
Huaritambo	Municipalidad de centro poblado de Huaritambo	2	1.33	4

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

Ahora si se suman las velocidades nominales, ya sea de subida o bajada, de cada uno de los establecimientos entonces se podrá obtener la velocidad nominal total de internet que se requiere para la aplicación en la gestión municipal. En el siguiente cuadro podemos observar la velocidad nominal total de subida y bajada del servicio de internet en la gestión municipal.

Cuadro 103

Velocidad nominal de internet en la gestión municipal

Gestión Municipal		
Servicio	**Velocidad de subida (Mbps)**	**Velocidad de bajada (Mbps)**
Internet	17.33	52

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

4) Velocidad total de internet

Si se desea tener un solo ISP para brindar el servicio de internet a todas las localidades a través de la red de microondas se debe calcular el valor total de la velocidad nominal requerida, esto se hace sumando las velocidades nominales de subida o bajada de internet de los tres campos de aplicación descritos en los cuadros 99, 101 y 103. La velocidad nominal total de internet que resulte se puede utilizar para el cálculo del costo o tarifa total. Conociendo esto se podrá tener una mejor perspectiva de las necesidades o requerimientos de ancho de banda de internet en la red de microondas.

Cuadro 104

Velocidad nominal de los servicios de internet

Internet		
Campos de aplicación	**Velocidad de subida (Mbps)**	**Velocidad de bajada (Mbps)**
Teleeducación	149.33	448
Telemedicina	13.33	40
Gestión municipal	17.33	52
Total de velocidad	**180**	**540**

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

El valor de la velocidad efectiva de subida o bajada de internet en cualquiera de los tres campos de aplicación resultará ser el 70% de las velocidades nominales correspondientes que se detallaron en el cuadro anterior. Esto debido a que según el artículo primero de la Resolución del Consejo Directivo N° 138-2021-CD/OSIPTEL, que ya se detalló en el acápite 2.3.3. de este trabajo de investigación, el porcentaje de velocidad garantizada para un servicio de internet o intranet debe ser de 70%.

Cuadro 105

Velocidad efectiva de los servicios de internet

Internet		
Campos de aplicación	**Velocidad de subida (Mbps)**	**Velocidad de bajada (Mbps)**
Teleeducación	104.53	313.6
Telemedicina	9.33	28
Gestión Municipal	11.2	36.4
Total de velocidad	**125.07**	**378**

Nota. Subida hace referencia al tráfico que se dirige hacia el ISP y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

5.2.2. Velocidad de intranet.

Para saber la velocidad de intranet a asignar a cada institución beneficiaria se debe tener en cuenta la velocidad de bajada por terminal de red de los tres servicios que la comprenden, es decir, la velocidad de datos, telefonía IP y videoconferencia.

Recordando la velocidad de bajada de datos quedó fijada en 1 Mbps, la de telefonía IP en 0.1 Mbps, y la de videoconferencia en 10.5 Mbps, todo esto

tomando en cuenta la información de los cuadros 57, 58 y 60 que se encuentra en el acápite 4.6.2. de este trabajo de investigación.

Por ejemplo, para el caso del servicio de intranet en la UGEL Huari se tiene 9 PC's según el cuadro 95 y se sabe que se ha fijado una velocidad de descarga de 1 Mbps por cada terminal de red o PC para la subred de datos, de igual forma se sabe que se fijado una velocidad de descarga de 0.1 Mbps por cada teléfono IP (tener en cuenta que cada institución tendrá solo 2 teléfonos IP) para la subred de telefonía IP, y por último se sabe que se ha fijado una velocidad de descarga de 10.5 Mbps por cada videocámara (tener en cuenta que cada institución tendrá solo 1 cámara IP) para la subred de videoconferencia. Es asi que procederemos a hacer el cálculo para determinar la velocidad de intranet en dicha institución según las ecuaciones 34 y 35 que se detallaron en el subacápite 4.6.2.6

$$V_{SR} = v \times n \times 60\%$$

$$V_i = \sum V_{SR} = (1 \times 9 \times 60\%) + (0.1 \times 2 \times 60\%) + (10.5 \times 1 \times 60\%)$$

$$V_i = 11.82 \rightarrow 10 < V_i \leq 12$$

Por lo tanto, la velocidad de descarga de intranet que se debe contratar en dicha institución debe ser 12 Mbps. Así mismo tomando como referencia las especificaciones técnicas de red dadas por PRONATEL (2018) que se detallaron en "Características técnicas mínimas en proyectos regionales" que se encuentra en el acápite 2.3.2. es que se establece una velocidad simétrica para el servicio de intranet, es decir una velocidad de subida que sea igual a la velocidad de bajada. Así pues, la velocidad de subida de intranet en la UGEL Huari también será de 12 Mbps.

1) Velocidad nominal de intranet en las instituciones educativas

En el siguiente cuadro podemos observar la velocidad de subida y bajada de los servicios que ofrecerá la intranet, tales como datos, telefonía IP, y videoconferencia en los colegios o instituciones educativas.

Cuadro 106

Velocidad nominal de intranet en las instituciones educativas

Localidad	Nombre de institución educativa	N° PC's	Teléfonos IP	Cámaras de video	Velocidad intranet subida (Mbps)	Velocidad intranet bajada (Mbps)
Huari	UGEL-Huari	9	2	1	12	12
Huari	Manuel Gonzalez Prada	20	2	1	20	20
Huari	Silvia Ruff	20	2	1	20	20
Acopalca	281	8	2	1	12	12
Acopalca	86331	9	2	1	12	12
Yacya	324	3	2	1	10	10
Yacya	86329 Maria Jiray	9	2	1	12	12
Huamparan	86328 Sagrado Corazon De Jesus	9	2	1	12	12
Huamparan	Nuestra Señora De Guadalupe	11	2	1	20	20
Mallas	86327	10	2	1	20	20
Mallas	Virgen Del Carmen	8	2	1	12	12
Ampas	86330	3	2	1	10	10
Ampas	Los Huanchacos	2	2	1	8	8
Colcas	287	2	2	1	8	8
Colcas	86326 Manuel Lora Camones	7	2	1	12	12
Pachachaca	2619	2	2	1	8	8
Pachachaca	86333	15	2	1	20	20
Tashta	91	5	2	1	10	10
Tashta	86766-1	8	2	1	12	12
Ulia	Los Tulipanes	1	2	1	8	8
Mituchaca	Los Geranios	2	2	1	8	8
Huamantanga	420	2	2	1	8	8
Huamantanga	86332	9	2	1	12	12
Yanagaga	86334-1	7	2	1	12	12
Yanagaga	Los Gavilanes	3	2	1	10	10
Colpa	86391	1	2	1	8	8
Colpa	Las Abejitas	1	2	1	8	8
Querobamba	Las Abejitas	2	2	1	8	8
Ampatag	640	2	2	1	8	8
Oqshapampa	Las Semillitas	3	2	1	10	10
Yarmata	423	2	2	1	8	8
Cajay	86335	9	2	1	12	12
Cajay	Mariano Melgar Valdiviezo	9	2	1	12	12
Huaritambo	422	6	2	1	12	12
Huaritambo	86393	9	2	1	12	12
Queroragra	86337	9	2	1	12	12
Queroragra	Inca Garcilazo De La Vega	9	2	1	12	12
Huancarpata	86765	1	2	1	8	8
Sharco	473	4	2	1	10	10
Collota	86869	10	2	1	20	20
Chaupiloma	86992	4	2	1	10	10
Chaupiloma	Los Condores	2	2	1	8	8
Chacaragra	86338	3	2	1	10	10
Chacaragra	Las Margaritas	2	2	1	8	8
Cayas	387	2	2	1	8	8
Cayas	86394	5	2	1	10	10
Paro	86441	3	2	1	10	10
Paro	Los Jilgeros	1	2	1	8	8
Huayllabamba	86027	1	2	1	8	8
Huayllabamba	Flor De Waqanku	1	2	1	8	8
Buena Vista De Cachuna	86055	1	2	1	8	8

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia los servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

Así pues, si sumamos cada una de las velocidades nominales de subida o bajada de la intranet descritos en el cuadro 106, obtendremos la velocidad nominal total de subida o bajada correspondiente a la intranet en el campo de la teleeducaión.

Cuadro 107

Velocidad nominal de intranet en la Teleeducación

Teleeducación		
Servicio	**Velocidad nominal de subida (Mbps)**	**Velocidad nominal de bajada (Mbps)**
Intranet	564	564

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia los servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

2) Velocidad nominal de intranet en los establecimientos de salud

En el siguiente cuadro podemos observar la velocidad de subida y bajada de los servicios de la intranet, en las postas o centros de salud.

Cuadro 108

Velocidad nominal de intranet en los establecimientos de salud

Localidad	Nombre de Centro o Posta	N° PC's	Teléfonos IP	Cámaras de video	Velocidad intranet subida (Mbps)	Velocidad intranet bajada (Mbps)
Huamparán	Puesto de Salud II de Huamparán	2	2	1	8	8
Mallas	Puesto de Mallas	2	2	1	8	8
Yacya	Puesto de Salud Yacya	2	2	1	8	8
Huari	Centro Médico Huari	5	2	1	10	10
Colcas	Puesto de Salud Colcas	2	2	1	8	8
Cajay	Posta Médica de Cajay	5	2	1	10	10
Huaritambo	Posta de Salud de Huaritambo	2	2	1	8	8
Queroragra	Posta Médica de Queroragra	2	2	1	8	8

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia los servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

Así pues, si sumamos cada una de las velocidades nominales de subida o bajada de la intranet descritos en el cuadro 108, obtendremos la velocidad nominal total de subida o bajada correspondiente a la intranet para su uso o aplicación en el área de la telemedicina.

Cuadro 109

Velocidad nominal de intranet en la Telemedicina

Telemedicina		
Servicio	**Velocidad nominal de subida**	**Velocidad nominal de de bajada**
Intranet	68	68

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia los servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

3) Velocidad nominal de intranet en las municipalidades y centros comunitarios.

En el siguiente cuadro podemos observar la velocidad de subida y bajada de las subredes de intranet en las municipalidades, dependencias municipales y centros comunitarios.

Cuadro 110

Velocidad nominal de intranet en las municipalidades y centros comunitarios

Localidad	Nombre del establecimiento	N° PC's	Teléfonos IP	Cámaras de video	Velocidad intranet subida (Mbps)	Velocidad intranet bajada (Mbps)
Huari	Municipalidad Provincial de Huari	5	2	1	10	10
Acopalca	Local Comunal	2	2	1	8	8
Tashta	Centro de promoción y vigilancia comunal	2	2	1	8	8
Huamantanga	Municipalidad de centro poblado de Huamantanga	2	2	1	8	8
Yacya	Municipalidad de centro poblado de Yacya	2	2	1	8	8
Colcas	Municipalidad de centro poblado de Colcas	2	2	1	8	8
Cushin	Centro Comunitario	2	2	1	8	8
Cajay	Municipalidad de centro poblado de Cajay	5	2	1	10	10
Queroragra	Municipalidad de centro poblado de Queroragra	2	2	1	8	8
Chinchas	Centro Comunitario	2	2	1	8	8
Huaritambo	Municipalidad de centro poblado de Huaritambo	2	2	1	8	8

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia los servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

Así pues, si sumamos cada una de las velocidades nominales de subida o bajada de la intranet descritos en el cuadro 110, obtendremos la velocidad nominal total de subida o bajada correspondiente a la intranet en el campo de la gestión municipal.

Cuadro 111

Velocidad nominal de intranet en la gestión municipal

Gestión Municipal		
Servicio	**Velocidad nominal de subida (Mbps)**	**Velocidad nominal de bajada (Mbps)**
Intranet	84	84

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia los servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

4) Velocidad total de intranet

Si se desea calcular el valor total de la velocidad nominal de intranet requerida se deberá sumar las velocidades nominales de subida o bajada de intranet de los tres campos de aplicación descritos en los cuadros 107, 109 y 111. La velocidad nominal total de intranet que resulte se puede utilizar para el cálculo del costo o tarifa total. Conociendo esto se podrá tener una mejor perspectiva de las necesidades o requerimientos de ancho de banda de intranet en la red de microondas.

Cuadro 112

Velocidad nominal de los servicios de intranet

Intranet		
Campos de aplicación	**Velocidad nominal de subida (Mbps)**	**Velocidad nominal de bajada (Mbps)**
Teleeducación	564	564
Telemedicina	68	68
Gestión Municipal	84	84
Total	**716**	**716**

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia los servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

El valor de la velocidad efectiva de subida o bajada de intranet en cualquiera de los tres campos de aplicación resultará ser el 70% de las velocidades nominales correspondientes que se detallaron en el cuadro anterior. Esto debido a que según el artículo primero de la Resolución del Consejo Directivo N° 138-2021-CD/OSIPTEL, que ya se detalló en el acápite 2.3.3. de este trabajo de investigación, el porcentaje de velocidad garantizada para un servicio de internet o intranet debe ser de 70%.

Cuadro 113

Velocidad efectiva de los servicios de intranet

Intranet		
Campos de aplicación	**Velocidad efectiva de subida (Mbps)**	**Velocidad efectiva de bajada (Mbps)**
Teleeducación	394.8	394.8
Telemedicina	47.6	47.6
Gestión Municipal	58.8	58.8
Total	**501.2**	**501.2**

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia los servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

5.2.3. Velocidades nominales por localidad

Ahora se elaborará un cuadro en el que se pueda observar la velocidad nominal que se requiere para cargar y descargar tráfico de los servicios de red en cada una de las localidades. Esto se hace en base a lo explicado en “Velocidad de los servicios de red en una localidad” que está en el subacápite 4.6.2.6. Es decir, se suman todas las velocidades de un mismo servicio de red que presentan todas las instituciones beneficiarias de una misma localidad, de tal forma que dichas velocidades correspondan a un mismo sentido (subida o bajada)

Cuadro 114

Velocidad nominal de subida y bajada de intranet e internet en las localidades

Localidades	Velocidad intranet subida (Mbps)	Velocidad intranet bajada (Mbps)	Velocidad internet subida (Mbps)	Velocidad internet bajada (Mbps)
Huari	72	72	27	108
Acopalca	32	32	7	28
Yacya	38	38	6	24
Huamparan	40	40	9	36
Mallas	40	40	7	28
Ampas	18	18	2	8
Colcas	36	36	6	24
Pachachaca	28	28	6	24
Tashta	30	30	6	24
Ulia	8	8	0.5	2
Mituchaca	8	8	1	4
Huamantanga	28	28	5	20
Yanagaga	22	22	4	16
Colpa	16	16	1	4
Querobamba	8	8	1	4
Ampatac	8	8	1	4
Ocshapampa	10	10	1	4
Yarmata	8	8	1	4
Cushin	8	8	1	4
Cajay	44	44	10	40
Huaritambo	40	40	7	28
Queroragra	40	40	8	32
Huancarpata	8	8	0.5	2
Sharco	10	10	2	8
Collota	20	20	3	12
Chaupiloma	18	18	3	12
Chacaragra	18	18	2	8
Cayas	18	18	3	12
Paro	18	18	1.5	6
Buena vista de cachuna	8	8	0.5	2
Chinchas	8	8	1	4
Huayllabamba	16	16	1	4

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP o servidores y bajada, hacia las instituciones.

5.2.4. Velocidades efectivas por localidad

Ahora se elaborará un cuadro en la que se pueda observar la velocidad efectiva que se usa para cargar y descargar tráfico tanto de intranet como de internet en cada una de las localidades, esta velocidad efectiva se logra calcular aplicando el porcentaje de velocidad mínima que debe garantizar el proveedor de servicios, la cual por ley es 70%, es decir la velocidad efectiva o real en el servicio de internet será el 70% de la velocidad nominal para cada localidad.

Cuadro 115

Velocidad efectiva de subida y bajada de intranet e internet en las localidades

Localidades	Velocidad intranet subida (Mbps)	Velocidad intranet bajada (Mbps)	Velocidad internet subida (Mbps)	Velocidad internet bajada (Mbps)
Huari	50.40	50.40	25.20	75.60
Acopalca	22.40	22.40	6.53	19.60
Yacya	26.60	26.60	5.60	16.80
Huamparan	28.00	28.00	8.40	25.20
Mallas	28.00	28.00	6.53	19.60
Ampas	12.60	12.60	1.87	5.60
Colcas	25.20	25.20	5.60	16.80
Pachachaca	19.60	19.60	5.60	16.80
Tashta	21.00	21.00	5.60	16.80
Ulia	5.60	5.60	0.47	1.40
Mituchaca	5.60	5.60	0.93	2.80
Huamantanga	19.60	19.60	4.67	14.00
Yanagaga	15.40	15.40	3.73	11.20
Colpa	11.20	11.20	0.93	2.80
Querobamba	5.60	5.60	0.93	2.80
Ampatac	5.60	5.60	0.93	2.80
Ocshapampa	7.00	7.00	0.93	2.80
Yarmata	5.60	5.60	0.93	2.80
Cushin	5.60	5.60	0.93	2.80
Cajay	30.80	30.80	9.33	28.00
Huaritambo	28.00	28.00	6.53	19.60
Queroragra	28.00	28.00	7.47	22.40
Huancarpata	5.60	5.60	0.47	1.40
Sharco	7.00	7.00	1.87	5.60
Collota	14.00	14.00	2.80	8.40
Chaupiloma	12.60	12.60	2.80	8.40
Chacaragra	12.60	12.60	1.87	5.60
Cayas	12.60	12.60	2.80	8.40
Paro	12.60	12.60	1.40	4.20
Buena vista de cachuna	5.60	5.60	0.47	1.40
Chinchas	5.60	5.60	0.93	2.80
Huayllabamba	11.20	11.20	0.93	2.80

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP o servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

Ahora se calculan las velocidades efectivas de subida y bajada de cada uno de los nodos de la topología de red de transporte, las velocidades se obtienen a partir de los datos del cuadro anterior. Para obtener las velocidades efectivas de subida o bajada en cada localidad lo único que se debe hacer es sumar las velocidades efectivas de intranet e internet del cuadro anterior, de tal forma que pertenezcan a un mismo sitio y que correspondan a un mismo sentido (subida o bajada). En el siguiente cuadro se muestran los resultados del cálculo de dichas velocidades efectivas de subida y bajada en cada localidad.

Cuadro 116

Velocidad efectiva de subida y bajada de los nodos de la red de transporte

Localidades	Velocidad efectiva de subida (Mbps)	Velocidad efectiva de bajada (Mbps)
Huari	75.60	126.00
Acopalca	28.93	42.00
Yacya	32.20	43.40
Huamparan	36.40	53.20
Mallas	34.53	47.60
Ampas	14.47	18.20
Colcas	30.80	42.00
Pachachaca	25.20	36.40
Tashta	26.60	37.80
Ulia	6.07	7.00
Mituchaca	6.53	8.40
Huamantanga	24.27	33.60
Yanagaga	19.13	26.60
Colpa	12.13	14.00
Querobamba	6.53	8.40
Ampatac	6.53	8.40
Ocshapampa	7.93	9.80
Yarmata	6.53	8.40
Cushin	6.53	8.40
Cajay	40.13	58.80
Huaritambo	34.53	47.60
Queroragra	35.47	50.40
Huancarpata	6.07	7.00
Sharco	8.87	12.60
Collota	16.80	22.40
Chaupiloma	15.40	21.00
Chacaragra	14.47	18.20
Cayas	15.40	21.00
Paro	14.00	16.80
Buena vista de cachuna	6.07	7.00
Chinchas	6.53	8.40
Huayllabamba	12.13	14.00

Nota. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP o servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

5.2.5. Velocidades efectivas en los enlaces de la red de transporte

Ahora calcularemos la velocidad efectiva en cada uno de los enlaces de la topología de red de transporte, dicha topología se detalló en la figura 55. Se dispondrá el cálculo expresando los resultados en términos de la velocidad efectiva de subida, bajada y agregada, aplicando el método de cálculo que se había planteado en “Cálculo de las velocidades en los enlaces de la red de transporte” que se encuentra en el subacápite 4.6.2.8.

Cuadro 117

Velocidad efectiva de subida y bajada de los enlaces de la red de transporte

Nombre del enlace (Sitio A–Sitio B)	Velocidad efectiva de bajada ó TX_A (Mbps)	Velocidad efectiva de subida ó TX_B (Mbps)	Velocidad efectiva agregada (Mbps)
Huari-Cushin	154.00	118.53	272.53
Cushin-Ampas	18.20	14.47	32.67
Cushin-Huayllabamba	127.40	97.53	224.93
Huayllabamba-Chinchas	8.40	6.53	14.93
Huayllabamba-Yacya	105.00	78.87	183.87
Yacya-Repetidor_B	61.60	46.67	108.27
Repetidor_B-Mallas	61.60	46.67	108.27
Mallas-Colpa	14.00	12.13	26.13
Huari-Huancarpata	72.80	54.13	126.93
Huancarpata-Ampatac	65.80	48.07	113.87
Ampatac-Ulia	57.40	41.53	98.93
Ulia-Acopalca	50.40	35.47	85.87
Acopalca-Querobamba	8.40	6.53	14.93
Huari-Cajay	532.00	384.53	916.53
Cajay-Colcas	473.20	344.40	817.60
Colcas-Cayas	431.20	313.60	744.80
Cayas-Yarmata	410.20	298.20	708.40
Yarmata-Huamantanga	401.80	291.67	693.47
Huamantanga-Huaritambo	368.20	267.40	635.60
Huaritambo-Mituchaca	228.20	162.87	391.07
Mituchaca-Repetidor_A	219.80	156.33	376.13
Repetidor_A-Ocshapampa	30.80	23.33	54.13
Ocshapampa-Chaupiloma	21.00	15.40	36.40
Repetidor_A-Collota	75.60	53.20	128.80
Collota-Huamparan	53.20	36.40	89.60
Repetidor_A-Pachachaca	113.40	79.80	193.20
Pachachaca-Yanagaga	77.00	54.60	131.60
Yanagaga-Tashta	37.80	26.60	64.40
Yanagaga-Sharco	12.60	8.87	21.47
Huaritambo-Repetidor_D	92.40	70.00	162.40
Repetidor_D-Repetidor_C	92.40	70.00	162.40
Repetidor_C-Queroragra	50.40	35.47	85.87
Repetidor_C-Paro	42.00	34.53	76.53
Paro-Buena Vista De Cachuna	25.20	20.53	45.73
Buena Vista de cachuna-Chacaragra	18.20	14.47	32.67

Nota. Sitio A es el primer sitio que aparece en el nombre del enlace. Sitio B es el segundo sitio que aparece nombra del enlace. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente. Subida hace referencia al trafico que se dirige hacia el ISP o servidores y bajada, hacia las instituciones beneficiarias.

5.2.6. Asignación de canales en los enlaces de la red de transporte.

Ahora se asignará los canales y/o portadoras a usar en cada uno de los radioenlaces de la topología de la red de microondas, se debe tener en cuenta que, si se usa una frecuencia portadora para transmisión en un equipo microondas, entonces esta portadora no se puede utilizar como frecuencia de recepción en otro equipo microondas de otro enlace que se encuentre en el mismo sitio, ya que podría generar interferencia entre los dos enlaces. Por ejemplo, si en un enlace "Sitio A- Sitio B" para transmitir una señal desde un equipo microondas en el sitio A se utiliza una frecuencia portadora de la banda Low de un canal dado entonces no se podrá utilizar esa misma frecuencia portadora de la banda Low para recepción en otro equipo microondas que se encuentre en el mismo sitio A y que sea para otro enlace Sitio A – Sitio C.

Una observación importante es que, si se utiliza una frecuencia portadora para transmisión en un equipo microondas, entonces esta misma portadora se podría utilizar para transmitir en otro equipo microondas de otro enlace que se encuentre en el mismo sitio, siempre y cuando se mantenga una separación mayor o igual a 10 m entre ambos equipos instalados en la misma torre, y que la diferencia de azimut entre ambos enlaces con sitio en común sea mayor a 45°.

De esta forma al asignar los canales o portadoras de transmisión y recepción en cada enlace tenemos que tener en cuenta las consideraciones indicadas anteriormente. Así pues, según la topología de red diseñada vemos que una localidad puede estar enlazada con más de un sitio, por lo que se asignará para cada enlace un canal de la lista de canales que se presentaron en los cuadros 82, 83 y 84, de tal forma que el canal asignado pueda soportar la velocidad requerida para el enlace correspondiente, dicha velocidad se detalló en el cuadro 117. Es así que en los cuadros 118.1 y 118.2 se analizan cada uno de los sitios

con sus correspondientes enlaces y si es que es necesario reutilizar una frecuencia de transmisión en dos equipos que se encuentren en el mismo sitio se hará dejando el aislamiento o separación recomendada entre dichos equipos tal como se detalló anteriormente, esto también es una condición que determina la altura de la torre y la altura a la que deberá estar instalada cada equipo microondas. La otra condición es que se verifique que haya línea de vista en los enlaces mediante el simulador.

Cuadro 118.1

Asignación de frecuencias portadoras en los nodos de la red de transporte

Sitio A	Altura torre (m)	Altura antena (m)	Frecuencia Tx A (MHz)	Frecuencia Rx A (MHz)	Rango canal Tx A (MHz)	Rango canal Rx A (MHz)	Ancho del canal (MHz)	Sitio B
Huari	30	8	5274	5326	5254-5294	5306-5346	40	Cushin
		18	5273	5327	5258-5288	5312-5342	30	Huancarpata
		9	5503	5632	5473-5533	5602-5662	60	Cajay
		22	5756	5819	5726-5786	5789-5849	60	Cajay
Acopalca	36	20	5652	5523	5642-5662	5513-5533	20	Ulia
		9	5478	5607	5473-5483	5602-5612	10	Querobamba
Yacya	9	5	5662	5533	5642-5682	5513-5553	40	Huayllabamba
		7	5488	5617	5473-5503	5602-5632	30	Repetidor_B
Huamparan	12	5	5483	5612	5473-5493	5602-5622	20	Collota
Mallas	48	12	5677	5548	5662-5692	5533-5563	30	Repetidor_B
		39	5478	5607	5473-5483	5602-5612	10	Colpa
Ampas	12	10	5607	5478	5602-5612	5473-5483	10	Cushin
Colcas	18	16	5503	5632	5473-5533	5602-5662	60	Cajay
		5	5756	5819	5726-5786	5789-5849	60	Cajay
		7	5531	5664	5481-5581	5614-5714	100	Cayas
Pachachaca	21	8	5820	5755	5795-5845	5730-5780	50	Repetidor_A
		7	5617	5488	5602-5632	5473-5503	30	Yanagaga
Tashta	12	5	5652	5523	5642-5662	5513-5533	20	Yanagaga
Ulia	9	5	5617	5488	5602-5632	5473-5503	30	Ampatac
		8	5523	5652	5513-5533	5642-5662	20	Acopalca
Mituchaca	9	5	5819	5756	5789-5849	5726-5786	60	Huaritambo
		7	5632	5503	5602-5662	5473-5533	60	Repetidor_A
Huamantanga	21	8	5664	5531	5614-5714	5481-5581	100	Yarmata
		19	5664	5531	5614-5714	5481-5581	100	Huaritambo
Yanagaga	12	5	5617	5488	5602-5632	5473-5503	30	Pachachaca
		7	5652	5523	5642-5662	5513-5533	20	Tashta
		10	5677	5548	5672-5682	5543-5553	10	Sharco
Colpa	15	14	5607	5478	5602-5612	5473-5483	10	Mallas
Querobamba	18	16	5607	5478	5602-5612	5473-5483	10	Acopalca
Ampatac	9	5	5677	5548	5662-5692	5533-5563	30	Huancarpata
		7	5488	5617	5473-5503	5602-5632	30	Ulia
Ocshapampa	9	5	5672	5543	5662-5682	5533-5553	20	Repetidor_A
		7	5607	5478	5602-5612	5473-5483	10	Chaupiloma
Yarmata	18	5	5531	5664	5481-5581	5614-5714	100	Cayas
		15	5531	5664	5481-5581	5614-5714	100	Huamantanga
Cushin	18	5	5326	5274	5306-5346	5254-5294	40	Huari
		17	5478	5607	5473-5483	5602-5612	10	Ampas
		9	5573	5702	5553-5593	5682-5722	40	Huayllabamba
Cajay	18	5	5632	5503	5602-5662	5473-5533	60	Huari
		17	5819	5756	5789-5849	5726-5786	60	Huari
		16	5632	5503	5602-5662	5473-5533	60	Colcas
		4	5819	5756	5789-5849	5726-5786	60	Colcas
Huaritambo	15	5	5531	5664	5481-5581	5614-5714	100	Huamantanga
		7	5756	5819	5726-5786	5789-5849	60	Mituchaca
		14	5488	5617	5473-5503	5602-5632	30	Repetidor_D
Queroragra	12	10	5632	5503	5622-5642	5493-5513	20	Repetidor_C
Huancarpata	9	5	5327	5273	5312-5342	5258-5288	30	Ampatac
		7	5548	5677	5533-5563	5662-5692	30	Huari
Sharco	6	5	5677	5548	5672-5682	5543-5553	10	Yanagaga
Collota	9	5	5707	5578	5692-5722	5563-5593	30	Huamparan
		7	5612	5483	5602-5622	5473-5493	20	Repetidor_A
Chaupiloma	15	14	5478	5607	5473-5483	5602-5612	10	Ocshapampa
Chacaragra	6	5	5607	5478	5602-5612	5473-5483	10	Buena Vista de Cachuna
Cayas	18	5	5664	5531	5614-5714	5481-5581	100	Colcas
		16	5664	5531	5614-5714	5481-5581	100	Yarmata

*Nota.*TX_A y RX_A se refiere a transmisión del Sitio A y recepción del Sitio A respectivamente.

Cuadro 118.2

Asignación de frecuencias portadoras en los nodos de la red de transporte

Sitio A	Altura torre (m)	Altura antena (m)	Frecuencia Tx A (MHz)	Frecuencia Rx A (MHz)	Rango canal Tx A (MHz)	Rango canal Rx A (MHz)	Ancho del canal (MHz)	Sitio B
Paro	30	5	5712	5583	5702-5722	5573-5593	20	Repetidor_C
		26	5672	5543	5662-5682	5533-5553	20	Buena Vista de Cachuna
Buena Vista de Cachuna	48	41	5543	5672	5533-5553	5662-5682	20	Paro
		7	5478	5607	5473-5483	5602-5612	10	Chacaragra
Chinchas	12	10	5607	5478	5602-5612	5473-5483	10	Huayllabamba
Huayllambamba	18	16	5702	5573	5682-5722	5553-5593	40	Cushin
		17	5478	5607	5473-5483	5602-5612	10	Chinchas
		12	5533	5662	5513-5553	5642-5682	40	Yacya
Repetidor_A	30	25	5503	5632	5473-5533	5602-5662	60	Mituchaca
		5	5543	5672	5533-5553	5662-5682	20	Ocshapampa
		11	5578	5707	5563-5593	5692-5722	30	Collota
		13	5755	5820	5730-5780	5795-5845	50	Pachachaca
Repetidor_B	21	7	5617	5488	5602-5632	5473-5503	30	Yacya
		19	5548	5677	5533-5563	5662-5692	30	Mallas
Repetidor_C	12	5	5548	5677	5533-5563	5662-5692	30	Repetidor_D
		9	5503	5632	5493-5513	5622-5642	20	Queroragra
		10	5583	5712	5573-5593	5702-5722	20	Paro
Repetidor_D	36	32	5617	5488	5602-5632	5473-5503	30	Huaritambo
		16	5677	5548	5662-5692	5533-5563	30	Repetidor_C

*Nota.*TX_A y RX_A se refiere a transmisión del Sitio A y recepción del Sitio A respectivamente.

5.3 Simulación y cálculo de enlaces de la red inalámbrica

5.3.1 Simulación y cálculo de enlaces de la red de transporte

Una vez que se conoce el ancho de canal, la modulación, sensibilidad y potencia máxima en cada tipo de modulación, se puede empezar a simular cada uno de los enlaces microondas considerando cada uno de estos parámetros.

Se realizará la simulación en dos softwares, uno de ellos es el “Radiomobile” y el otro es el simulador del mismo fabricante de la radio microondas, cuyo uso es libre y se encuentra en internet, este simulador es el “ISP Design Center” y además de esto se hará el cálculo de los enlaces haciendo uso de la información y/o ecuaciones vistas en el marco teórico. Se hará tanto las simulaciones como los cálculos para tener una mejor perspectiva de los enlaces a diseñar.

Hay que tener en cuenta que en los cuadros 49 y 51 el nombre de cada enlace esta compuesto por los dos nombres de los sitios que lo conforman, los nombres de dichos sitios están separados por un guión, de tal forma que el sitio al que se nombra primero se lo cataloga como Sitio A y al segundo sitio que se nombra se lo cataloga como Sitio B.

1) Huari – Cushin

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 10X o 1024 QAM y el ancho de canal de 40 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 486.4 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 272.53 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 486.4\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 272.53\ Mbps$$

Hay que tener en cuenta que el equipo AirFiber AF-5XHD permite configurar el valor de la capacidad de subida y de bajada como un porcentaje de la capacidad agregada total de forma libre y manual, es decir la capacidad de transmisión o recepción puede configurarse desde el 0% hasta el 100% del total de capacidad agregada, entendiéndose como capacidad agregada a la suma de la capacidad de subida y la capacidad de bajada. Entonces para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo microondas lo que se debe hacer es configurarlo de tal forma que se estas capacidades se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117.

En este caso las velocidades de transmisión y recepción efectivas para cada estación de este enlace, son las siguientes:

$$Velocidad\ TX_A\ efectiva = \ Velocidad\ RX_B\ efectiva = 154\ Mbps$$

$$Velocidad\ TX_B\ efectiva = \ Velocidad\ RX_A\ efectiva = 118.53\ Mbps$$

$Donde$:

$Velocidad\ TX_A$: $Velocidad\ de\ transmisión\ del\ Sitio\ A\ (Huari)$

$Velocidad\ TX_B$: $Velocidad\ de\ transmisión\ del\ Sitio\ B\ (Cushin)$

$Velocidad\ RX_A$: $Velocidad\ de\ recepción\ del\ Sitio\ A\ (Huari)$

$Velocidad\ RX_B$: $Velocidad\ de\ recepción\ del\ Sitio\ B\ (Cushin)$

Así pues, se realizan los cálculos para obtener la capacidad de subida y bajada de tal forma que estén en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada.

$$\frac{Capacidad\ TX_A}{Capacidad\ agregada} = \frac{Velocidad\ TX_A\ efectiva}{Velocidad\ agregada\ efectiva}$$

$$Capacidad\ TX_A = Capacidad\ agregada\left(\frac{Velocidad\ TX_A\ efectiva}{Velocidad\ agregada\ efectiva}\right)$$

$$Capacidad\ TX_A = 486.4\left(\frac{154}{272.53}\right)$$

$$Capacidad\ TX_A = 274.85\ Mbps$$

Lo mismo para hallar la capacidad de transmisión de Cushin (Sitio B)

$$\frac{Capacidad\ TX_B}{Capacidad\ agregada} = \frac{Velocidad\ TX_B\ efectiva}{Velocidad\ agregada\ efectiva}$$

$$Capacidad\ TX_B = Capacidad\ agregada\left(\frac{Velocidad\ TX_B\ efectiva}{Velocidad\ agregada\ efectiva}\right)$$

$$Capacidad\ TX_B = 486.4\left(\frac{118.53}{272.53}\right)$$

$$Capacidad\ TX_B = 211.55\ Mbps$$

También podemos calcular la máxima ocupación de la capacidad del radioenlace, esto se halla dividiendo la velocidad agregada efectiva entre la capacidad agregada del enlace, y representa el máximo porcentaje de capacidad que se puede llegar a ocupar en un radioenlace.

$$Máxima\ ocupación = \frac{Velocidad\ agregada\ efectiva}{Capacidad\ agregada}$$

$$Máxima\ ocupación = \frac{272.53}{486.4}$$

$$Máxima\ ocupación = 56.03\%$$

En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados:

Cuadro 119

Velocidades y capacidades en el enlace Huari – Cushin

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
154	118.53	272.53	274.85	211.55	486.4	56.03%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Huari y Sitio B corresponde a Cushin.

Simulación en ISP Design Center

El software del fabricante permite introducir los parámetros para el cálculo del enlace, es decir parámetros como: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. La potencia máxima de transmisión además de depender de la regulación de

cada país, también depende del tipo de modulación que se utilice en el enlace. Debido a que este software pertenece al mismo fabricante de la radio es que permite seleccionar el ancho de banda del canal que se quiere utilizar el cual es 40 MHz pero no permite elegir la tasa de modulación del radioenlace, es por esto que en el resultado del cálculo de la simulación nos indica una capacidad agregada de 584 Mbps que corresponde a su máxima tasa de modulación que es 12X (4096 QAM) tal como se observa en la figura 107.

Sin embargo, esta modulación no garantizaría un enlace con una señal recepción por encima del umbral, es decir la recepción podría estar muy cerca a la sensibilidad del receptor y por ende el margen sería muy bajo, además de que podría presentar una BER muy alta, por lo que la tasa de modulación que se planteará en este diseño es de 10X o 1024QAM la cual al ser usada en 40 MHz brinda una capacidad agregada de 486.4 Mbps tal como se había mencionado anteriormente. Por esta razón cabe indicar que la simulación con el software del fabricante no necesariamente expresará la capacidad real a la que puede llegar el enlace, ya que este software no considera el margen de Fading mínimo en su cálculo.

Figura 107

Simulación del enlace Huari – Cushin en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y se obtuvo resultados de parámetros de enlace casi similares, tal como se observa en la parte superior de color verde de la figura 108.

Figura 108

Simulación del enlace Huari – Cushin en RadioMobile



Un detalle a tener en cuenta es que en Radiomobile no se puede introducir el parámetro de ancho de banda del canal por lo que en los resultados del cálculo de enlace no se muestra un indicador de la capacidad máxima que se podría llegar a alcanzar con el máximo nivel de modulación en dicho radioenlace, así pues en vez de tener esta opción para seleccionar el ancho de canal lo que se tiene es la opción de introducir el valor de sensibilidad del receptor, el cual depende del tipo de modulación y ancho de banda elegido para el enlace tal como se observó en el datasheet de la radio.

Ahora como se había detallado anteriormente se utilizará la tasa de modulación de 10X y con ancho de canal de 40 MHz lo que corresponde a una sensibilidad de -59 dbm tal como lo indica el datasheet del fabricante de la radio microondas. Por lo tanto, este será el valor de sensibilidad que se utilice para la simulación en Radiomobile.

Un aspecto a tener en cuenta es que Radiomobile si puede calcular parámetros adicionales como “Peor Fresnel” “Pérdida de espacio libre” y “Margen de Fading”, a diferencia del software anterior que no los calculaba.

El peor Fresnel representa el peor escenario de todo el recorrido del enlace en el que un obstáculo obstruye las Zonas de Fresnel, para el caso de este enlace el peor Fresnel es de 5.6 F1 tal como se observa en la Figura 108, esto significa que hasta la quinta zona de Fresnel está despejada totalmente y un 60% de la sexta zona de Fresnel se encuentra despejada.

Peor Fresnel = 5,6 F1 = quinta zona de Fresnel despejada totalmente y 60% de la sexta zona de Fresnel despejada.

Cuando este dato se presenta en un radio enlace como un valor negativo, significa que la línea de vista está completamente obstruida y la Zona de Fresnel que se invade inicia desde la línea de vista hacia arriba.

Así mismo un parámetro adicional que se puede introducir en el Radiomobile y que no se podía establecer en el software del fabricante es la pérdida de línea, el cual se considerará con un valor de 0.5 dBm para todos los enlaces. Otra diferencia más es que en Radiomobile se debe introducir el valor de las frecuencias portadoras que se utilizarán tanto para transmisión como para recepción del enlace, a diferencia del software del fabricante que no otorgaba esa opción, estas frecuencias portadoras de transmisión y recepción se

asignaron a las estaciones o enlaces correspondientes en los cuadros 117.1 y 117.2, se debe corroborar en la simulación que el enlace pueda operar con dichas frecuencias, de no ser así se tendría que modificarlas o encontrar alguna posible solución.

Entonces sabiendo que en el cálculo de este enlace se cumple que el margen de Fading, el cual es 36.8 dbm, está dentro del rango de 20 a 40 dBm; el peor Fresnel, el cual es 5.6, es mayor a 1; la velocidad agregada efectiva es cubierta en su totalidad por la capacidad que proporciona tanto el canal de 40 MHz como la tasa de modulación de 10X elegida; y que la potencia de transmisión de 20 dBm que se desea configurar está dentro de los valores permitidos para la tasa de modulación elegida, entonces podemos decir que el enlace debe funcionar y operar correctamente.

Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Por último, se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico, es decir utilizando la ecuación general de cálculo de enlace, la pérdida de espacio libre entre otras ecuaciones que ya se mencionaron. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 120

Datos del enlace Huari – Cushin

Datos de la estación				
Estación	Huari		Cushin	
Ubicación	Municipalidad Provincial de Huari Altitud: 3097 (m.s.n.m) (1)		Ancash, Huari, Huari, Cushin Altitud: 3268.4 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Huari		Ancash,Huari, Huari,Cushin	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010001		0210010028	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 20' 49.452" S 77º 10' 14.196" W		9º 21' 33.69" S 77º 10' 21.786" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5274 (Slant ± 45°) RX: 5326 (Slant ± 45°)		TX: 5326 (Slant ± 45°) RX: 5274 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-59		-59	
Canal	40 MHz		40 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	486.4	100 %	486.4	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	274.85	56.51%	211.55	43.49%
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	211.55	43.49%	274.85	56.51%
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	30		12	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	8		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	8		5	
Cálculo de enlace				
Estación	Cushin		Huari	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	189.74	7.36	9.74	-7.36
Distancia (Km) (4)	1.39		1.39	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	109.77		109.77	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-22.77		-22.77	
Margen de Fading (4)	36.23		36.23	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

2) Cushin - Ampas

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 10 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 92.16 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 32.67 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 92.16\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 32.67\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 121

Velocidades y capacidades en el enlace Cushin – Ampas

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
18.20	14.47	32.67	51.35	40.81	92.16	35.45%

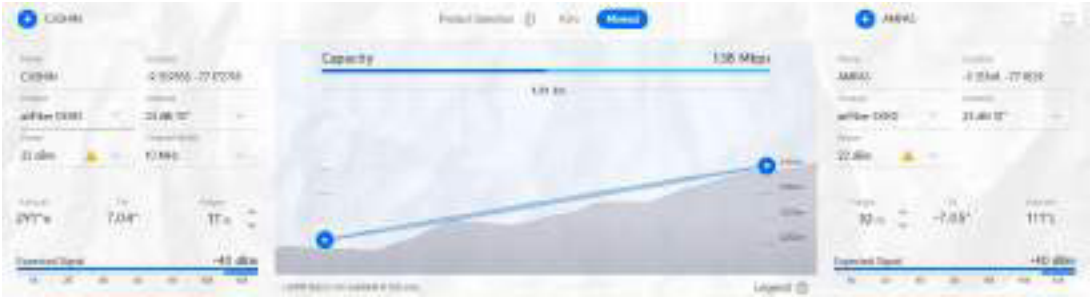
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Cushin y Sitio B corresponde a Ampas.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 109

Simulación del enlace Cushin – Ampas en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 110

Simulación del enlace Cushin – Ampas en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 122

Datos del enlace Cushin – Ampas

Datos de la estación				
Estación	Cushin		Ampas	
Ubicación	Ancash,Huari, Huari,Cushin Altitud: 3268.4 (m.s.n.m)(1)		I.E. 86330, Ampas Altitud: 3398 (m.s.n.m)(1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Cushin		Ancash,Huari, Huari,Ampas	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010028		0210010026	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 21' 33.69" S 77º 10' 21.786" W		9º 21' 19.476" S 77º 10' 58.44" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5478 (Slant ± 45°) RX: 5607 (Slant ± 45°)		TX: 5607 (Slant ± 45°) RX: 5478 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-72		-72	
Canal	10 MHz		10 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	92.16	100 %	92.16	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	51.35	55.71 %	40.81	44.29 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	40.81	44.29 %	51.35	55.71 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G23-S45		AF-5G23-S45	
Ganancia (dBi)	23		23	
Pire (dBm)	44.5		44.5	
Altura de Torre (m)	18		12	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	17		10	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	17		10	
Enlace				
Estación	Ampas		Cushin	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	291.20	5.77	111.20	-5.77
Distancia (Km) (4)	1.21		1.21	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	109.01		109.01	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-42.01		-42.01	
Margen de Fading (4)	29.99		29.99	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

3) Cushin – Huayllabamba

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 40 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 389.12 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 224.93 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 389.12\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 224.93\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 123

Velocidades y capacidades en el enlace Cushin – Huayllabamba

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
127.40	97.53	224.93	220.39	168.73	389.12	57.81%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Cushin y Sitio B corresponde a Huayllabamba.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 111

Simulación del enlace Cushin – Huayllabamba en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 112

Simulación del enlace Cushin – Huayllabamba en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 124

Datos del enlace Cushin – Huayllabamba

Datos de la estación				
Estación	Cushin		Huayllabamba	
Ubicación	Ancash,Huari, Huari,Cushin Altitud: 3268.4 (m.s.n.m) (1)		I.E. 86027, Huayllabamba Altitud: 3478 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Cushin		Ancash,Huari, Cajay,Huayllabamba	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010028		0210030042	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 21' 33.69" S 77º 10' 21.786" W		9º 21' 20.88" S 77º 8' 30.84" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5573 (Slant ± 45°) RX: 5702 (Slant ± 45°)		TX: 5702 (Slant ± 45°) RX: 5573 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-65		-65	
Canal	40 MHz		40 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	389.12	100 %	389.12	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	220.39	56.64 %	168.73	43.36 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	168.73	43.36 %	220.39	56.64 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	18		18	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	9		16	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	9		16	
Enlace				
Estación	Huayllabamba		Cushin	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	83.41	3.59	263.41	-3.59
Distancia (Km) (4)	3.45		3.45	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	118.23		118.23	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-37.23		-37.23	
Margen de Fading (4)	27.77		27.77	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

4) Huayllabamba – Chinchas

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 4X o 16 QAM y el ancho de canal de 10 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 46.08 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 14.93 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 46.08\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 14.93\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 125

Velocidades y capacidades en el enlace Huayllabamba – Chinchas

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
8.40	6.53	14.93	25.92	20.16	46.08	32.41%

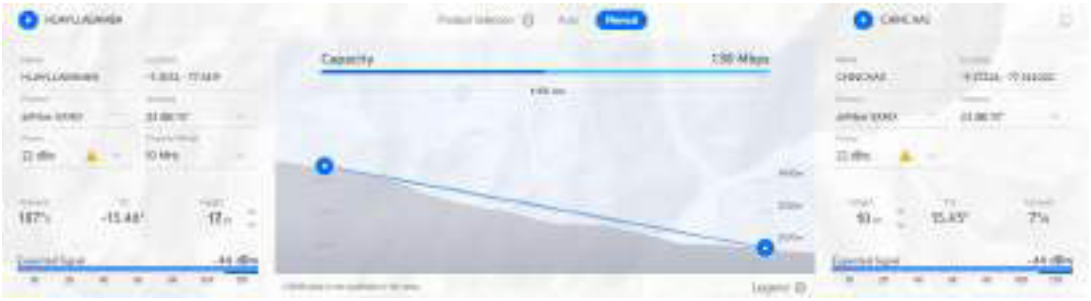
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Huayllabamba y Sitio B corresponde a Chinchas.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 113

Simulación del enlace Huayllabamba – Chinchas en UISP Design Center

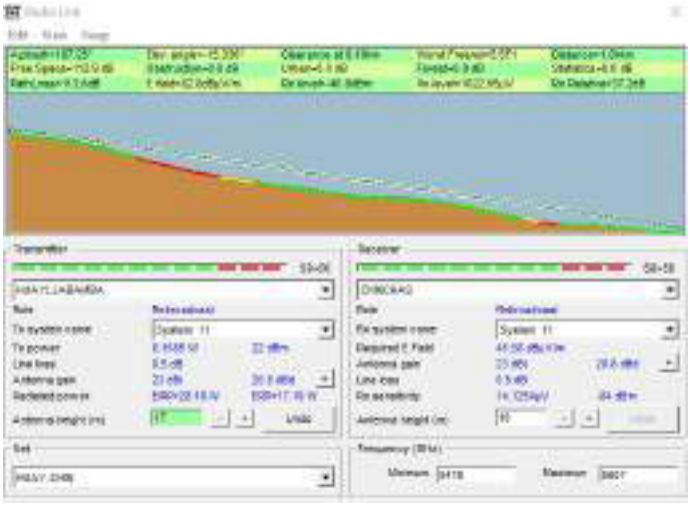


Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 114

Simulación del enlace Huayllabamba – Chinchas en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 126

Datos del enlace Huayllabamba – Chinchas

Datos de la estación				
Estación	Huayllabamba		Chinchas	
Ubicación	I.E. 86027, Huayllabamba Altitud: 3478 (m.s.n.m) (1)		Ancash,Huari, Cajay,Chinchas Altitud: 2970.9 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Huayllabamba		Ancash,Huari, Cajay,Chinchas	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030042		0210030047	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 21' 20.88" S 77º 8' 30.84" W		9º 22' 20.064" S 77º 8' 38.478" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5478 (Slant ± 45°) RX: 5607 (Slant ± 45°)		TX: 5607 (Slant ± 45°) RX: 5478 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-84		-84	
Canal	10 MHz		10 MHz	
Modulación	16 QAM		16 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	46.08	100 %	46.08	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	25.92	56.25 %	20.16	43.75 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	20.16	43.75 %	25.92	56.25 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G23-S45		AF-5G23-S45	
Ganancia (dBi)	23		23	
Pire (dBm)	44.5		44.5	
Altura de Torre (m)	18		12	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	17		10	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	17		10	
Enlace				
Estación	Chinchas		Huayllabamba	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	187.35	-15.58	7.35	15.58
Distancia (Km) (4)	1.84		1.84	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	112.64		112.64	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-45.64		-45.64	
Margen de Fading (4)	38.36		38.36	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

5) Huayllabamba – Yacya:

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 40 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 389.12 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 183.87 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 389.12\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 183.87\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 127

Velocidades y capacidades en el enlace Huayllabamba – Yacya

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
105	78.87	183.87	222.21	166.91	389.12	47.25%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Huayllabamba y Sitio B corresponde a Yacya.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 115

Simulación del enlace Huayllabamba – Yacya en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 116

Simulación del enlace Huayllabamba – Yacya en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 128

Datos del enlace Huayllabamba – Yacya

Datos de la estación				
Estación	Huayllabamba		Yacya	
Ubicación	I.E. 86027, Huayllabamba Altitud: 3478 (m.s.n.m) (1)		Municipalidad de C.P. de Yacya Altitud: 3518 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Huayllabamba		Ancash,Huari, Huari,Yacya	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030042		0210010033	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 21' 20.88" S 77º 8' 30.84" W		9º 23' 4.228" S 77º 10' 9.23" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5533 (Slant ± 45°) RX: 5662 (Slant ± 45°)		TX: 5662 (Slant ± 45°) RX: 5533 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-65		-65	
Canal	40 MHz		40 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	389.12	100 %	389.12	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	222.21	57.11 %	166.91	42.89 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	166.91	42.89 %	222.21	57.11 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	55.5		55.5	
Altura de Torre (m)	18		9	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	12		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	12		5	
Enlace				
Estación	Yacya		Huayllabamba	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	222.81	0.42	42.81	-0.42
Distancia (Km) (4)	4.40		4.40	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	120.28		120.28	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-31.28		-31.28	
Margen de Fade (4)	33.72		33.72	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

6) Yacya – Repetidor B

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 30 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 291.84 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 108.27 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 291.84\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 108.27\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 129

Velocidades y capacidades en el enlace Yacya – Repetidor B

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
61.60	46.67	108.27	166.05	125.79	291.84	37.10%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Yacya y Sitio B corresponde a Repetidor B.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 117

Simulación del enlace Yacya – Repetidor B en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 118

Simulación del enlace Yacya – Repetidor B en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 130

Datos del enlace Yacya – Repetidor B

Datos de la estación				
Estación	Yacya		Repetidor B	
Ubicación	Municipalidad de C.P. de Yacya Altitud: 3518 (m.s.n.m) (1)		JR99+564 Yacya Altitud: 3840.3 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Yacya		Ancash,Huari, Huari, Yacya	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010033		0210010033	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 23' 4.228" S 77º 10' 9.23" W		9º 22' 55.567" S 77º 10' 54.948" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5488 (Slant ± 45°) RX: 5617 (Slant ± 45°)		TX: 5617 (Slant ± 45°) RX: 5488 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-67		-67	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	291.84	100 %	291.84	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	166.05	56.90 %	125.79	43.10 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	125.79	43.10 %	166.05	56.90 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	9		21	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		7	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		7	
Enlace				
Estación	Repetidor B		Yacya	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	281.77	12.23	101.77	-12.23
Distancia (Km) (4)	1.49		1.49	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	110.81		110.81	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-29.81		-29.81	
Margen de Fading (4)	37.19		37.19	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

7) Repetidor B – Mallas

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 30 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 291.84 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 108.27 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 291.84\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 108.27\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 131

Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor B – Mallas

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
61.60	46.67	108.27	166.05	125.79	291.84	37.10%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Repetidor B y Sitio B corresponde a Mallas.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 119

Simulación del enlace Repetidor B – Mallas en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 120

Simulación del enlace Repetidor B – Mallas en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 132

Datos del enlace Repetidor B – Mallas

Datos de la estación				
Estación	Repetidor B		Mallas	
Ubicación	JR99+564 Yacya Altitud: 3840.3 (m.s.n.m) (1)		I.E. primaria Mallas Altitud: 3169.1 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Yacya		Ancash,Huari, Huari,Mallas	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010033		0210010040	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 22' 55.567" S 77º 10' 54.948" W		9º 22' 55.567" S 77º 10' 54.948" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5548 (Slant ± 45°) RX: 5677 (Slant ± 45°)		TX: 5677 (Slant ± 45°) RX: 5548 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-67		-67	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	291.84	100 %	291.84	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	166.05	56.90 %	125.79	43.10 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	125.79	43.10 %	166.05	56.90 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	21		18	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	19		12	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	19		12	
Enlace				
Estación	Mallas		Repetidor B	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	204.43	-15.57	24.43	15.57
Distancia (Km) (4)	2.43		2.43	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	115.16		115.16	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-34.16		-34.16	
Margen de Fade (4)	32.84		32.84	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

8) Mallas – Colpa

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 10 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 92.16 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 26.13 Mbps, tal como se analizó el cuadro 116.

$$Capacidad\ agregada = 92.16\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 26.13\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 133

Velocidades y capacidades en el enlace Mallas – Colpa

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
14	12.13	26.13	49.37	42.79	92.16	28.36%

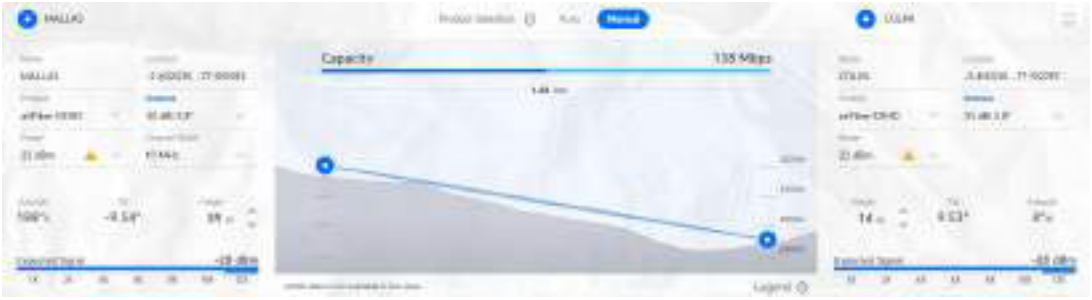
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Mallas y Sitio B corresponde a Colpa.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 121

Simulación del enlace Mallas – Colpa en UISP Design Center



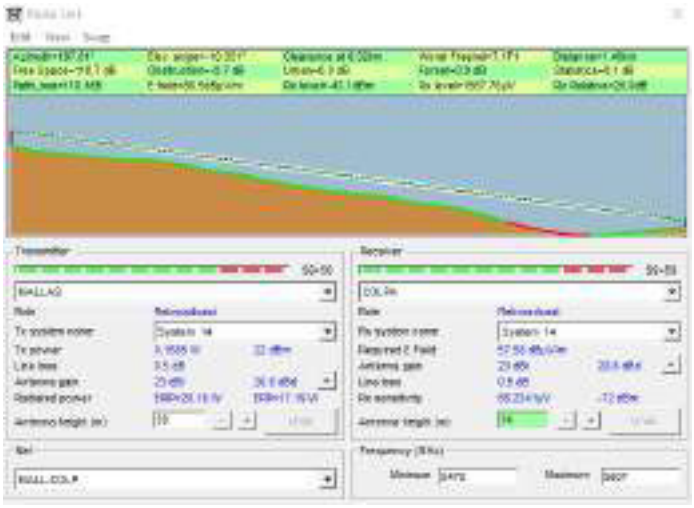
Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 122

Simulación del enlace Mallas – Colpa en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 134

Datos del enlace Mallas – Colpa

Datos de la estación				
Estación	Mallas		Colpa	
Ubicación	I.E. primaria Mallas Altitud: 3169.1 (m.s.n.m) (1)		Ancash,Huari, Huari,Colpa Altitud: 2973.3 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Mallas		Ancash,Huari, Huari,Colpa	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010040		0210010041	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 22' 55.567" S 77º 10' 54.948" W		9º 25' 13.542" S 77º 11' 18.438" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5478 (Slant ± 45°) RX: 5607 (Slant ± 45°)		TX: 5607 (Slant ± 45°) RX: 5478 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-72		-72	
Canal	10 MHz		10 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	92.16	100 %	92.16	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	49.37	53.57 %	42.79	46.43 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	42.79	46.43 %	49.37	53.57 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G23-S45		AF-5G23-S45	
Ganancia (dBi)	23		23	
Pire (dBm)	44.5		44.5	
Altura de Torre (m)	39		15	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	39		14	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	39		14	
Enlace				
Estación	Colpa		Mallas	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	187.9	-9.91	7.9	9.91
Distancia (Km) (4)	1.46		1.46	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	110.61		110.61	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-43.61		-43.61	
Margen de Fading (4)	28.39		28.39	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

9) Huari – Huancarpata

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 10X o 1024 QAM y el ancho de canal de 30 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 364.8 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 126.93 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 364.8\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 126.93\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 135

Velocidades y capacidades en el enlace Huari – Huancarpata

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
72.80	54.13	126.93	209.22	155.58	364.80	34.80%

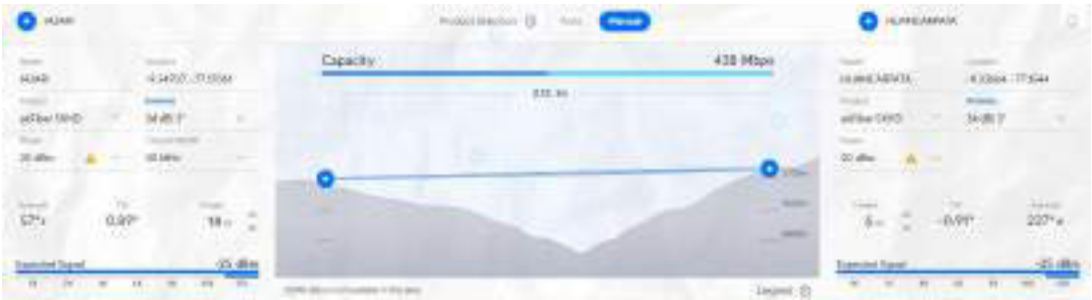
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Huari y Sitio B corresponde a Huancarpata.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 123

Simulación del enlace Huari – Huancarpata en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 124

Simulación del enlace Huari – Huancarpata en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 136

Datos del enlace Huari – Huancarpata

Datos de la estación				
Estación	Huari		Huancarpata	
Ubicación	Municipalidad Provincial de Huari Altitud: 3097 (m.s.n.m) (1)		I.E. 86765, Huancarpata Altitud: 3134 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Huari		Ancash,Huari, Cajay,Huancarpata	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010001		0210030034	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 20' 49.452" S 77º 10' 14.196" W		9º 20' 11.904" S 77º 9' 15.84" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5273 (Slant ± 45°) RX: 5327 (Slant ± 45°)		TX: 5327 (Slant ± 45°) RX: 5273 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-61		-61	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	364.80	100 %	364.80	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	209.22	57.35 %	155.58	42.65 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	155.58	42.65 %	209.22	57.35 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	30		9	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	18		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	18		5	
Enlace				
Estación	Huancarpata		Huari	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	57.24	0.93	237.24	-0.93
Distancia (Km) (4)	2.14		2.14	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	113.56		113.56	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-26.56		-26.56	
Margen de Fading (4)	34.44		34.44	
Peor Fresnel (5)	7		7	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

10)Huancarpata – Ampatac

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 30 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 291.84 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 113.87 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 291.84\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 113.87\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 137

Velocidades y capacidades en el enlace Huancarpata – Ampatac

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
65.80	48.07	113.87	168.65	123.19	291.84	39.02%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Huancarpata y Sitio B corresponde a Ampatac.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 125

Simulación del enlace Huancarpata – Ampatac en UISP Design Center



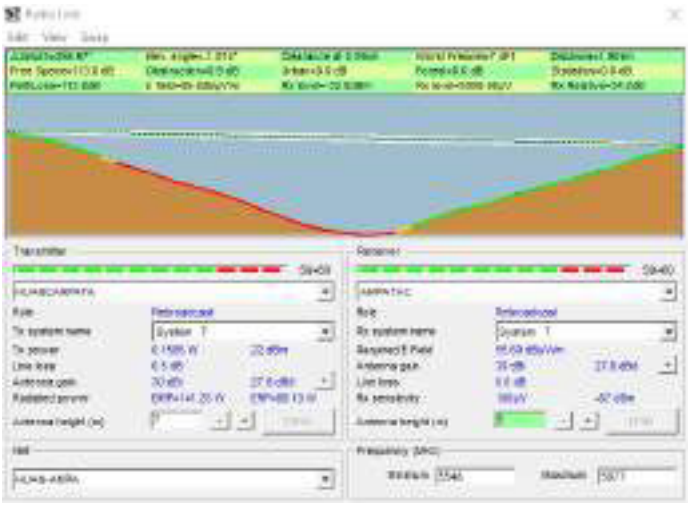
Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 126

Simulación del enlace Huancarpata – Ampatac en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 138

Datos del enlace Huancarpata – Ampatac

Datos de la estación				
Estación	Huancarpata		Ampatac	
Ubicación	I.E. 86765, Huancarpata Altitud: 3134 (m.s.n.m) (1)		Ancash,Huari, Huari,Ampatac Altitud: 3106.5 (m.s.n.m)(1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Huancarpata		Ancash,Huari, Huari,Ampatac	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030034		0210010021	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 20' 11.904" S 77º 9' 15.84" W		9º 20' 21.966" S 77º 10' 26.466" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5548 (Slant ± 45°) RX: 5677 (Slant ± 45°)		TX: 5677 (Slant ± 45°) RX: 5548 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-67		-67	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	291.84	100 %	291.84	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	168.65	57.79 %	123.19	42.21 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	123.19	42.21 %	168.65	57.79 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	9		9	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		5	
Enlace				
Estación	Ampatac		Huancarpata	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	257.13	-1.08	77.13	1.08
Distancia (Km) (4)	1.93		1.93	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	113.13		113.13	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-32.13		-32.13	
Margen de Fading (4)	34.87		34.87	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

11)Ampatac – Ulia

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 30 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 291.84 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 98.93 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 291.84\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 98.93\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 139

Velocidades y capacidades en el enlace Ampatac – Ulia

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
57.40	41.53	98.93	169.32	122.52	291.84	33.90%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Ampatac y Sitio B corresponde a Ulia.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 127

Simulación del enlace Ampatac – Ulia en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 128

Simulación del enlace Ampatac – Ulia en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 140

Datos del enlace Ampatac – Ulia

Datos de la estación				
Estación	Ampatac		Ulia	
Ubicación	Ancash,Huari, Huari,Ampatac Altitud: 3106.5 (m.s.n.m) (1)		C.E. Los Tulipanes / Iglesia Ulia Altitud: 2991.4 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Ampatac		Ancash,Huari, Huari,Ulia	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010021		0210010022	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 20' 21.966" S 77º 10' 26.466" W		9º 20' 4.596" S 77º 10' 26.4" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5488 (Slant ± 45°) RX: 5617 (Slant ± 45°)		TX: 5617 (Slant ± 45°) RX: 5488 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-67		-67	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	291.84	100 %	291.84	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	169.32	58.02 %	122.52	41.98 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	122.52	41.98 %	169.32	58.02 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G23-S45		AF-5G23-S45	
Ganancia (dBi)	23		23	
Pire (dBm)	44.5		44.5	
Altura de Torre (m)	9		9	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		5	
Enlace				
Estación	Ulia		Ampatac	
Azimut (°) / Tilt (°)(4)	335.37	-8.70	155.37	8.70
Distancia (Km) (4)	0.72		0.72	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	104.49		104.49	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-37.49		-37.49	
Margen de Fade (4)	29.51		29.51	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

12)Ulia – Acopalca

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 20 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 194.56 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 85.87 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 194.56\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 85.87\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 141

Velocidades y capacidades en el enlace Ulia – Acopalca

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
50.40	35.47	85.87	114.20	80.36	194.56	44.13%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Ulia y Sitio B corresponde a Acopalca.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 129

Simulación del enlace Ulia – Acopalca en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 130

Simulación del enlace Ulia – Acopalca en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 142

Datos del enlace Ulia – Acopalca

Datos de la estación				
Estación	Ulia		Acopalca	
Ubicación	C.E. Los Tulipanes / Iglesia Ulia Altitud: 2991.4 (m.s.n.m) (1)		I.E. 86331 Altitud: 3070 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Ulia		Ancash,Huari, Huari,Acopalca	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010022		0210010019	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 20' 4.596" S 77º 10' 26.4" W		9º 19' 37.348" S 77º 11' 9.539" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5523 (Slant ± 45°) RX: 5652 (Slant ± 45°)		TX: 5652 (Slant ± 45°) RX: 5523 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-69		-69	
Canal	20 MHz		20 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	194.56	100 %	194.56	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	114.20	58.70 %	80.36	41.30 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	80.36	41.30 %	114.20	58.70 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	9		36	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	8		20	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	8		20	
Enlace				
Estación	Acopalca		Ulia	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	302.28	3.29	122.28	-3.29
Distancia (Km) (4)	1.58		1.58	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	111.35		111.35	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-30.35		-30.35	
Margen de Fade (4)	38.65		38.65	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

13)Acopalca – Querobamba

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 4X o 16 QAM y el ancho de canal de 10 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 46.08 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 14.93 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 46.08\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 14.93\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 143

Velocidades y capacidades en el enlace Acopalca – Querobamba

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
8.40	6.53	14.93	25.92	20.16	46.08	32.41%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Acopalca y Sitio B corresponde a Querobamba.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 131

Simulación del enlace Acopalca – Querobamba en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 132

Simulación del enlace Acopalca – Querobamba en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 144

Datos del enlace Acopalca – Querobamba

Datos de la estación				
Estación	Acopalca		Querobamba	
Ubicación	I.E. 86331 Altitud: 3070 (m.s.n.m) (1)		I.E. Las Abejitas/ I.E. primaria 86893 Altitud: 3338.9 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Acopalca		Ancash,Huari, Huari,Querobamba	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010019		0210010025	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 19' 37.348" S 77º 11' 9.539" W		9º 20' 33.762" S 77º 11' 5.682" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5478 (Slant ± 45°) RX: 5607 (Slant ± 45°)		TX: 5607 (Slant ± 45°) RX: 5478 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-84		-84	
Canal	10 MHz		10 MHz	
Modulación	16 QAM		16 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	46.08	100 %	46.08	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	25.92	56.25 %	20.16	43.75 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	20.16	43.75 %	25.92	56.25 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G23-S45		AF-5G23-S45	
Ganancia (dBi)	23		23	
Pire (dBm)	44.5		44.5	
Altura de Torre (m)	36		18	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	9		16	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	9		16	
Enlace				
Estación	Querobamba		Acopalca	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	176.09	8.98	356.09	-8.98
Distancia (Km) (4)	1.75		1.75	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	112.17		112.17	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-45.17		-45.17	
Margen de Fading (4)	38.83		38.83	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

14)Huari – Cajay

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según lo que se analizó en el cuadro 117, la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace es de 916.53 Mbps, para lo cual aparentemente sería conveniente usar el canal de 100 MHz y en la modulación más alta de 4096 QAM, sin embargo, esto solo es posible para enlaces que no consuman u ocupen un alto porcentaje de la capacidad del canal y cuyas distancias sean menores a 500 m. Es decir el consumo o velocidad efectiva que se requiera en el enlace no debe ocupar un porcentaje mayor al 70% de la capacidad total del canal esto debido a que con el tiempo la red puede llegar a crecer ya sea por un aumento de equipos en las instituciones beneficiarias o por la incorporación de nuevas instituciones, es por esto que se debe diseñar de tal forma que haya escalabilidad en la red, así mismo si se quiere usar el canal de 100 MHz con la modulación más alta se debe tener en cuenta que la distancia entre los nodos no debe ser mayor a 500 m ya que el enlace al tener mayor ancho de canal y mayor modulación tendrá una sensibilidad más alta y por lo tanto un margen de Fading más pequeño o incluso negativo, lo cual no hace posible usar este canal y modulación para distancias mayores a 500 m. Se sabe que la distancia del nodo Huari hasta el nodo Cajay es de 2.77 Km. Además, en este caso la velocidad efectiva agregada es muy grande y a pesar de que se use el canal de 100 MHz con una modulación de un orden menor a la más alta como por ejemplo la de 1024 QAM, aun así, se ocuparía un porcentaje mayor al 70% de capacidad en el canal, lo cual no sería conveniente ya que con el tiempo la red puede llegar a crecer y no habría escalabilidad en la red. Por tal razón, una alternativa a esto es implementar

dos enlaces diferentes entre estos mismos nodos, en este caso dos enlaces en diversidad de frecuencia, de tal forma que la velocidad efectiva agregada se pueda repartir o balancear entre ambos enlaces sin que haya saturación. De esta forma se proyectará la implementación de dos enlaces, cada uno de los cuales tendrá un consumo o velocidad efectiva agregada de 458.27 Mbps, es decir cada uno consumirá la mitad de la velocidad efectiva agregada de 916.53 Mbps que se requería para unir estos dos nodos.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que la tasa de modulación de 10X o 1024 QAM y el ancho de canal de 60 MHz otorgan a un enlace una capacidad agregada de 704 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en cada uno de los dos radioenlaces a implementar entre estos dos nodos, la cual es de 458.27 Mbps tal como se analizó previamente.

$$Capacidad\ agregada = 704\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 458.27\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 145

Velocidades y capacidades en los enlaces Huari – Cajay

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
266	192.27	458.27	408.64	295.36	704	65.09%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Huari y Sitio B corresponde a Cajay.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 133

Simulación del enlace Huari – Cajay _1 en UISP Design Center



Figura 134

Simulación del enlace Huari – Cajay_2 en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 135

Simulación del enlace Huari – Cajay _1 en RadioMobile

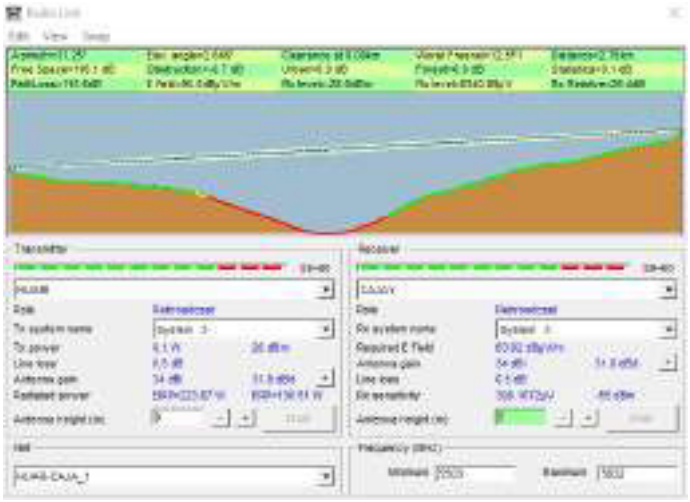


Figura 136

Simulación del enlace Huari – Cajay _2 en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 146

Datos del enlace Huari – Cajay_1

Datos de la estación				
Estación	Huari		Cajay	
Ubicación	Municipalidad Provincial de Huari Altitud: 3097 (m.s.n.m) (1)		Municipalidad distrital de Cajay Altitud: 3185.7 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Huari		Ancash,Huari, Cajay,Cajay	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010001		0210030001	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 20' 49.452" S 77º 10' 14.196" W		9º 19' 32.957" S 77º 9' 27.147" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5503 (Slant ± 45°) RX: 5632 (Slant ± 45°)		TX: 5632 (Slant ± 45°) RX: 5503 (Slant ± 45°)	
Configuración	2+0		2+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-55		-55	
Canal	60 MHz		60 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	704	100 %	704	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	408.64	58.04 %	295.36	41.96 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	295.36	41.96 %	408.64	58.04 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	30		18	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	9		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	9		5	
Enlace				
Estación	Cajay		Huari	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	31.59	1.97	31.59	1.97
Distancia (Km) (4)	2.77		2.77	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	116.22		116.22	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-29.22		-29.22	
Margen de Fading (4)	25.78		25.78	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

Cuadro 147

Datos del enlace Huari – Cajay_2

Datos de la estación				
Estación	Huari		Cajay	
Ubicación	Municipalidad Provincial de Huari Altitud: 3097 (m.s.n.m) (1)		Municipalidad de Cajay,Cajay Altitud: 3185.7 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Huari		Ancash,Huari, Cajay,Cajay	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010001		0210030001	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 20' 49.452" S 77º 10' 14.196" W		9º 19' 32.957" S 77º 9' 27.147" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5756 (Slant ± 45°) RX: 5819 (Slant ± 45°)		TX: 5819 (Slant ± 45°) RX: 5756 (Slant ± 45°)	
Configuración	2+0		2+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-55		-55	
Canal	60 MHz		60 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	704	100 %	704	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	408.64	58.04 %	295.36	41.96 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	295.36	41.96 %	408.64	58.04 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	30		18	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	22		17	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	22		17	
Enlace				
Estación	Cajay		Huari	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	1.95	211.59	1.95	211.59
Distancia (Km) (4)	2.77		2.77	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	116.56		116.56	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-29.56		-29.56	
Margen de Fading (4)	25.44		25.44	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

15)Cajay – Colcas

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según lo que se analizó en el cuadro 117, la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace es de 817.6 Mbps, para lo cual aparentemente sería conveniente usar el canal de 100 MHz y en la modulación más alta de 4096 QAM, sin embargo, esto solo es posible para enlaces que no consuman u ocupen un alto porcentaje de la capacidad del canal y cuyas distancias sean menores a 500 m. Es decir el consumo o velocidad efectiva que se requiera en el enlace no debe ocupar un porcentaje mayor al 70% de la capacidad total del canal esto debido a que con el tiempo la red puede llegar a crecer ya sea por un aumento de equipos en las instituciones beneficiarias o por la incorporación de nuevas instituciones, es por esto que se debe diseñar de tal forma que haya escalabilidad en la red, así mismo si se quiere usar el canal de 100 MHz con la modulación más alta se debe tener en cuenta que la distancia entre los nodos no debe ser mayor a 500 m ya que el enlace al tener mayor ancho de canal y mayor modulación tendrá una sensibilidad más alta y por lo tanto un margen de Fading más pequeño o incluso negativo, lo cual no hace posible usar este canal y modulación para distancias mayores a 500 m. Se sabe que la distancia del nodo Cajay hasta el nodo Colcas es de 1.86 Km. Además, en este caso la velocidad efectiva agregada es muy grande y a pesar de que se use el canal de 100 MHz con una modulación de un orden menor a la más alta como por ejemplo la de 1024 QAM, aun así, se ocuparía un porcentaje mayor al 70% de capacidad en el canal, lo cual no sería conveniente ya que con el tiempo la red puede llegar a crecer y no habría escalabilidad en la red. Por tal razón, una alternativa a esto es implementar

dos enlaces diferentes entre estos mismos nodos, en este caso dos enlaces en diversidad de frecuencia, de tal forma que la velocidad efectiva agregada se pueda repartir o balancear entre ambos enlaces sin que haya saturación. De esta forma se proyectará la implementación de dos enlaces, cada uno de los cuales tendrá un consumo o velocidad efectiva agregada de 408.8 Mbps, es decir cada uno consumirá la mitad de la velocidad efectiva agregada de 817.6 Mbps que se requería para unir estos dos nodos.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que la tasa de modulación de 10X o 1024 QAM y el ancho de canal de 60 MHz otorgan a un enlace una capacidad agregada de 704 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en cada uno de los dos radioenlaces a implementar entre estos dos nodos, la cual es de 408.8 Mbps tal como se analizó previamente.

$$Capacidad\ agregada = 704\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 408.8\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 148

Velocidades y capacidades en los enlaces Cajay – Colcas

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
236.6	172.2	408.8	407.45	296.55	704	58.07%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Cajay y Sitio B corresponde a Colcas.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 137

Simulación del enlace Cajay – Colcas _1 en UISP Design Center



Figura 138

Simulación del enlace Cajay – Colcas _2 en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 139

Simulación del enlace Cajay – Colcas _1 en RadioMobile



Figura 140

Simulación del enlace Cajay – Colcas _2 en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 149

Datos del enlace Cajay – Colcas _1

Datos de la estación				
Estación	Cajay		Colcas	
Ubicación	Municipalidad distrital de Cajay Altitud: 3185.7 (m.s.n.m) (1)		Municipalidad de C.P. de Colcas Altitud: 3156 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Cajay		Ancash,Huari, Huari,Colcas	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030001		0210010017	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 19' 32.957" S 77º 9' 27.147" W		9º 18' 56.886" S 77º 10' 15.498" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5632 (Slant ± 45°) RX: 5503 (Slant ± 45°)		TX: 5503 (Slant ± 45°) RX: 5632 (Slant ± 45°)	
Configuración	2+0		2+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-55		-55	
Canal	60 MHz		60 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	704	100 %	704	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	407.45	57.88 %	296.55	42.12 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	296.55	42.12 %	407.45	57.88 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	18		18	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	16		16	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	16		16	
Enlace				
Estación	Colcas		Cajay	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	306.72	-0.91	306.72	-0.91
Distancia (Km) (4)	1.86		1.86	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	112.77		112.77	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-25.77		-25.77	
Margen de Fading (4)	29.23		29.23	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

Cuadro 150

Datos del enlace Cajay – Colcas _2

Datos de la estación				
Estación	Cajay		Colcas	
Ubicación	Municipalidad de Cajay Altitud: 3185.7 (m.s.n.m) (1)		Municipalidad de Colcas Altitud: 3156 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Cajay		Ancash,Huari, Huari,Colcas	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030001		0210010017	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 19' 32.957" S 77º 9' 27.147" W		9º 18' 56.886" S 77º 10' 15.498" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5819 (Slant ± 45°) RX: 5756 (Slant ± 45°)		TX: 5756 (Slant ± 45°) RX: 5819 (Slant ± 45°)	
Configuración	2+0		2+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-55		-55	
Canal	60 MHz		60 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	704	100 %	704	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	407.45	57.88 %	296.55	42.12 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	296.55	42.12 %	407.45	57.88 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	18		18	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	4		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	4		5	
Enlace				
Estación	Colcas		Cajay	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	306.72	-0.88	306.72	-0.88
Distancia (Km) (4)	1.86		1.86	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	113.11		113.11	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-26.11		-26.11	
Margen de Fading (4)	28.89		28.89	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

16)Colcas – Cayas

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 10X o 1024 QAM y el ancho de canal de 100 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 1094.4 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 744.8 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 1094.4\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 744.8\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 151

Velocidades y capacidades en el enlace Colcas – Cayas

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
431.2	313.6	744.8	633.6	460.8	1094.4	68.06%

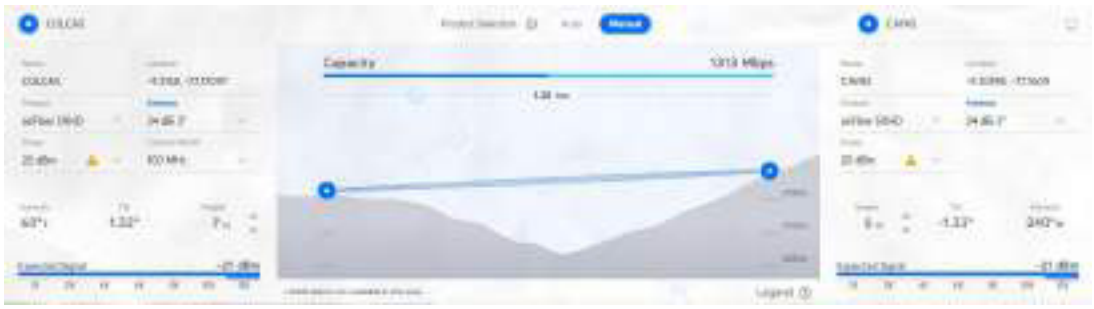
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Colcas y Sitio B corresponde a Cayas.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 141

Simulación del enlace Colcas – Cayas en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 142

Simulación del enlace Colcas – Cayas en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 152

Datos del enlace Colcas –Cayas

Datos de la estación				
Estación	Colcas		Cayas	
Ubicación	Municipalidad de C.P. de Colcas Altitud: 3156 (m.s.n.m) (1)		I.E. 86394, Cayas Altitud: 3191.6 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Colcas		Ancash,Huari, Cajay,Cayas	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010017		0210030026	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 18' 56.886" S 77º 10' 15.498" W		9º 18' 35.82" S 77º 9' 39.24" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5531 (Slant ± 45°) RX: 5664 (Slant ± 45°)		TX: 5664 (Slant ± 45°) RX: 5531 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-51		-51	
Canal	100 MHz		100 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	1094.4	100 %	1094.4	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	633.6	57.89 %	460.8	42.11 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	460.8	42.11 %	633.6	57.89 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	18		18	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		5	
Enlace				
Estación	Cayas		Colcas	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	59.84	1.49	239.84	-1.49
Distancia (Km) (4)	1.30		1.30	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	109.66		109.66	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-22.66		-22.66	
Margen de Fading (4)	28.34		28.34	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

17)Cayas – Yarmata

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 10X o 1024 QAM y el ancho de canal de 100 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 1094.4 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 708.4 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 1094.4\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 708.4\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 153

Velocidades y capacidades en el enlace Cayas – Yarmata

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
410.2	298.2	708.4	633.71	460.69	1094.4	64.73%

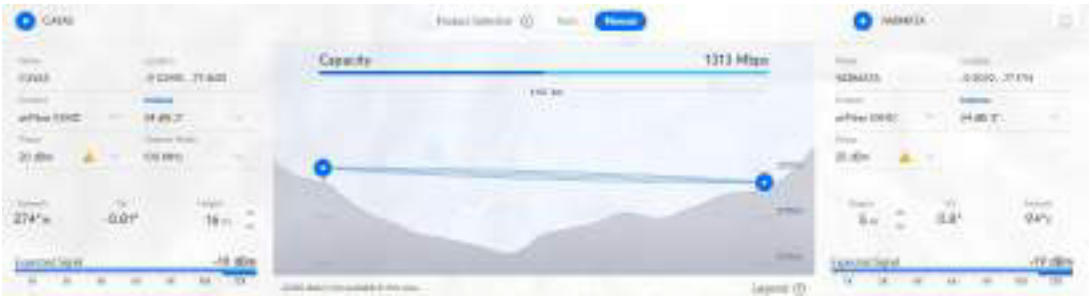
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Cayas y Sitio B corresponde a Yarmata.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 143

Simulación del enlace Cayas – Yarmata en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 144

Simulación del enlace Cayas – Yarmata en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 154

Datos del enlace Cayas – Yarmata

Datos de la estación				
Estación	Cayas		Yarmata	
Ubicación	I.E. 86394, Cayas Altitud: 3191.6 (m.s.n.m) (1)		I.E. 423 Inicial - Jardín, Yarmata Altitud: 3186.5 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Cayas		Ancash,Huari, Huari,Yarmata	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030026		0210010015	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 18' 35.82" S 77º 9' 39.24" W		9º 18' 33.12" S 77º 10' 15.96" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5664 (Slant ± 45°) RX: 5531 (Slant ± 45°)		TX: 5531 (Slant ± 45°) RX: 5664 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-51		-51	
Canal	100 MHz		100 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	1094.4	100 %	1094.4	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	633.71	57.91 %	460.69	42.09 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	460.69	42.09 %	633.71	57.91 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	18		16	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	16		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	16		5	
Enlace				
Estación	Yarmata		Cayas	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	274.21	-0.81	94.21	0.81
Distancia (Km) (4)	1.14		1.14	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	108.53		108.53	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-21.53		-21.53	
Margen de Fading (4)	29.47		29.47	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

18) Yarmata – Huamantanga

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 10X o 1024 QAM y el ancho de canal de 100 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 1094.4 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 693.47 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 1094.4\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 693.47\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 155

Velocidades y capacidades en el enlace Yarmata – Huamantanga

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
401.80	291.67	693.47	634.1	460.3	1094.4	63.37%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Yarmata y Sitio B corresponde a Huamantanga.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 145

Simulación del enlace Yarmata – Huamantanga en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 146

Simulación del enlace Yarmata – Huamantanga en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 156

Datos del enlace Yarmata – Huamantanga

Datos de la estación				
Estación	Yarmata		Huamantanga	
Ubicación	I.E. 423 Inicial - Jardín, Yarmata Altitud: 3186.5 (m.s.n.m) (1)		Municipalidad de C.P. de Huamantanga Altitud: 3250.5 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Yarmata		Ancash,Huari, Huari,Challhuayaco	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010015		0210010042	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 18' 33.12" S 77º 10' 15.96" W		9º 18' 22.65" S 77º 10' 19.194" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5531 (Slant ± 45°) RX: 5664 (Slant ± 45°)		TX: 5664 (Slant ± 45°) RX: 5531 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-51		-51	
Canal	100 MHz		100 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	1094.4	100 %	1094.4	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	634.10	57.94 %	460.30	42.06 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	460.30	42.06 %	634.10	57.94 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	16		21	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	15		8	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	15		8	
Enlace				
Estación	Huamantanga		Yarmata	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	8.08	6.31	188.08	-6.31
Distancia (Km) (4)	1.11		1.11	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	108.32		108.32	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-21.32		-21.32	
Margen de Fading (4)	29.68		29.68	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

19)Huamantanga - Huaritambo

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 10X o 1024 QAM y el ancho de canal de 100 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 1094.4 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 635.6 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 1094.4\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 635.6\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 157

Velocidades y capacidades en el enlace Huamantanga – Huaritambo

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
368.2	267.4	635.6	633.98	460.42	1094.4	58.08%

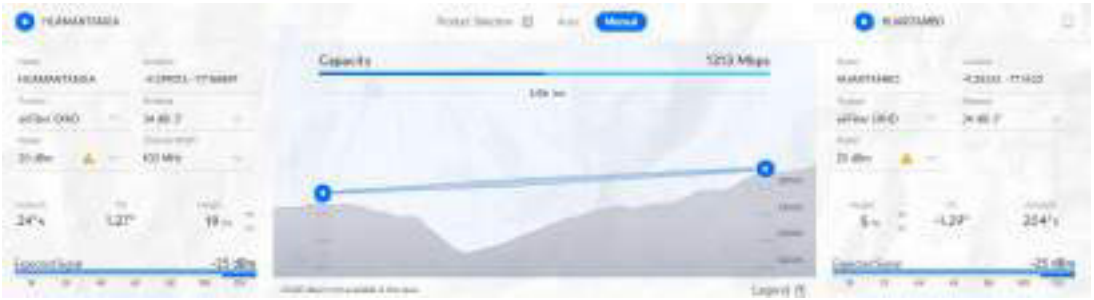
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Huamantanga y Sitio B corresponde a Huaritambo.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 147

Simulación del enlace Huamantanga – Huaritambo en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 148

Simulación del enlace Huamantanga – Huaritambo en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 158

Datos del enlace Huamantanga – Huaritambo

Datos de la estación				
Estación	Huamantanga		Huaritambo	
Ubicación	Municipalidad de C.P. de Huamantanga Altitud: 3250.5 (m.s.n.m) (1)		Municipalidad de C.P. de Huaritambo Altitud: 3376.2 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Challhuayaco		Ancash,Huari, Cajay,Huaritambo	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010042		0210030012	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 18' 22.65" S 77º 10' 19.194" W		9º 16' 56.69" S 77º 9' 43.916" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5664 (Slant ± 45°) RX: 5531 (Slant ± 45°)		TX: 5531 (Slant ± 45°) RX: 5664 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-51		-51	
Canal	100 MHz		100 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	1094.4	100 %	1094.4	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	633.98	57.93 %	460.42	42.07 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	460.42	42.07 %	633.98	57.93 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	21		15	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	19		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	19		5	
Enlace				
Estación	Huaritambo		Huamantanga	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	23.93	1.28	203.93	-1.28
Distancia (Km) (4)	2.06		2.06	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	113.67		113.67	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-26.67		-26.67	
Margen de Fading (4)	24.33		24.33	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

20)Huaritambo - Mituchaca

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 10X o 1024 QAM y el ancho de canal de 60 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 704 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 391.07 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 704\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 391.07\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 159

Velocidades y capacidades en el enlace Huaritambo – Mituchaca

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
228.20	162.87	391.07	410.81	293.19	704	55.55%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Huaritambo y Sitio B corresponde a Mituchaca.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 149

Simulación del enlace Huaritambo – Mituchaca en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 150

Simulación del enlace Huaritambo – Mituchaca en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 160

Datos del enlace Huaritambo – Mituchaca

Datos de la estación				
Estación	Huaritambo		Mituchaca	
Ubicación	Municipalidad de C.P. de Huaritambo Altitud: 3376.2 (m.s.n.m) (1)		I.E. Los Geranios - Pronoei Mituchaca Altitud: 3469.7 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Huaritambo		Ancash,Huari, Huari, Mituchaca	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030012		0210010009	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 56.69" S 77º 9' 43.916" W		9º 16' 35.832" S 77º 10' 15.6" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5756 (Slant ± 45°) RX: 5819 (Slant ± 45°)		TX: 5819 (Slant ± 45°) RX: 5756 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-55		-55	
Canal	60 MHz		60 MHz	
Modulación	1024 QAM		1024 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	704	100 %	704	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	410.81	58.35 %	293.19	41.65 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	293.19	41.65 %	410.81	58.35 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	15		9	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		5	
Enlace				
Estación	Mituchaca		Huaritambo	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	303.36	4.47	123.36	-4.47
Distancia (Km) (4)	1.17		1.17	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	109.08		109.08	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-22.08		-22.08	
Margen de Fading (4)	32.92		32.92	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

21)Mituchaca – Repetidor A

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 60 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 563.2 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 376.13 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 563.2\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 376.13\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 161

Velocidades y capacidades en el enlace Mituchaca – Repetidor A

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
219.80	156.33	376.13	329.12	234.08	563.2	66.79%

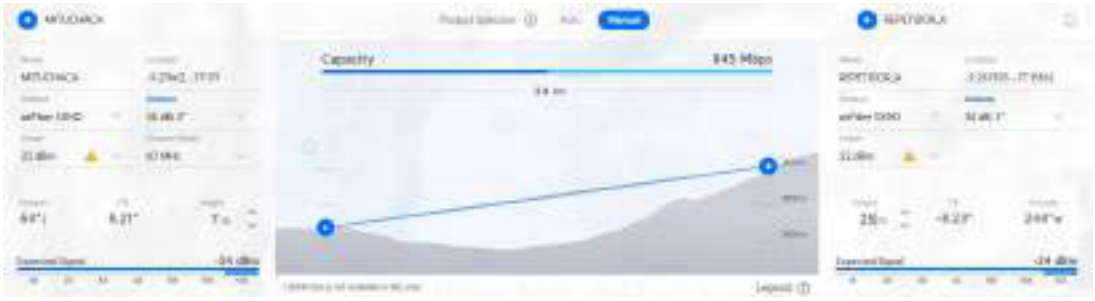
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Mituchaca y Sitio B corresponde a Repetidor A.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 151

Simulación del enlace Mituchaca – Repetidor A en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 152

Simulación del enlace Mituchaca – Repetidor A en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 162

Datos del enlace Mituchaca – Repetidor A

Datos de la estación				
Estación	Mituchaca		Repetidor A	
Ubicación	I.E. Los Geranios - Pronoei Mituchaca Altitud: 3469.7 (m.s.n.m) (1)		PRMX+592 Altitud: 3802.4 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari, Mituchaca		Ancash,Huari, Cajay	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010009		-	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 35.832" S 77º 10' 15.6" W		9º 16' 1.578" S 77º 9' 5.832" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5632 (Slant ± 45°) RX: 5503 (Slant ± 45°)		TX: 5503 (Slant ± 45°) RX: 5632 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-61		-61	
Canal	60 MHz		60 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	563.2	100 %	563.2	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	329.12	58.44 %	234.08	41.56 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	234.08	41.56 %	329.12	58.44 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	55.5		55.5	
Altura de Torre (m)	9		29	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		25	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		25	
Enlace				
Estación	Repetidor A		Mituchaca	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	63.85	8.31	243.85	-8.31
Distancia (Km) (4)	2.40		2.40	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	114.97		114.97	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-25.97		-25.97	
Margen de Fading (4)	35.03		35.03	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

22)Repetidor A - Ocshapampa

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 20 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 194.56 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 54.13 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 194.56\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 54.13\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 163

Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor A – Ocshapampa

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
30.80	23.33	54.13	110.7	83.86	194.56	27.82%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Repetidor A y Sitio B corresponde a Ocshapampa.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 153

Simulación del enlace Repetidor A – Ocshapampa en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 154

Simulación del enlace Repetidor A – Ocshapampa en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 164

Datos del enlace Repetidor A – Ocshapampa

Datos de la estación				
Estación	Repetidor A		Ocshapampa	
Ubicación	PRMX+592 Altitud: 3802.4 (m.s.n.m) (1)		I.E.Las Semillitas Altitud: 3880.9 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay		Ancash,Huari, Huari,Ocshapampa	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	-		0210010048	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 1.578" S 77º 9' 5.832" W		9º 12' 42.84" S 77º 10' 32.52" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5543 (Slant ± 45°) RX: 5672 (Slant ± 45°)		TX: 5672 (Slant ± 45°) RX: 5543 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-69		-69	
Canal	20 MHz		20 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	194.56	100 %	194.56	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	110.7	56.9 %	83.86	43.1 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	83.86	43.1 %	110.7	56.9 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	55.5		55.5	
Altura de Torre (m)	29		9	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	5		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	5		5	
Enlace				
Estación	Ocshapampa		Repetidor A	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	336.43	0.67	156.43	-0.67
Distancia (Km) (4)	6.70		6.70	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	123.94		123.94	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-34.94		-34.94	
Margen de Fading (4)	34.06		34.06	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

23)Ocshapampa – Chaupiloma

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 10 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 92.16 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 36.40 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 92.16\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 36.40\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 165

Velocidades y capacidades en el enlace Ocshapampa – Chaupiloma

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
21	15.4	36.4	53.17	38.99	92.16	39.5%

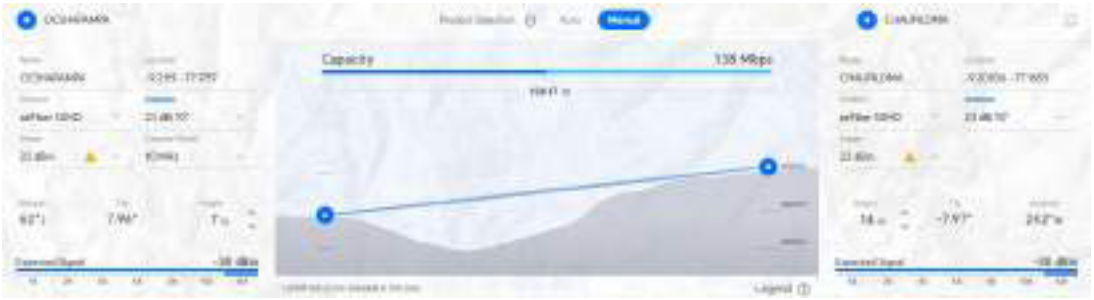
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Ocshapampa y Sitio B corresponde a Chaupiloma.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 155

Simulación del enlace Ocshapampa – Chaupiloma en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 156

Simulación del enlace Ocshapampa – Chaupiloma en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 166

Datos del enlace Ocshapampa – Chaupiloma

Datos de la estación				
Estación	Ocshapampa		Chaupiloma	
Ubicación	I.E.Las Semillitas Altitud: 3880.9 (m.s.n.m) (1)		I.E.86992 Altitud: 4003.9 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Ocshapampa		Ancash,Huari, Cajay,Chaupiloma	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010048		0210030002	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 12' 42.84" S 77º 10' 32.52" W		9º 12' 29.016" S 77º 10' 5.88" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5607 (Slant ± 45°) RX: 5478 (Slant ± 45°)		TX: 5478 (Slant ± 45°) RX: 5607 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-72		-72	
Canal	10 MHz		10 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	92.16	100 %	92.16	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	53.17	57.69 %	38.99	42.31 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	38.99	42.31 %	53.17	57.69 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G23-S45		AF-5G23-S45	
Ganancia (dBi)	23		23	
Pire (dBm)	44.5		44.5	
Altura de Torre (m)	9		15	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		14	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		14	
Enlace				
Estación	Chaupiloma		Ocshapampa	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	62.57	7.98	242.57	-7.98
Distancia (Km) (4)	0.93		0.93	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	106.67		106.67	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-39.67		-39.67	
Margen de Fading (4)	32.33		32.33	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

24)Repetidor A - Collota

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 30 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 291.84 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 128.8 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 291.84\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 128.8\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 167

Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor A – Collota

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
75.6	53.2	128.8	171.30	120.54	291.84	44.13%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Repetidor A y Sitio B corresponde a Collota.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 157

Simulación del enlace Repetidor A – Collota en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 158

Simulación del enlace Repetidor A – Collota en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 168

Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor A – Collota

Datos de la estación				
Estación	Repetidor A		Collota	
Ubicación	PRMX+592 Altitud: 3802.4 (m.s.n.m) (1)		I.E.86869 Altitud: 3445.7 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay		Ancash,Huari, Cajay,Collota	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	-		0210030005	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 1.578" S 77º 9' 5.832" W		9º 15' 51.336" S 77º 9' 37.44" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5776 (Slant ± 45°) RX: 5839 (Slant ± 45°)		TX: 5839 (Slant ± 45°) RX: 5776 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-67		-67	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	291.84	100 %	291.84	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	171.30	58.7 %	120.54	41.3 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	120.54	41.3 %	171.30	58.7 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	29		9	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	11		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	11		5	
Enlace				
Estación	Collota		Repetidor A	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	287.95	-19.46	107.95	19.46
Distancia (Km) (4)	1.03		1.03	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	107.7		107.7	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-26.7		-26.7	
Margen de Fading (4)	40.3		40.3	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

25)Collota – Huamparán

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 20 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 194.56 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 89.60 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 194.56\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 89.60\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 169

Velocidades y capacidades en el enlace Collota – Huamparán

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
53.2	36.4	89.6	115.52	79.04	194.56	46.05%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Collota y Sitio B corresponde a Huamparán.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 159

Simulación del enlace Collota – Huamparán en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 160

Simulación del enlace Collota – Huamparán en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 170

Datos del enlace Collota – Huamparán

Datos de la estación				
Estación	Collota		Huamparán	
Ubicación	I.E.86869 Altitud: 3445.7 (m.s.n.m) (1)		I.E. Secundaria Nuestra Señora de Guadalupe Altitud: 3572.5 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Collota		Ancash,Huari, Huari,Huamparán	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030005		0210010008	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 15' 51.336" S 77º 9' 37.44" W		9º 15' 40.176" S 77º 10' 20.208" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5612 (Slant ± 45°) RX: 5483 (Slant ± 45°)		TX: 5483 (Slant ± 45°) RX: 5612 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-69		-69	
Canal	20 MHz		20 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	194.56	100 %	194.56	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	115.52	59.38 %	79.04	40.63 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	79.04	40.63 %	115.52	59.38 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	9		12	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		5	
Enlace				
Estación	Huamparán		Collota	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	284.62	5.22	104.62	-5.22
Distancia (Km) (4)	1.37		1.37	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	110.04		110.04	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-29.04		-29.04	
Margen de Fade (4)	39.96		39.96	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

26)Repetidor A - Pachachaca

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 50 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 476.16 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 193.2 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 476.16\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 193.2\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 171

Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor A – Pachachaca

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
113.4	79.8	193.2	279.49	196.67	476.16	40.57%

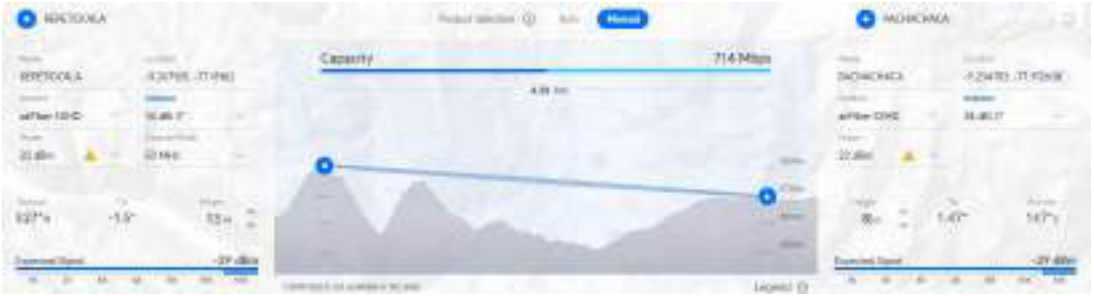
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Reptidor A y Sitio B corresponde a Pachachaca.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 161

Simulación del enlace Repetidor A – Pachachaca en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 162

Simulación del enlace Repetidor A – Pachachaca en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 172

Datos del enlace Repetidor A – Pachachaca

Datos de la estación				
Estación	Repetidor A		Pachachaca	
Ubicación	PRMX+592 Altitud: 3802.4 (m.s.n.m) (1)		I.E. Integrado 86333 Altitud: 3693 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay		Ancash,Huari, Huari,Pachachaca	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	-		0210010005	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 1.578" S 77º 9' 5.832" W		9º 14' 5.22" S 77º 10' 21.39" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5755 (Slant ± 45°) RX: 5820 (Slant ± 45°)		TX: 5820 (Slant ± 45°) RX: 5755 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-63		-63	
Canal	50 MHz		50 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	476.16	100 %	476.16	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	279.49	58.7 %	196.67	41.3 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	196.67	41.3 %	279.49	58.7 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	55.5		55.5	
Altura de Torre (m)	29		21	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	13		8	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	13		8	
Enlace				
Estación	Pachachaca		Repetidor A	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	327	-1.53	147	1.53
Distancia (Km) (4)	4.29		4.29	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	120.34		120.34	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-31.34		-31.34	
Margen de Fading (4)	31.66		31.66	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

27)Pachachaca – Yanagaga

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 30 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 291.84 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 131.60 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 291.84\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 131.60\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 173

Velocidades y capacidades en el enlace Pachachaca – Yanagaga

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
77	54.6	131.6	170.76	121.08	291.84	45.09%

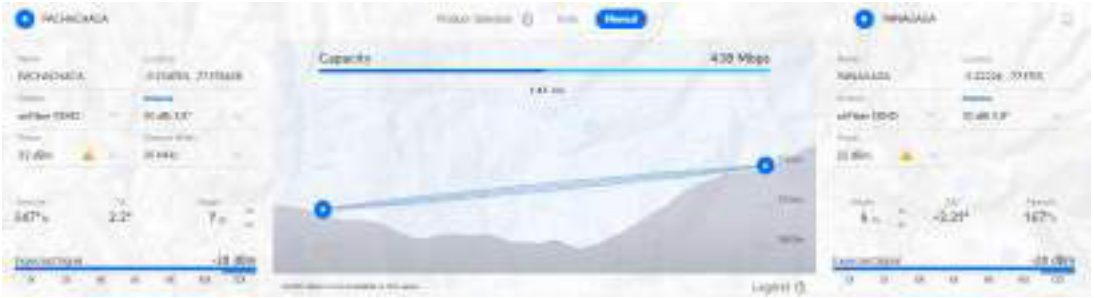
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Pachachaca y Sitio B corresponde a Yanagaga.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 163

Simulación del enlace Pachachaca – Yanagaga en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 164

Simulación del enlace Pachachaca – Yanagaga en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 174

Datos del enlace Pachachaca – Yanagaga

Datos de la estación				
Estación	Pachachaca		Yanagaga	
Ubicación	I.E. Integrado 86333 Altitud: 3693 (m.s.n.m) (1)		I.E. 86334-1 Altitud: 3748.6 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Pachachaca		Ancash,Huari, Huari,Yanagaga	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010005		0210010003	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 14' 5.22" S 77º 10' 21.39" W		9º 13' 20.064" S 77º 10' 31.8" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5617 (Slant ± 45°) RX: 5488 (Slant ± 45°)		TX: 5488 (Slant ± 45°) RX: 5617 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-67		-67	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	291.84	100 %	291.84	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	170.76	58.51 %	121.08	41.49 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	121.08	41.49 %	170.76	58.51 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	21		12	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		5	
Enlace				
Estación	Yanagaga		Pachachaca	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	347.02	2.14	167.02	-2.14
Distancia (Km) (4)	1.43		1.43	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	110.45		110.45	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-29.45		-29.45	
Margen de Fading (4)	37.55		37.55	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

28) Yanagaga – Tashta

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 20 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 194.56 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 64.40 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 194.56\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 64.40\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 175

Velocidades y capacidades en el enlace Yanagaga – Tashta

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
37.8	26.6	64.4	114.20	80.36	194.56	33.10%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Yanagaga y Sitio B corresponde a Tashta.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 165

Simulación del enlace Yanagaga – Tashta en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 166

Simulación del enlace Yanagaga – Tashta en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 176

Datos del enlace Yanagaga – Tashta

Datos de la estación				
Estación	Yanagaga		Tashta	
Ubicación	I.E. 86334-1 Altitud: 3748.6 (m.s.n.m) (1)		I.E. 86766-1 Tashta Altitud: 3830.9 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Yanagaga		Ancash,Huari, Huari,Tashta	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010003		0210010004	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 13' 20.064" S 77º 10' 31.8" W		9º 13' 37.806" S 77º 10' 56.724" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5523 (Slant ± 45°) RX: 5652 (Slant ± 45°)		TX: 5652 (Slant ± 45°) RX: 5523 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-69		-69	
Canal	20 MHz		20 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	194.56	100 %	194.56	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	114.20	58.7 %	80.36	41.3 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	80.36	41.3 %	114.20	58.7 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G23-S45		AF-5G23-S45	
Ganancia (dBi)	23		23	
Pire (dBm)	44.5		44.5	
Altura de Torre (m)	12		12	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		5	
Enlace				
Estación	Tashta		Yanagaga	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	234.56	4.86	54.56	-4.86
Distancia (Km) (4)	0.94		0.94	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	106.90		106.90	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-39.90		-39.90	
Margen de Fading (4)	29.10		29.10	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

29) Yanagaga – Sharco

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 10 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 92.16 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 21.47 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 92.16\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 21.47\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 177

Velocidades y capacidades en el enlace Yanagaga – Sharco

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
12.60	8.87	21.47	54.09	38.07	92.16	23.29%

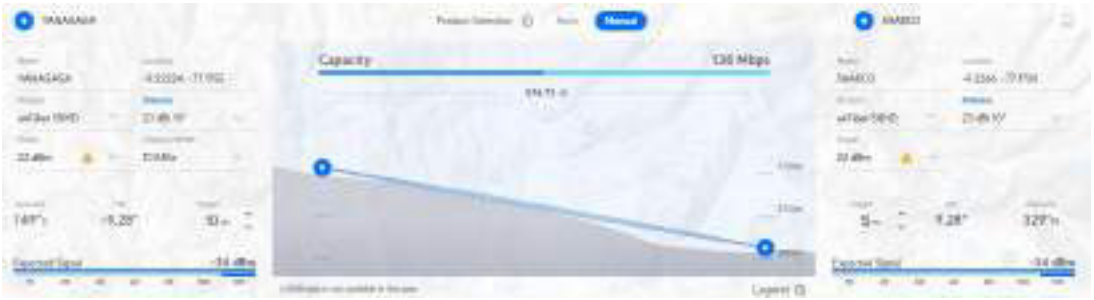
Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Yanagaga y Sitio B corresponde a Sharco.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 167

Simulación del enlace Yanagaga – Sharco en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 168

Simulación del enlace Yanagaga – Sharco en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 178

Datos del enlace Yanagaga – Sharco

Datos de la estación				
Estación	Yanagaga		Sharco	
Ubicación	I.E. 86334-1 Altitud: 3748.6 (m.s.n.m) (1)		I.E. 473 Inicial Jardin Altitud: 3662.3 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Yanagaga		Ancash,Huari, Cajay,Sharco	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010003		0210030003	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 13' 20.064" S 77º 10' 31.8" W		9º 13' 35.76" S 77º 10' 22.08" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5548 (Slant ± 45°) RX: 5677 (Slant ± 45°)		TX: 5677 (Slant ± 45°) RX: 5548 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-72		-72	
Canal	10 MHz		10 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	92.16	100 %	92.16	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	54.09	58.7 %	38.07	41.3 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	38.07	41.3 %	54.09	58.7 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G23-S45		AF-5G23-S45	
Ganancia (dBi)	23		23	
Pire (dBm)	44.5		44.5	
Altura de Torre (m)	12		6	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	10		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	10		5	
Enlace				
Estación	Sharco		Yanagaga	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	148.23	-9.10	328.23	9.10
Distancia (Km) (4)	0.57		0.57	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	102.55		102.55	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-35.55		-35.55	
Margen de Fade (4)	36.45		36.45	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

30)Huaritambo – Repetidor D

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 30 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 291.84 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 162.4 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 291.84\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 162.4\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 179

Velocidades y capacidades en el enlace Huaritambo – Repetidor D

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
92.40	70	162.4	166.05	125.79	291.84	55.65%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Huaritambo y Sitio B corresponde a Repetidor D.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 169

Simulación del enlace Huaritambo – Repetidor D en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 170

Simulación del enlace Huaritambo – Repetidor D en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 180

Datos del enlace Huaritambo – Repetidor D

Datos de la estación				
Estación	Huaritambo		Repetidor D	
Ubicación	Municipalidad de C.P. de Huaritambo Altitud: 3376.2 (m.s.n.m) (1)		PVC9+Q56 Altitud: 4391.4 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Huaritambo		Ancash,Huari, Cajay.	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030012		-	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 56.69" S 77º 9' 43.916" W		9º 16' 41.081" S 77º 7' 55.56" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5488 (Slant ± 45°) RX: 5617 (Slant ± 45°)		TX: 5617 (Slant ± 45°) RX: 5488 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-67		-67	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	291.84	100 %	291.84	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	166.05	56.9 %	125.79	43.1 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	125.79	43.1 %	166.05	56.9 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	15		33	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	14		32	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	14		32	
Enlace				
Estación	Repetidor D		Huaritambo	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	81.80	16.99	261.80	-16.99
Distancia (Km) (4)	3.38		3.38	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	117.92		117.92	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-30.92		-30.92	
Margen de Fading (4)	36.08		36.08	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

31)Repetidor D – Repetidor C

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 30 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 291.84 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 162.40 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 291.84\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 162.40\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 181

Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor D – Repetidor C

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
92.4	70	162.4	166.05	125.79	291.84	55.65%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Repetidor D y Sitio B corresponde a Repetidor C.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 171

Simulación del enlace Repetidor D – Repetidor C en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 172

Simulación del enlace Repetidor D – Repetidor C en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 182

Datos del enlace Repetidor D – Repetidor C

Datos de la estación				
Estación	Repetidor D		Repetidor C	
Ubicación	PVC9+Q56 Altitud: 4391.4 (m.s.n.m) (1)		PVFR+H2Q Altitud: 4388.1 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay		Ancash,Huari, Cajay	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	-		-	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 41.081" S 77º 7' 55.56" W		9º 16' 33.715" S 77º 6' 35.568" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5677 (Slant ± 45°) RX: 5548 (Slant ± 45°)		TX: 5548 (Slant ± 45°) RX: 5677 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-67		-67	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	291.84	100 %	291.84	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	166.05	56.9 %	125.79	43.1 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	125.79	43.1 %	166.05	56.9 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	53.5		53.5	
Altura de Torre (m)	33		12	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	16		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	16		5	
Enlace				
Estación	Repetidor C		Repetidor D	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	84.74	-0.33	264.74	0.33
Distancia (Km) (4)	2.48		2.48	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	115.33		115.33	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-28.33		-28.33	
Margen de Fading (4)	38.67		38.67	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

32)Repetidor C – Queroragra

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 20 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 194.56 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 85.87 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 194.56\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 85.87\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 183

Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor C – Queroragra

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
50.40	35.47	85.87	114.20	80.36	194.56	44.13%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Repetidor C y Sitio B corresponde a Queroragra.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 173

Simulación del enlace Repetidor C – Queroragra en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 174

Simulación del enlace Repetidor C – Queroragra en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 184

Datos del enlace Repetidor C – Queroragra

Datos de la estación				
Estación	Repetidor C		Queroragra	
Ubicación	PVFR+H2Q Altitud: 4388.1 (m.s.n.m) (1)		Municipalidad de C.P. de Queroragra Altitud: 3769.8 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay		Ancash,Huari, Cajay,Queroragra	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	-		0210030013	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 33.715" S 77º 6' 35.568" W		9º 17' 27.462" S 77º 4' 25.896" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5503 (Slant ± 45°) RX: 5632 (Slant ± 45°)		TX: 5632 (Slant ± 45°) RX: 5503 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-69		-69	
Canal	20 MHz		20 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	194.56	100 %	194.56	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	114.20	58.7 %	80.36	41.3 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	80.36	41.3 %	114.20	58.7 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	12		12	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	9		10	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	9		10	
Enlace				
Estación	Queroragra		Repetidor C	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	112.51	-8.10	292.51	8.10
Distancia (Km) (4)	4.34		4.34	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	120.10		120.10	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-39.10		-39.10	
Margen de Fading (4)	29.90		29.90	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

33)Repetidor C – Paro

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 20 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 194.56 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 76.53 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 194.56\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 76.53\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 185

Velocidades y capacidades en el enlace Repetidor C – Paro

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
42	34.53	76.53	106.77	87.79	194.56	39.34%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Repetidor C y Sitio B corresponde a Paro.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 175

Simulación del enlace Repetidor C – Paro en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 176

Simulación del enlace Repetidor C – Paro en RadioMobile



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 186

Datos del enlace Repetidor C – Paro

Datos de la estación				
Estación	Repetidor C		Paro	
Ubicación	PVFR+H2Q Altitud: 4388.1 (m.s.n.m) (1)		I.E. 86441 Altitud: 3883.7 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay		Ancash,Huari, Cajay,Paro	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	-		0210030014	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 33.715" S 77º 6' 35.568" W		9º 17' 35.412" S 77º 3' 56.16" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5583 (Slant ± 45°) RX: 5712 (Slant ± 45°)		TX: 5712 (Slant ± 45°) RX: 5583 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-69		-69	
Canal	20 MHz		20 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	194.56	100 %	194.56	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	106.77	54.88 %	87.79	45.12 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	87.79	45.12 %	106.77	54.88 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	12		27	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	10		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	10		5	
Enlace				
Estación	Paro		Repetidor C	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	111.16	-5.51	291.16	5.51
Distancia (Km) (4)	5.28		5.28	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	121.94		121.94	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-40.94		-40.94	
Margen de Fading (4)	28.06		28.06	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

34)Paro – Buena Vista de Cachuna

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 20 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 194.56 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 45.73 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 194.56\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 45.73\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 187

Velocidades y capacidades en el enlace Paro – Buena Vista de Cachuna

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
25.20	20.53	45.73	107.21	87.35	194.56	23.51%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Paro y Sitio B corresponde a Buena Vista de Cachuna.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 177

Simulación del enlace Paro – B. Vista de Cachuna en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 178

Simulación del enlace Paro – Buena Vista de Cachuna



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 188

Datos del enlace Paro – Buena Vista de Cachuna

Datos de la estación				
Estación	Paro		Buena Vista de Cachuna	
Ubicación	I.E. 86441 Altitud: 3883.7 (m.s.n.m) (1)		I.E. 86055 Altitud: 3686.9 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Paro		Ancash,Huari, Cajay,Buena Vista de Cachuna	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030014		0210030009	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 17' 35.412" S 77º 3' 56.16" W		9º 16' 43.176" S 77º 4' 30.72" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5672 (Slant ± 45°) RX: 5543 (Slant ± 45°)		TX: 5543 (Slant ± 45°) RX: 5672 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-69		-69	
Canal	20 MHz		20 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	194.56	100 %	194.56	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	107.21	55.1 %	87.35	44.9 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	87.35	44.9 %	107.21	55.1 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	27		42	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	26		41	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	26		41	
Enlace				
Estación	Buena Vista de Cachuna		Paro	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	326.51	-5.37	146.51	5.37
Distancia (Km) (4)	1.93		1.93	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	113.16		113.16	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-32.16		-32.16	
Margen de Fading (4)	36.84		36.84	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

35)Buena Vista de Cachuna – Chacaragra

Para poder hacer la simulación o cálculo de este enlace primero debemos saber la capacidad que debe tener dicho enlace lo cual va a depender de la velocidad efectiva agregada que ocupe el enlace y según esto establecer los parámetros de ancho de canal y modulación los cuales fijan dicha capacidad.

Según la hoja de datos del fabricante de la radio microondas se sabe que para la tasa de modulación de 8X o 256 QAM y el ancho de canal de 10 MHz se otorga al enlace una capacidad agregada de 92.16 Mbps, suficiente para cubrir la velocidad efectiva agregada que se requiere en este radioenlace, la cual es de 32.67 Mbps, tal como se analizó en el cuadro 117.

$$Capacidad\ agregada = 92.16\ Mbps$$

$$Velocidad\ agregada\ efectiva = 32.67\ Mbps$$

Como ya se observó anteriormente para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, las cuales se detallaron en el cuadro 117. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 189

Velocidades y capacidades en el enlace B. Vista de Cachuna – Chacaragra

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
18.20	14.47	32.67	51.35	40.81	92.16	35.45%

Nota. TX_A y TX_B se refiere a transmisión del Sitio A y Sitio B respectivamente, RX_A y RX_B se refiere a recepción del Sitio A y Sitio B respectivamente. Sitio A corresponde a Buena Vista de Cachuna y Sitio B corresponde a Chacaragra.

Simulación en ISP Design Center

Se realiza la simulación con el software del fabricante introduciendo los siguientes datos: coordenadas de los sitios, altura de la antena, potencia de transmisión, ancho de banda, y ganancia de la antena. En dicha simulación hay que tener en cuenta el ancho de canal que ya se planteó elegir previamente.

Figura 179

Simulación del enlace B. Vista de Cachuna – Chacaragra en UISP Design Center



Simulación en Radiomobile

También se realizó la simulación en el software Radiomobile insertando los mismos parámetros que se utilizaron en el simulador del fabricante, y además

de otros dos datos adicionales, uno de ellos es la sensibilidad del radioreceptor, el cual depende de la combinación de ancho de canal con la tasa de modulación elegida para el enlace, y el otro dato es la pérdida de línea, la cual consideramos 0.5 dB tal como ya se había explicado en la simulación del primer enlace.

Figura 180

Simulación del enlace Buena Vista de Cachuna – Chacaragra



Cálculo con ecuaciones del marco teórico

Del mismo modo como se vio anteriormente se realizará el cálculo del enlace con la información vista en el apartado “Características y parámetros cuantitativos de los radioenlaces microondas” del marco teórico. A continuación, se presentan los datos de la estación, equipamiento y sistema radiante, los cuales son datos que ya se fijaron y sirven para hacer los respectivos cálculos de enlace, y por último se presentan los cálculos de enlace obtenidos.

Cuadro 190

Datos del enlace Buena Vista de Cachuna – Chacaragra

Datos de la estación				
Estación	Buena Vista de Cachuna		Chacaragra	
Ubicación	I.E. 86055 Altitud: 3686.9 (m.s.n.m) (1)		I.E. 86338 Altitud: 3534.6 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Cajay,Buena Vista de Cachuna		Ancash,Huari, Cajay,Chacaragra	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210030009		0210030007	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 16' 43.176" S 77º 4' 30.72" W		9º 15' 56.196" S 77º 5' 15" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5478 (Slant ± 45°) RX: 5607 (Slant ± 45°)		TX: 5607 (Slant ± 45°) RX: 5478 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	22		22	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-72		-72	
Canal	10 MHz		10 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	92.16	100 %	92.16	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	51.35	55.71 %	40.81	44.29 %
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	40.81	44.29 %	51.35	55.71 %
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G30-S45		AF-5G30-S45	
Ganancia (dBi)	30		30	
Pire (dBm)	51.5		51.5	
Altura de Torre (m)	42		6	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	7		5	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	7		5	
Enlace				
Estación	Chacaragra		Buena Vista de Cachuna	
Azimut (°) / Tilt (°) (4)	316.69	-4.42	136.69	4.42
Distancia (Km) (4)	1.99		1.99	
Pérdida de espacio libre (dBm) (4)	113.32		113.32	
Potencia de recepción (dBm) (4)	-32.32		-32.32	
Margen de Fade (4)	39.68		39.68	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

5.3.2 Simulación y cálculo de enlaces punto a punto de la red de acceso

1) Huari – UGEL Huari

Para establecer el enlace Huari – UGEL Huari, primero se debe conocer el ancho de banda total requerido para los servidores de teleeducación que se proyectan instalar en la UGEL Huari. El ancho de banda total requerido para los servidores de teleeducación será la suma de los anchos de banda tanto de subida como de bajada de los servidores de datos, telefonía IP, y videoconferencia. Según el cuadro 113 la velocidad efectiva de subida y bajada requerida en teleeducación es de 394.80 Mbps, lo cual hace un total de 789.60 Mbps de velocidad efectiva agregada, ya que en la intranet el ancho de banda debe ser simétrico. Entonces sabiendo la velocidad efectiva requerida en la UGEL-Huari se procederá a diseñar un enlace que pueda tener una capacidad suficiente, es así que se utilizará la banda de 5.470 – 5.725 GHz, específicamente en el canal de 100 MHz a una tasa de modulación de 12X o 4096 QAM, el cual brinda una capacidad de 1313.28 Mbps.

Cuadro 191

Asignación de canal en el enlace Huari – UGEL Huari

Sitio A	Altura torre A (m)	Altura antena A (m)	Frecuencia Tx A (MHz)	Frecuencia Rx A (MHz)	Rango canal Tx A (MHz)	Rango canal Rx A (MHz)	Ancho del canal (MHz)	Sitio B
Huari	30	19	5531	5664	5481-5581	5614-5714	100	UGEL Huari

Para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del

respectivo enlace, pero como se trata de un servicio de intranet se sabe que estas velocidades son simétricas. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 192

Velocidades y capacidades en el enlace Huari – UGEL Huari

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
394.80	394.80	789.60	656.64	656.64	1313.28	60.12%

De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular el enlace microondas Huari – UGEL Huari, cuyos equipos serán “airFiber AF-5X HD” cada uno de ellos conectado a una antena Ubiquiti AF-5G34-S45 en cada punto del enlace.

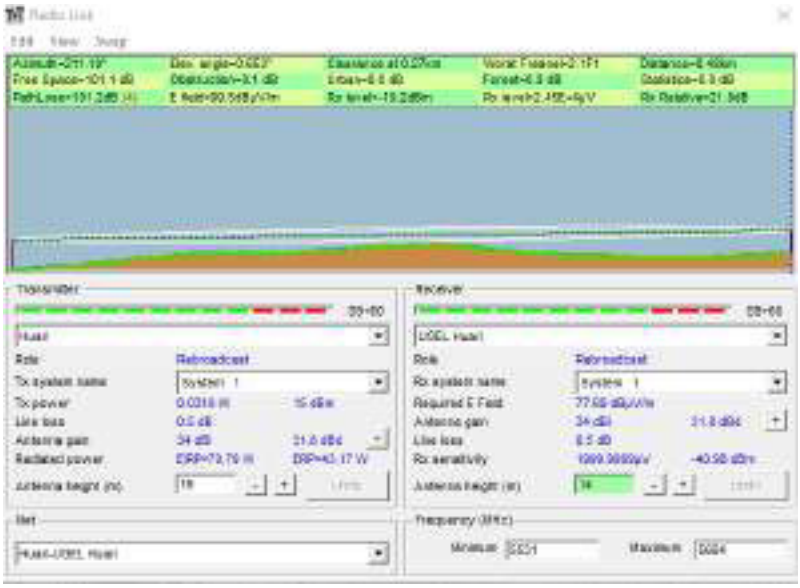
Figura 181

Simulación del enlace Huari – UGEL Huari en UISP Design Center



Figura 182

Simulación del enlace Huari – UGEL Huari en RadioMobile



Cuadro 193

Datos del enlace Huari – UGEL Huari

Datos de la estación				
Estación	Huari		UGEL Huari	
Ubicación	Municipalidad Provincial de Huari Altitud: 3097 (m.s.n.m) (1)		UGEL Huari Av. Magisterial 195 Altitud: 3095.7 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Huari		Ancash,Huari, Huari,Huari	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010001		0210010001	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 20' 55.7" S 77º 10' 22.8" W		9º 21' 2.808" S 77º 10' 22.332" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5531 (Slant ± 45°) RX: 5664 (Slant ± 45°)		TX: 5664 (Slant ± 45°) RX: 5531 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	15		15	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-39		-39	
Canal	100 MHz		100 MHz	
Modulación	4096 QAM		4096 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	1313.28	100 %	1313.28	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	656.64	50%	656.64	50%
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	656.64	50%	656.64	50%
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G34-S45		AF-5G34-S45	
Ganancia (dBi)	34		34	
Pire (dBm)	48.5		48.5	
Altura de Torre (m)	30		15	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	19		14	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	19		14	
Enlace				
Estación	UGEL Huari		Huari	
Azimut (°) / Tilt (°)	211.55	0.69	31.55	-0.69
Distancia (Km)	0.49		0.49	
Pérdida de espacio libre (dBm)	101.15		101.15	
Potencia de recepción (dBm)	-19.15		-19.15	
Margen de Fading	19.85		19.85	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

2) Huari – Centro Médico de Huari

Para establecer el enlace Nodo Principal – Centro Médico Huari, primero se debe conocer el ancho de banda total requerido para los servidores de telemedicina que se proyectan instalar en el Centro Médico de Huari. El ancho de banda total requerido para los servidores de telemedicina será la suma de los anchos de banda tanto de subida como de bajada de los servidores de datos, telefonía IP, y videoconferencia. Según el cuadro 113 la velocidad efectiva de subida y bajada requerida en telemedicina es de 47.60 Mbps, lo cual hace un total de 95.20 Mbps de velocidad efectiva agregada, ya que en la intranet el ancho de banda debe ser simétrico. Entonces sabiendo la velocidad efectiva requerida en el Centro médico Huari se procederá a diseñar un enlace que pueda tener una capacidad suficiente, es así que se utilizará la sub-banda de 5.725 – 5.850 GHz, específicamente en el canal de 30 MHz a una tasa de modulación de 8X o 256 QAM, el cual brinda una capacidad de 291.84 Mbps.

Cuadro 194

Asignación de canal en el enlace Huari – Centro Médico Huari

Sitio A	Altura torre A (m)	Altura antena A (m)	Frecuencia Tx A (MHz)	Frecuencia Rx A (MHz)	Rango canal Tx A (MHz)	Rango canal Rx A (MHz)	Ancho del canal (MHz)	Sitio B
Huari	30	11	5731	5794	5756-5786	5819-5849	30	Centro Médico Huari

Para determinar qué porcentaje se debe establecer a la capacidad de subida y bajada en cada equipo del enlace microondas lo que se debe hacer es calcular dichas capacidades de tal forma que se encuentren en la misma proporción que las velocidades efectivas de subida y bajada en la estación del respectivo enlace, pero como se trata de un servicio de intranet se sabe que

estas velocidades son simétricas. En el siguiente cuadro se ordenan y detallan los resultados de capacidad calculados.

Cuadro 195

Velocidades y capacidades en el enlace Huari – Centro Médico Huari

Velocidad Tx_A ó Rx_B efectiva (Mbps)	Velocidad Tx_B ó Rx_A efectiva (Mbps)	Velocidad agregada efectiva (Mbps)	Capacidad Tx_A ó Rx_B (Mbps)	Capacidad Tx_B ó Rx_A (Mbps)	Capacidad agregada (Mbps)	Máx. ocupación de capacidad (%)
47.60	47.60	95.20	145.92	145.92	291.84	32.62%

De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular el enlace microondas Huari – Centro Médico Huari, cuyos equipos serán “airFiber AF-5X HD” cada uno de ellos conectado a una antena Ubiquiti AF-5G23-S45 en cada punto del enlace.

Figura 183

Simulación del enlace Huari – Centro Médico Huari en UISP Design Center



Figura 184

Simulación del enlace Huari – Centro Médico Huari en RadioMobile



Cuadro 196

Datos del enlace Huari – Centro Médico Huari

Datos de la estación				
Estación	Huari		Centro Médico Huari	
Ubicación	Municipalidad Provincial de Huari Altitud: 3097 (m.s.n.m) (1)		Centro Médico Huari Jr. San Martin 1105 Altitud: 3098.6 (m.s.n.m) (1)	
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad	Ancash,Huari, Huari,Huari		Ancash,Huari, Huari,Huari	
Código INEI 2007 (Ubigeo)	0210010001		0210010001	
Coordenadas Geográficas (WGS-84)	9º 20' 55.7" S 77º 10' 22.8" W		9º 20' 58.056" S 77º 10' 24.42" W	
Frecuencias (MHz) / Polarización	TX: 5771 (Slant ± 45°) RX: 5834 (Slant ± 45°)		TX: 5834 (Slant ± 45°) RX: 5771 (Slant ± 45°)	
Configuración	1+0		1+0	
Equipamiento				
Potencia de transmisión (dBm)	20		20	
Sensabilidad de recepción (dBm)	-67		-67	
Canal	30 MHz		30 MHz	
Modulación	256 QAM		256 QAM	
Capacidad agregada (Mbps) / (%)	291.84	100 %	291.84	100 %
Capacidad de Tx (Mbps) / (%)	145.92	50%	145.92	50%
Capacidad de Rx (Mbps) / (%)	145.92	50%	145.92	50%
Sistema radiante				
Tipo de Antena	Directiva		Directiva	
Marca	Ubiquiti		Ubiquiti	
Modelo	AF-5G23-S45		AF-5G23-S45	
Ganancia (dBi)	23		23	
Pire (dBm)	42.5		42.5	
Altura de Torre (m)	30		15	
Altura de Edificio (m)	0		0	
Altura Instalada (m) (2)	11		15	
Distancia de la antena a todo punto accesible por las personas (m) (3)	11		15	
Enlace				
Estación	Centro Médico Huari		Huari	
Azimut (°) / Tilt (°)	229.92	2.44	49.92	-2.44
Distancia (Km)	0.41		0.41	
Pérdida de espacio libre (dBm)	100.04		100.04	
Potencia de recepción (dBm)	-35.04		-35.04	
Margen de Fading	31.96		31.96	

Nota. (1) deberá utilizar un altímetro para la medición. (2) altura desde el suelo donde se instaló la antena. (3) diferencia entre la altura de instalación y la del edificio. (4) calculado según la teroría vista en el acápite 2.1.2.

5.3.3 Simulación y cálculo de los enlaces punto a multipunto de la red de acceso

1) A.P. Huari

La localidad de Huari tiene 5 instituciones beneficiarias, sin embargo, para la red de acceso solo se tendrán en cuenta 3 ya que las otras 2 mantendrán enlaces dedicados con el nodo principal, el sitio en donde estará ubicada la torre con los equipos Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la Municipalidad Provincial de Huari es decir dicha institución dará cobertura a las 2 instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir en cada una de ellas observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren los beneficiarios, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 185

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Huari en UISP Design Center



Cuadro 197

Datos del A.P. Huari según simulación

Municipalidad Provincial de Huari (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Huari	-9.34707	-77.17061	28	60	185	50	50

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones suscriptoras que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Huari con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 198

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Huari según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	Municipalidad Provincial de Huari (A.P.)
I.E. Silvia Ruff	-9.34910	-77.17120	4	16	0.1	235.8	39	AP1-Huari
I.E. Manuel Gonzalez Prada	-9.35070	-77.17250	14	27	1.08	455.1	39	AP1-Huari

2) A.P. Acopalca

La localidad de Acopalca tiene 3 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la I.E. 86331 es decir dicha institución dará cobertura a las 2 instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir en cada una de ellas observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren los beneficiarios, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 186

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Acopalca en UISP Design Center



Cuadro 199

Datos del A.P. Acopalca según simulación

I.E. 86331 (A. P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Acopalca	-9.32704	-77.18598	35	60	173	36	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Acopalca con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 200

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Acopalca según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	I.E. 86331 (A.P.)
I.E. 281	-9.32940	-77.18580	36	356	2.8	268.8	39	AP1-Acopalca
Local Comunal	-9.33004	-77.18558	20	353	4.22	337.8	39	AP1-Acopalca

3) A.P. Yacya

La localidad de Yacya tiene 4 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la Municipalidad de centro poblado de Yacya, es decir dicha institución dará cobertura a las 3 instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir en cada una de ellas observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren los beneficiarios, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 187

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Yacya en UISP Design Center



Cuadro 201

Datos del A.P. Acopalca según simulación

Municipalidad de C.P. de Yacya (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Yacya	-9.38484	-77.16880	8	60	307	41	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Acopalca con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 202

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Yacya según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	Municipalidad de C.P. de Yacya (A.P.)
I.E. 324	-9.32940	-77.18580	4	142	3.11	161.1	39	AP1-Yacya
I.E. 86329 María Jiray	-9.33004	-77.18558	4	109	1.43	116.2	39	AP1-Yacya
Puesto de Salud Yacya	-9.38012	-77.17204	5	146	0.47	634.9	39	AP1-Yacya

4) A.P. Huamparán

La localidad de Huamparán tiene 4 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la I.E. Secundaria Nuestra Señora de Guadalupe es decir dicha institución dará cobertura a las 3 instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir en cada una de ellas observamos que será suficiente con utilizar una antena omnidireccional de 360°. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMax AMO-5G13 la cual tiene una ganancia de 13 dBi.

Figura 188

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Huamparán en UISP Design Center



Cuadro 203

Datos del A.P. Huamparán según simulación

I.E. Secundaria Nuestra Señora de Guadalupe (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Huamparan	-9.26116	-77.17228	10	360	-	36	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Huamparan con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 204

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Huamparán según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	I.E. Secundaria Nuestra Señora de Guadalupe (A.P.)
I.E. 86328 Sagrado Corazon De Jesus	-9.2624	-77.1721	8	352	2.04	139.6	39	AP1-Huamparan
I.E. Puesto de Salud II de Huamparan	-9.25962	-77.17274	3	164	-3.13	179.1	39	AP1-Huamparan

5) A.P. Mallas

La localidad de Mallas tiene 3 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de

esta localidad, que corresponde a la I.E. 86327, es decir dicha institución dará cobertura a las 2 instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir en cada una de ellas observamos que será suficiente con utilizar una antena omnidireccional de 360°. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMax AMO-5G13 la cual tiene una ganancia de 13 dBi.

Figura 189

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Mallas en UISP Design Center



Cuadro 205

Datos del A.P. Mallas según simulación

I.E. 86327 (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antenna (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Mallas	-9.40204	-77.19098	10	360	-	36	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Mallas con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 206

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Mallas según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	I.E. 86327 (A.P.)
I.E. Virgen del Carmen	-9.4012	-77.1893	10	243	-15.68	215	21	AP1-Mallas
Puesto de Salud de Mallas	-9.40185	-77.19504	4	93	1.66	446	31	AP1-Mallas

6) A.P. Ampas

La localidad de Ampas tiene 2 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la I.E. 86330 es decir dicha institución dará cobertura a la otra institución restante. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren el beneficiario, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del

Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 190

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Ampas en UISP Design Center



Cuadro 207

Datos del A.P. Ampas según simulación

I.E. 86330 (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP-Ampas	-9.35541	-77.18290	5	60	180	36	20

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Ampas con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 208

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Ampas según simulación

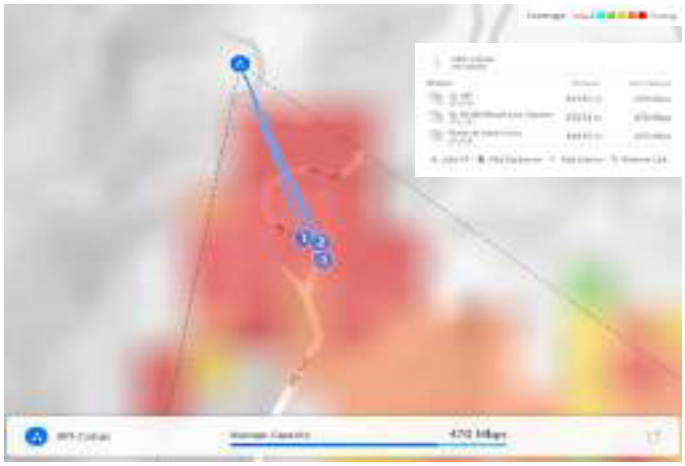
Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	I.E. Primaria Ampas (A.P.)
I.E. Los Huanchacos	-9.3558	-77.1829	3	0	0.87	43.4	25	AP1-Ampas

7) A.P. Colcas

La localidad de Colcas tiene 4 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la Municipalidad del centro poblado de Colcas, es decir dicha institución dará cobertura a las 3 instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren el beneficiario, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 191

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Colcas en UISP Design Center



Cuadro 209

Datos del A.P. Colcas según simulación

Municipalidad de C.P. de Colcas (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Colcas	-9.315802	-77.17097	15	60	160	36	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Colcas con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 210

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Colcas según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	Municipalidad de C.P. de Colcas (A.P.)
I.E. 287	-9.3205	-77.1695	10	343	8.26	553.6	26	AP1-Colcas
I.E. 86326 Manuel Lora Camones	-9.3206	-77.1691	10	339	8.25	578.7	27	AP1-Colcas
Puesto de Salud Colcas	-9.32106	-77.16904	10	340	8.01	629.2	25	AP1-Colcas

8) A.P. Pachachaca

La localidad de Pachachaca tiene 2 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con los equipos Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la I.E. Integrado 86333 es decir dicha institución dará cobertura a la otra institución restante. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentre el beneficiario, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 192

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Pachachaca en UISP Design Center



Cuadro 211

Datos del A.P. Pachachaca según simulación

I.E. Integrado 86333 (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Pachachaca	-9.23478	-77.17261	20	60	169	36	20

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Pachachaca con el equipo A.P. ue se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 212

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Pachachaca según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	I.E. Integrado 86333 (A.P.)
I.E. 2619	-9.24130	-77.1714	12	350	0.32	738.3	35	AP1-Pachachaca

9) A.P. Tashta

La localidad de Pachachaca tiene 3 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con los equipos Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la I.E. 86766-1, es decir dicha institución dará cobertura a las otras instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren los beneficiarios, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 193

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Tashta en UISP Design Center



Cuadro 213

Datos del A.P. Tashta según simulación

I.E. 86766-1 (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Tashta	-9.22717	-77.18242	10	60	138	36	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Tashta con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 214

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Tashta según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	I.E. 86766-1 (A.P.)
I.E. 91	-9.22740	-77.18220	4	317	9.54	35.6	39	AP1-Tashta
Centro de Promocion y Vigilancia Comunal	-9.22799	-77.18019	10	290	10.9	266.5	39	AP1-Tashta

10) A.P. Huamantanga

La localidad de Huamantanga tiene 3 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con los equipos Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la Municipalidad de centro poblado de Huamantanga, es decir dicha institución dará cobertura a las otras instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena omnidirecional de 360°. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMax AMO-5G13 la cual tiene una ganancia de 13 dBi.

Figura 194

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Huamantanga en UISP Design Center



Cuadro 215

Datos del A.P. Huamantanga según simulación

Municipalidad de C.P. de Huamantanga (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Huamantanga	-9.29931	-77.16970	10	360	-	20	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Huamantanga con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 216

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Huamantanga según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	Municipalidad de C.P. de Huamantanga (A.P.)
I.E. 420	-9.29810	-77.16920	4	202	3.65	145.8	39	AP1-Huamantanga
I.E. 86332	-9.29950	-77.16930	4	296	14.22	50.1	39	AP1-Huamantanga

11)A.P. Cajay

La localidad de Cajay tiene 3 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la Municipalidad distrital de Cajay es decir dicha institución dará cobertura a las otras instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren los beneficiarios, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 195

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Cajay en UISP Design Center



Cuadro 217

Datos del A.P. Cajay según simulación

Municipalidad Distrital de Cajay (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP-Cajay	-9.32582	-77.15754	10	60	346	36	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Cajay con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 218

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Cajay según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	Vivienda Particular (A.P.)
I.E. 86335	-9.32256	-77.15780	8	176	-1.16	364.3	39	AP1-Cajay
I.E. Mariano Melgar Valdiviezo	-9.32272	-77.15860	5	161	-0.57	364.4	39	AP1-Cajay
Posta Médica de Cajay	-9.32150	-77.15820	5	171	-1.56	486.8	39	AP1-Cajay

12)A.P. Huaritambo

La localidad de Huaritambo tiene 3 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la Municipalidad de Centro Poblado de Huaritambo es decir dicha institución dará cobertura a las otras instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 120°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren los beneficiarios, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5G19-120 la cual tiene una ganancia de 19 dBi.

Figura 196

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Huaritambo en UISP Design Center



Cuadro 219

Datos del A.P. Huaritambo según simulación

Municipalidad de C.P. de Huaritambo (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Huaritambo	-9.28241	-77.16220	5	120	30	36	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Cajay con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 220

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Huaritambo según simulación

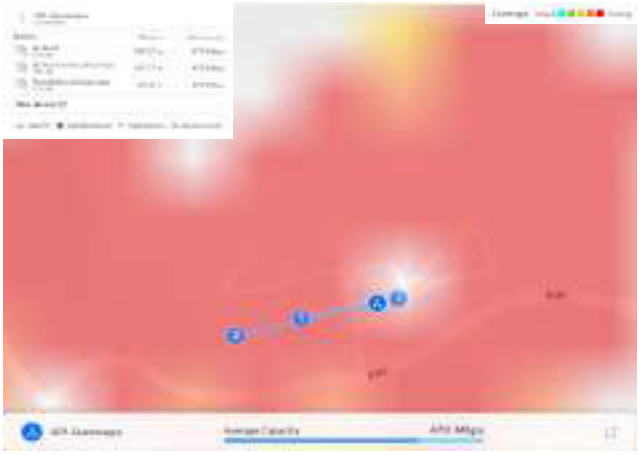
Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	I.E. 86393 (A.P.)
I.E. 422	-9.28227	-77.16120	3	262	-0.02	111	39	AP1-Huaritambo
Posta de salud de Huaritambo	-9.28200	-77.16200	4	206	3.13	51	39	AP1-Huaritambo
I.E. 86393	-9.28224	-77.16220	4	180	4.57	19	39	AP1-Huaritambo

13)A.P. Queroragra

La localidad de Queroragra tiene 4 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde al Consejo Municipal de Queroragra es decir dicha institución dará cobertura a las otras instituciones restantes. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena omnidireccional de 360°. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMax AMO-5G13 la cual tiene una ganancia de 13 dBi.

Figura 197

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Queroragra en UISP Design Center



Cuadro 221

Datos del A.P. Queroragra según simulación

Municipalidad de C.P. de Queroragra (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Queroragra	-9.29096	-77.07386	10	360	-	36	40

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Queroragra con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 222

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Queroragra según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	Municipalidad de C.P. de Queroragra (A.P.)
I.E. 86337	-9.29118	-77.07480	4	77	2.7	106.3	39	AP1-Queroragra
I.E. Inca Garcilazo De La Vega	-9.29141	-77.07560	8	75	1.15	197.8	39	AP1-Queroragra
Posta Médica de Queroragra	-9.29090	-77.07360	4	257	5.54	29.4	39	AP1-Queroragra

14)A.P. Cayas

La localidad de Cayas tiene 2 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la I.E 86394 es decir dicha institución dará cobertura a la otra institución restante. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren los beneficiarios, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 198

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Cayas en UISP Design Center



Cuadro 223

Datos del A.P. Cayas según simulación

I.E 86394 (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Cayas	-9.30995	-77.1609	10	60	20	36	20

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Cayas con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 224

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Cayas según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	I.E 86394 (A.P.)
I.E. 387	-9.30925	-77.16070	4	196	-0.22	81	39	AP1-Cayas

15)A.P. Paro

La localidad de Paro tiene 2 instituciones beneficiarias, el sitio en donde estará ubicada la torre con el equipo Access-Point de 5 GHz es el nodo de esta localidad, que corresponde a la I.E 86441 es decir dicha institución dará cobertura a la otra institución restante. De esta manera ubicando cada una de las instituciones beneficiarias en el mapa y considerando el número de instituciones y la capacidad a repartir observamos que será suficiente con utilizar una antena sectorial de 60°, hay que tener en cuenta que es importante cubrir aquella área donde se encuentren los beneficiarios, es decir no hay necesidad de cubrir aquellos espacios sin instituciones. De esta forma se utilizará el simulador del fabricante Ubiquiti para simular la cobertura del Access-Point “LTU-Rocket” el cual estará conectado a una antena AirMAX AM-5AC21-60 la cual tiene una ganancia de 21 dBi.

Figura 199

Simulación del mapa de cobertura del A.P. Paro en UISP Design Center



Cuadro 225

Datos del A.P. Paro según simulación

I.E 86441 (A.P.)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Ancho de Haz (°)	Azimuth (°)	PIRE (dBm)	Ancho de canal (MHz)
AP1-Paro	-9.29317	-77.06560	4	60	30	36	20

A continuación, se muestra los detalles de radioenlace de las estaciones cliente que se encuentran en las instituciones beneficiarias de la localidad de Paro con el equipo A.P. que se encuentra en el nodo de la misma localidad, cabe recordar que los equipos estación que se instalarán en las instituciones beneficiarias serán de la marca Ubiquiti y modelo LTU-LR el cual posee una antena integrada de 26 dBi de ganancia.

Cuadro 226

Datos de las estaciones suscriptoras con el A.P. Paro según simulación

Institución Beneficiaria (Estacion)	Latitud	Longitud	Altura de antena (m)	Azimuth (°)	Tilt (°)	Distancia a A.P. (m)	PIRE (dBm)	I.E 86441 (A.P.)
I.E. Los Jilgeros	-9.29236	-77.06510	11	211	3.53	105.8	39	AP1-Paro

5.3.4 Tipos y cantidad de enlaces en el diseño inalámbrico

Cuadro 227

Tipos y cantidad de enlaces en el diseño inalámbrico

N°	Tipo de enlace	Cantidad
1	Enlaces Punto a Punto	
1.1	Enlaces de la red de transporte (Físicos)	37
1.1.1	Enlaces con ganancia de 23 dBi	8
1.1.2	Enlaces con ganancia de 30 dBi	12
1.1.3	Enlaces con ganancia de 34 dBi	17
1.2	Enlaces dedicados de la red de acceso (Físicos)	2
1.2.1	Enlaces con ganancia de 23 dBi	1
1.2.2	Enlaces con ganancia de 34 dBi	1
Subtotal		39
2	Enlaces Punto a Multipunto	
2.1	Enlaces de la red de acceso (Nodos con Access Point)	15
2.1.1	Enlaces con antenas sectoriales de 60°	10
2.1.2	Enlaces con antenas sectoriales de 120°	1
2.1.3	Enlaces con antenas omnidireccionales de 360°	4
2.2	Antenas suscriptoras para Access Point	31
Subtotal		15

5.3.5 Capacidad total de subida y bajada en la red de transporte

La capacidad total de subida en el nodo principal o nodo Huari es de 2.04 Gbps, es decir esta es la cantidad máximo de tráfico con la que se puede saturar al nodo principal enviando tráfico desde todos los nodos (red de transporte) y redes de acceso de la red inalámbrica que se diseñó.

La capacidad total de bajada en el nodo principal o nodo Huari es de 2.39 Gbps, es decir esta es la cantidad máximo de tráfico que puede enviarse desde el nodo principal hacia todos los nodos (red de transporte) y redes de acceso en la red inalámbrica que se diseñó.

La capacidad agregada en el nodo principal es de 4.44 Gbps, por definición este valor solo expresa la suma de la capacidad total de subida y bajada. Los cálculos del valor de estas capacidades se detallan en el cuadro 228.

Cuadro 228

Capacidad total de subida y bajada en el nodo principal de la red de transporte

NODO PRINCIPAL (NODO HUARI)				
Tipo de enlaces	**Nombre de enlaces**	**Capacidad de subida (Mbps)**	**Capacidad de bajada (Mbps)**	**Capacidad agregada (Mbps)**
PTP - Transporte	HUARI-CAJAY_1	408.64 [(a)]	295.36 [(a)]	704 [(a)]
	HUARI-CAJAY_2	408.64 [(b)]	295.36 [(b)]	704 [(b)]
	HUARI-CUSHIN	274.85 [(c)]	211.55 [(c)]	486.40 [(c)]
	HUARI-HUANCARPATA	209.22 [(d)]	155.58 [(d)]	364.80 [(d)]
PTP - Acceso	HUARI-UGEL-Huari	656.64 [(e)]	656.64 [(e)]	1313.28 [(e)]
	HUARI-Centro Medico Huari	145.92 [(f)]	145.92 [(f)]	291.84 [(f)]
PTMP - Acceso	AP1-Huari	291.2 [(g)]	282.8 [(g)]	574 [(g)]
Capacidad total		**2395.10**	**2043.22**	**4438.32**

Nota. Datos tomados de [(a)] Cuadro 146, [(b)] Cuadro 147, [(c)] Cuadro 120, [(d)] Cuadro 136, [(e)] Cuadro 193, [(f)] Cuadro 196, [(g)] Figura 185.

Conocer el valor de la capacidad total de subida y bajada en el nodo principal es importante para saber la capacidad de conexión o enlace que debe tener un ISP o proveedor de servicios de internet e intranet de tal forma que pueda proporcionar estos servicios en la red inalámbrica.

Si se contrata un ISP o proveedor de ambos servicios tanto para internet como intranet entonces el valor total de la velocidad de ambos servicios en conjunto no debe superar el límite de capacidad del nodo principal que es de 2.39 Gbps, ya que si se contratara un valor demás no se aprovecharía en su totalidad y podría ocasionar saturación en la red de transporte en su totalidad.

5.4 Cantidad de equipos en la red inalámbrica

Cuadro 229

Cantidad de equipos PTP en el diseño inalámbrico

Tipo de red	Equipo PTP	Cantidad
Red de transporte	Radio (PTP) Ubiquiti AirFiber-5XHD + Adaptador PoE (24V - 1A)	74
Red de acceso	Radio (PTP) Ubiquiti AirFiber-5XHD + Adaptador PoE (24V - 1A)	4
Total		**78**

Cuadro 230

Cantidad de antenas PTP en el diseño inalámbrico

Tipo de red	Tipo de antenna PTP	Cantidad
Red de transporte	Antena direccional de polarización dual de 23 dBi y apertura de 10° AF-5G23-S45	16
	Antena direccional de polarización dual de 30 dBi y apertura de 5.8° AF-5G30-S45	24
	Antena direccional de polarización dual de 34 dBi y apertura de 3° AF-5G34-S45	34
Red de acceso	Antena direccional de polarización dual de 23 dBi y apertura de 10° AF-5G23-S45	2
	Antena direccional de polarización dual de 34 dBi y apertura de 3° AF-5G34-S45	2
Total		**78**

Cuadro 231

Cantidad de equipos PTMP en el diseño inalámbrico

Tipo de red	Equipo PTMP	Cantidad
Red de acceso	Access Point Ubiquiti LTU-Rocket	15
Total		**15**

Cuadro 232

Cantidad de antenas PTMP en el diseño inalámbrico

Tipo de red	Tipo de antenna PTMP	Cantidad
Red de acceso	Antena Ubiquiti AirMAX AM-5AC21-60 (60°)	10
	Antena Ubiquiti AirMAX AM-5G19-120 (120°)	1
	Antena Ubiquiti AirMax AMO-5G13 (360°)	4
Total		**15**

Cuadro 233

Cantidad de equipos suscriptores en el diseño inalámbrico

Tipo de red	Equipo Suscriptor	Cantidad
Red de acceso	Equipo suscriptor Ubiquiti LTU-LR	31
Total		**31**

Cuadro 234

Cantidad de equipos de conmutación en el diseño inalámbrico

Equipos de conmutación	Cantidad
Switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S	2
Switch Cisco WS-C2960-24-S	70
Switch Cisco WS-C3650-24TS-E (Capa 3)	1
Router Cisco C921-4P	41

5.5 Diseño de los sistemas fotovoltaicos autónomos en repetidores

El diseño, ecuaciones, y cálculo de los valores que determinan las características técnicas de los componentes del SFA se hará en base a lo explicado en “Cálculos en el diseño del SFA” que se encuentra en el subacápite 4.6.2.16 y que toma como referencia a Oliver Style (2012) tal como ya se había mencionado anteriormente, es así aquí se establece el proceso para hacer el dimensionamiento de un SFA.

5.5.1. Demanda de energía eléctrica en los repetidores

Sabiendo la demanda corregida de energía eléctrica se podrá decidir el tipo, capacidad y número de baterías necesarias que satisfagan el consumo de energía eléctrica en el sitio. En los 4 cuadros siguientes se muestran los cálculos de de los sitios en donde se instalará un sistema fotovoltaico autónomo, estos sitios serán todos los repetidores.

Cuadro 235

Demanda corregida de energía eléctrica en el Repetidor A

Repetidor A							
Equipos activos	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Cantidad	Energía consumida en una hora (Wh)	Energía consumida al día (KWh)	Demanda corregida de energía al día (KWh)
POE-24V-5X-HD	220	0.05	12	4	48	1.15	1.55
switch Cisco WS-C2960X-24TS-L	220	0.14	30	1	30	0.72	0.97
Total					690	1.872	2.52

Cuadro 236

Demanda corregida de energía eléctrica en el Repetidor B

Repetidor B							
Equipos activos	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Cantidad	Energía consumida en una hora (Wh)	Energía consumida al día (KWh)	Demanda corregida de energía al día (KWh)
POE-24V-5X-HD	220	0.05	12	2	24	0.58	0.77
Total					24	0.58	0.77

Cuadro 237

Demanda corregida de energía eléctrica en el Repetidor C

Repetidor C							
Equipos activos	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Cantidad	Energía consumida en una hora (Wh)	Energía consumida al día (KWh)	Demanda corregida de energía al día (KWh)
POE-24V-5X-HD	220	0.05	12	3	36	0.86	1.17
switch Cisco WS-C2960X-24TS-L	220	0.14	30	1	30	0.72	0.97
Total					66	1.58	2.14

Cuadro 238

Demanda corregida de energía eléctrica en el Repetidor D

Repetidor D							
Equipos activos	Voltaje (V)	Intensidad (A)	Potencia (W)	Cantidad	Energía consumida en una hora (Wh)	Energía consumida al día (KWh)	Demanda corregida de energía al día (KWh)
POE-24V-5X-HD	220	0.05	12	2	24	0.58	0.77
Total					24	0.58	0.77

5.5.2. Número de baterías en los repetidores.

En este caso se eligió la batería de la marca Pylontech modelo US3000C la cual tiene una capacidad real de 3374.4 Wh o 3.37 KWh, sabiendo esto se hará el cálculo de la cantidad de baterías necesarias para el SFA.

De esta forma realizaremos los mismos cálculos para cada uno de los sitios en los que se instalará el SFA. En el siguiente cuadro se organizan y muestran los cálculos de capacidad del banco de baterías, así como también el número de

baterías requeridas en cada uno de los cuatro sitios en los que se instalará el sistema fotovoltaico.

Cuadro 239

Días de autonomía y número de baterías según repetidor

Sitio	Demanda corregida de energía al día (KWh)	Capacidad del banco de baterías (KWh)	Capacidad real de una batería Pylontech US3000C (KWh)	Días de autonomía	Número de baterías requeridas
Repetidor A	2.52	10.11	3.37	2	3
Repetidor B	0.77	3.11	3.37	2	1
Repetidor C	2.14	8.55	3.37	2	3
Repetidor D	0.77	3.11	3.37	2	1

5.5.3. Elección del controlador en los repetidores

Se realizará los cálculos para cada uno de los sitios en los que se instalará el sistema fotovoltaico. En el siguiente cuadro se organizan y muestran los cálculos de capacidad de corriente en el banco de baterías y corriente mínima de carga del controlador para cada uno de los cuatro sitios en los que se instalará el sistema fotovoltaico.

Cuadro 240

Modelo y número de controladores de carga según repetidor

Sitio	Número de baterías elegidas	Capacidad de corriente en cada batería (Ah)	Capacidad de corriente en banco de baterías (Ah)	Corriente mínima de carga (A)	Modelo de regulador de carga SRNE Solar elegido	N° de controladores
Repetidor A	3	63.67	191	23.88	SmartSolar MPPT 150/35	1
Repetidor B	1	63.67	63.67	7.96	SmartSolar MPPT 150/35	1
Repetidor C	3	63.67	191	23.88	SmartSolar MPPT 150/35	1
Repetidor D	1	63.67	63.67	7.96	SmartSolar MPPT 150/35	1

Así pues, la corriente de carga configurada en cada controlador dependerá del valor de corriente mínima de carga y del número de controladores a instalar, de tal forma que se puede balancear o repartir la corriente mínima de carga entre la cantidad de controladores de manera equivalente.

5.5.4. Número de paneles solares en los repetidores

Por lo expuesto anteriormente la cantidad de paneles que se podrán conectar a un controlador estará determinado por la máxima potencia que soporte dicho controlador en su entrada, mientras que la cantidad total de paneles solares que serán necesarios instalar para el SFA estará determinado por la demanda corregida de energía en un día, y las horas de máxima efectividad solar. Así pues, en el siguiente cuadro se muestra los cálculos del número máximo de paneles soportados en el controlador elegido y el número total de paneles necesarios según la demanda por día en cada uno de los cuatro sitios en los que se instalará el sistema fotovoltaico.

Cuadro 241

Número de paneles solares según controlador y según repetidor.

Sitio	Demanda corregida de energía al día (KWh)	Potencia máxima en la entrada del controlador (W)	Potencia de panel solar de 24 V (W)	N° máximo de paneles en el controlador	N° total de paneles
Repetidor A	2.52	2000	550	4	2
Repetidor B	0.77	2000	550	4	1
Repetidor C	2.14	2000	550	4	1
Repetidor D	0.77	2000	550	4	1

5.5.5. Elección del inversor en los repetidores

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de inversores y la potencia del inversor a utilizar en cada uno de los cuatro repetidores en los que se instalará el sistema fotovoltaico.

Cuadro 242

Modelo y número de inversores según repetidor

Sitio	Demanda corregida de energía al día (KWh)	Demanda corregida de energía por hora (KWh)	Modelo de inversor Phoenix de 48V elegido	N° de inversores	Inversor Phoenix Potencia a 25° C (W)	Inversor Phoenix Potencia a 40° C (W)
Repetidor A	2.52	0.105	250 VA	1	200	175
Repetidor B	0.77	0.032	250 VA	1	200	175
Repetidor C	2.14	0.089	250 VA	1	200	175
Repetidor D	0.77	0.032	250 VA	1	200	175

5.6 Costos y/o presupuesto de los equipos de la red inalámbrica

5.6.1. Presupuesto de mástiles y torres.

Cuadro 243

Costo de mástiles de 5 m de altura

Mástil de 5 m	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
Materiales				
Mástil para fijación de antenas, de tubo de acero con tratamiento anticorrosión, de 2,5 m de altura, 35 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, unión por tomacorriente. Incluso accesorios.	Ud	2	S/95.99	S/191.98
Garra de anclaje a obra en L para mástil, para colocación en superficie, de 500 mm de longitud y 4 mm de espesor, con abrazadera.	Ud	2	S/39.65	S/79.30
Total:				**S/271.28**

Nota. Datos tomados de CYPE Ingenieros, S.A. (2023).

Cuadro 244

Costo de torre ventada de 6.65 m de altura

Torre ventada de 6.65 m	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
Materiales				
Mástil para fijación de antenas, de tubo de acero con tratamiento anticorrosión, de 1,65 m de altura, 35 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, unión por tomacorriente. Incluso accesorios.	Ud	1	S/61.92	S/61.92
Tramo superior para torreta de antena de 2,5 m de altura, sección triangular de 180 mm de lado, tubo de acero con un diámetro de 20 mm, celosía con un diámetro de 7 mm de diámetro, con anticorrosión y unión por tomacorriente. Incluye accesorios.	Ud	1	S/529.66	S/529.66
Tramo inferior para torreta de sujeción de antena, de 2,5 m de altura y sección triangular de 180 mm de lado, de tubo de acero de 20 mm de diámetro y celosía de acero de 7 mm de diámetro, con tratamiento anticorrosión, unión por tomacorriente. Incluso accesorios.	Ud	1	S/529.66	S/529.66
Placa base rígida, cuadrada, para soldar o atornillar, para fijación de tramo de sección triangular mediante unión por tomacorriente, incluso accesorios de fijación.	Ud	1	S/83.66	S/83.66
Cable de acero de 3 mm de diámetro, para grupo de vientos de sujeción de torreta. Incluso placa base, herrería y tensores.	m	25	S/8.11	S/202.75
Total:				**S/1,407.65**

Nota. Datos tomados de CYPE Ingenieros, S.A. (2023).

Cuadro 245

Costo de torre ventada de 9.15 m de altura

Torre ventada de 9.15 m	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
Materiales				
Mástil para fijación de antenas, de tubo de acero con tratamiento anticorrosión, de 1,65 m de altura, 35 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, unión por tomacorriente. Incluso accesorios.	Ud	1	S/61.92	S/61.92
Tramo superior para torreta de antena de 2,5 m de altura, sección triangular de 180 mm de lado, tubo de acero con un diámetro de 20 mm, celosía con un diámetro de 7 mm de diámetro, con anticorrosión y unión por tomacorriente. Incluye accesorios.	Ud	1	S/529.66	S/529.66
Tramo intermedio para torreta de antena de 2,5 m de altura, sección triangular de 180 mm de lado, tubo de acero con un diámetro de 20 mm, celosía con un diámetro de 7 mm de diámetro, con anticorrosión y unión por tomacorriente. Incluye accesorios.	Ud	1	S/486.38	S/486.38
Tramo inferior para torreta de sujeción de antena, de 2,5 m de altura y sección triangular de 180 mm de lado, de tubo de acero de 20 mm de diámetro y celosía de acero de 7 mm de diámetro, con tratamiento anticorrosión, unión por tomacorriente. Incluso accesorios.	Ud	1	S/529.66	S/529.66
Placa base rígida, cuadrada, para soldar o atornillar, para fijación de tramo de sección triangular mediante unión por tomacorriente, incluso accesorios de fijación.	Ud	1	S/83.66	S/83.66
Cable de acero de 3 mm de diámetro, para grupo de vientos de sujeción de torreta. Incluso placa base, herrería y tensores.	m	35	S/8.11	S/283.85
Total:				**S/1,975.13**

Nota. Datos tomados de CYPE Ingenieros, S.A. (2023).

Cuadro 246

Costo de torre ventada de 12.5 m de altura

Torre ventada de 12.5 m	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
Materiales				
Mástil para fijación de antenas, de tubo de acero con tratamiento anticorrosión, de 2,5 m de altura, 35 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, unión por tomacorriente. Incluso accesorios.	Ud	1	S/95.98	S/95.98
Tramo superior para torreta de antena de 2,5 m de altura, sección triangular de 180 mm de lado, tubo de acero con un diámetro de 20 mm, celosía con un diámetro de 7 mm de diámetro, con anticorrosión y unión por tomacorriente. Incluye accesorios.	Ud	1	S/529.66	S/529.66
Tramo intermedio para torreta de antena de 2,5 m de altura, sección triangular de 180 mm de lado, tubo de acero con un diámetro de 20 mm, celosía con un diámetro de 7 mm de diámetro, con anticorrosión y unión por tomacorriente. Incluye accesorios.	Ud	2	S/486.38	S/972.76
Tramo inferior para torreta de sujeción de antena, de 2,5 m de altura y sección triangular de 180 mm de lado, de tubo de acero de 20 mm de diámetro y celosía de acero de 7 mm de diámetro, con tratamiento anticorrosión, unión por tomacorriente. Incluso accesorios.	Ud	1	S/529.66	S/529.66
Placa base rígida, cuadrada, para soldar o atornillar, para fijación de tramo de sección triangular mediante unión por tomacorriente, incluso accesorios de fijación.	Ud	1	S/83.66	S/83.66
Cable de acero de 3 mm de diámetro, para grupo de vientos de sujeción de torreta. Incluso placa base, herrería y tensores.	m	85	S/8.11	S/689.35
Total:				**S/2,901.07**

Nota. Datos tomados de CYPE Ingenieros, S.A. (2023).

Cuadro 247

Costo de torre ventada de 15 m de altura

Torre ventada de 15 m	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
Materiales				
Mástil para fijación de antenas, de tubo de acero con tratamiento anticorrosión, de 2,5 m de altura, 35 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, unión por tomacorriente. Incluso accesorios.	Ud	1	S/95.98	S/95.98
Tramo superior para torreta de antena de 2,5 m de altura, sección triangular de 180 mm de lado, tubo de acero con un diámetro de 20 mm, celosía con un diámetro de 7 mm de diámetro, con anticorrosión y unión por tomacorriente. Incluye accesorios.	Ud	1	S/529.66	S/529.66
Tramo intermedio para torreta de antena de 2,5 m de altura, sección triangular de 180 mm de lado, tubo de acero con un diámetro de 20 mm, celosía con un diámetro de 7 mm de diámetro, con anticorrosión y unión por tomacorriente. Incluye accesorios.	Ud	3	S/486.38	S/1,459.14
Tramo inferior para torreta de sujeción de antena, de 2,5 m de altura y sección triangular de 180 mm de lado, de tubo de acero de 20 mm de diámetro y celosía de acero de 7 mm de diámetro, con tratamiento anticorrosión, unión por tomacorriente. Incluso accesorios.	Ud	1	S/529.66	S/529.66
Placa base rígida, cuadrada, para soldar o atornillar, para fijación de tramo de sección triangular mediante unión por tomacorriente, incluso accesorios de fijación.	Ud	1	S/83.66	S/83.66
Cable de acero de 3 mm de diámetro, para grupo de vientos de sujeción de torreta. Incluso placa base, herrería y tensores.	m	100	S/8.11	S/811.00
Total:				**S/3,509.10**

Nota. Datos tomados de CYPE Ingenieros, S.A. (2023).

Cuadro 248

Costo de torres autosoportadas

Tipo de torre	Altura	Peso packing list triangular (Kg)	Costo por Kg de estructura ($/Kg)	Costo total ($)
18-T1	18 m	1024.76	$2.00	$2,049.52
21-T1	21 m	1275.41	$2.00	$2,550.82
30-T1	30 m	1882.7	$2.00	$3,765.40
36-T1	36 m	2976.11	$2.00	$5,952.22
48-T1	48 m	5227.42	$2.00	$10,454.84

Nota. Datos tomados de Flores Guillén, P. C. & Pacora Juro, B. O. (2020).

Cuadro 249

Costo de torres en los sitios (nodos y repetidores)

Sitio	Tipo de torre	Costo S/ ó $	Costo S/
Huari	Torre autosoportada 30-T1	$3,765.40	S/14,346.17
Acopalca	Torre autosoportada 36-T1	$5,952.22	S/22,677.96
Yacya	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
Huamparán	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Mallas	Torre autosoportada 48-T1	$10,454.84	S/39,832.94
Ampas	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Colcas	Torre autosoportada 18-T1	$2,049.52	S/7,808.67
Pachachaca	Torre autosoportada 21-T1	$2,550.82	S/9,718.62
Tashta	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Ulia	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
Mituchaca	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
Huamantanga	Torre autosoportada 21-T1	$2,550.82	S/9,718.62
Yanagaga	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Colpa	Torre ventada de 15 m	S/3,509.10	S/3,509.10
Querobamba	Torre autosoportada 18-T1	$2,049.52	S/7,808.67
Ampatac	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
Ocshapampa	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
Yarmata	Torre autosoportada 18-T1	$2,049.52	S/7,808.67
Cushin	Torre autosoportada 18-T1	$2,049.52	S/7,808.67
Cajay	Torre autosoportada 18-T1	$2,049.52	S/7,808.67
Huaritambo	Torre ventada de 15 m	S/3,509.10	S/3,509.10
Queroragra	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Huancarpata	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
Sharco	Torre ventada de 6.65 m	S/1,407.65	S/1,407.65
Collota	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
Chaupiloma	Torre ventada de 15 m	S/3,509.10	S/3,509.10
Chacaragra	Torre ventada de 6.65 m	S/1,407.65	S/1,407.65
Cayas	Torre autosoportada 18-T1	$2,049.52	S/7,808.67
Paro	Torre autosoportada 30-T1	$3,765.40	S/14,346.17
Buena Vista de Cachuna	Torre autosoportada 48-T1	$10,454.84	S/39,832.94
Chinchas	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Huayllabamba	Torre autosoportada 18-T1	$2,049.52	S/7,808.67
Repetidor A	Torre autosoportada 30-T1	$3,765.40	S/14,346.17
Repetidor B	Torre autosoportada 21-T1	$2,550.82	S/9,718.62
Repetidor C	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Repetidor D	Torre autosoportada 36-T1	$5,952.22	S/22,677.96
Costo total en S/			S/299,352.89

Nota. Basado en cuadros 241, 242, 243, 244, 245, y 246. Se consideró un tipo de cambio de s/ 3.81

Cuadro 250

Costo de torres en las instituciones con equipos suscriptores

Institución Beneficiaria	Tipo de torre	Costo S/ ó $	Costo S/
I.E. Manuel Gonzalez Prada	Torre ventada de 15 m	S/3,509.10	S/3,509.10
I.E. Silvia Ruff	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. 281	Torre autosoportada 36-T1	$5,952.22	S/22,677.96
Local Comunal	Torre autosoportada 21-T1	$2,550.82	S/9,718.62
I.E. 324	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. 86329 María Jiray	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
Puesto de Salud Yacya	Torre ventada de 6.65 m	S/1,407.65	S/1,407.65
I.E. 86328 Sagrado Corazon De Jesus	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
I.E. Puesto de Salud II de Huamparan	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. Virgen del Carmen	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Puesto de Salud de Mallas	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. Los Huanchacos	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. 287	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
I.E. 86326 Manuel Lora Camones	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Puesto de Salud Colcas	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
I.E. 2619	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
I.E. 91	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
Centro de Promocion y Vigilancia Comunal	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
I.E. 420	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. 86332	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. 86335	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
I.E. Mariano Melgar Valdiviezo	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
Posta Médica de Cajay	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. 422	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
Posta de salud de Huaritambo	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
1.5.1	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. 86337	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. Inca Garcilazo De La Vega	Torre ventada de 9.15 m	S/1,975.13	S/1,975.13
Posta Médica de Queroragra	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. 387	Mástil de 5 m	S/271.28	S/271.28
I.E. Los Jilgeros	Torre ventada de 12.5 m	S/2,901.07	S/2,901.07
Costo total en S/			S/68,157.97

Nota. Basado en cuadros 241, 242, 243, 244, 245, y 246. Se consideró un tipo de cambio de s/ 3.81

5.6.2. Presupuesto de equipos inalámbricos y antenas

Cuadro 251

Costo de los equipos microondas (PTP) en el diseño de red

Tipo de red	Equipo PTP	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo Total ($)
Red de transporte	Radio (PTP) Ubiquiti AirFiber-5XHD + Adaptador PoE (24V - 1A)	74	$429.00	$31,746.00
Red de acceso	Radio (PTP) Ubiquiti AirFiber-5XHD + Adaptador PoE (24V - 1A)	4	$429.00	$1,716.00
Total		**78**	**-**	**$33,462.00**

Nota. Basado en Ubiquiti Networks (2023).

Cuadro 252

Costo de las antenas (PTP) en el diseño de red

Tipo de red	Tipo de antenna PTP	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo Total ($)
Red de transporte	Antena direccional de polarización dual de 23 dBi y apertura de 10° AF-5G23-S45	16	$99.00	$1,584.00
	Antena direccional de polarización dual de 30 dBi y apertura de 5.8° AF-5G30-S45	24	$125.00	$3,000.00
	Antena direccional de polarización dual de 34 dBi y apertura de 3° AF-5G34-S45	34	$339.00	$11,526.00
Red de acceso	Antena direccional de polarización dual de 23 dBi y apertura de 10° AF-5G23-S45	2	$99.00	$198.00
	Antena direccional de polarización dual de 34 dBi y apertura de 3° AF-5G34-S45	2	$339.00	$678.00
Total		**78**	**-**	**$16,986.00**

Nota. Basado en Ubiquiti Networks (2023).

Cuadro 253

Costo de los equipos Access Point (PTMP) en la red de acceso

Tipo de red	Equipo PTMP	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo Total ($)
Red de acceso	Access Point Ubiquiti LTU-Rocket	15	$399.00	$5,985.00
Total		**15**	**-**	**$5,985.00**

Nota. Basado en Ubiquiti Networks (2023).

Cuadro 254

Costo de las antenas (PTMP) en la red de acceso

Tipo de red	Tipo de antenna PTMP	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo Total ($)
Red de acceso	Antena Ubiquiti AirMAX AM-5AC21-60 (60°)	10	$199.00	$1,990.00
	Antena Ubiquiti AirMAX AM-5G19-120 (120°)	1	$139.00	$139.00
	Antena Ubiquiti AirMax AMO-5G13 (360°)	4	$165.00	$660.00
Total		**15**	**-**	**$2,789.00**

Nota. Basado en Ubiquiti Networks (2023).

Cuadro 255

Costo de los equipos suscriptores (PTMP) en la red de acceso

Tipo de red	Equipo Suscriptor	Cantidad	Costo unitario ($)	Costo Total ($)
Red de acceso	Equipo suscriptor Ubiquiti LTU-LR	31	$129.00	$3,999.00
Total		**31**	**-**	**$3,999.00**

Nota. Basado en Ubiquiti Networks (2023).

5.6.3. Presupuesto de accesorios de red.

Cuadro 256

Costo de accesorios de red en todas las estaciones o nodos

Cables y accesorios de red				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Cable STP Cat 6 Solido Exterior Dixon 3067 (rollo 305m) [(a)]	Ud	10	S/375.00	S/3,750.00
Cable UTP Cat 6e CCA Solido Interior Lancom L-Cat6e-G (rollo 305m) [(a)]	Ud	5	S/190.00	S/950.00
Conectores Dixon Plug Rj45 Cat6 por Caja De 100 Unid [(b)]	Ud	2	S/89.54	S/179.08
Bolsa X 100 Fundas Capuchas Red Trautech para los Conectores RJ-45 [(c)]	Ud	2	S/40.00	S/80.00
Cinta aislante autofundente PLY-69L 3/4¨ x9.15mts [(d)]	Ud	10	S/26.26	S/262.60
Gabinete rack de piso 42 RU 210 x 62 x 80cm [(e)]	Ud	3	S/1,200.00	S/3,600.00
Gabinete rack de pared 30x60x51 cm [(e)]	Ud	67	S/190.00	S/12,730.00
Subtotal:				**S/21,551.68**

Nota. Datos tomados de [(a)] I.R. Electronics EIRL (2023), [(b)] Grupo C&C SAC (2023), [(c)] Compukaed EIRL (2023), [(d)] Promotores eléctricos SA (2023), [(e)] ELEMSIN E.I.R.L. (2023).

5.6.4. Presupuesto de sistema de protección contra rayos

Cuadro 257

Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 6.65 m

Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 6.65 m				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Pararrayos tipo Franklin, con punta múltiple formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales, con semiángulo de protección de 25°, fabricado en acero inoxidable de 16 mm de diámetro, , incluso pieza de adaptación cabezal-mástil y acoplamiento cabezal-mástil-conductor, de latón, para mástil de 1 1/2" y bajante interior de pletina conductora de 30x2 mm. [(a)]	Ud	1	S/1011.72	S/1011.72
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [(b)]	m	13	S/58.04	S/754.52
Grapa exterior (torre) híbrida Cable [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)] [(c)]	Ud	5	S/20.72	S/103.6
Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts + morseto [(d)]	Ud	1	S/234.22	S/234.22
Caja de registro de polipropileno para toma de tierra, de 250x250x250 mm, con tapa de registro. [(a)]	Ud	1	S/595.27	S/595.27
Barra de Puesta a Tierra (TGB), de 1/4in x 2in x 10in [(e)]	Ud	1	S/325.38	S/325.38
Cable para puesta a tierra Amarillo/Verde de 3 m - con 1 terminal de anillo A8 / 16mm², y 1 zapata de tierra A10 / 16mm² [(f)]	Ud	1	S/109.79	S/109.79
Subtotal:				**S/3,134.50**

Nota. Datos tomados de [(a)] CYPE Ingenieros S.A. (2023), [(b)] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [(c)] MCC (2023), [(d)] Promotores eléctricos S.A. (2023), [(e)] Store Smart House (2023) y [(f)] Amazon (2023).

Cuadro 258

Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 9.15 m

Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 9.15m				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Pararrayos tipo Franklin, con punta múltiple formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales, con semiángulo de protección de 25°, fabricado en acero inoxidable de 16 mm de diámetro, , incluso pieza de adaptación cabezal-mástil y acoplamiento cabezal-mástil-conductor, de latón, para mástil de 1 1/2" y bajante interior de pletina conductora de 30x2 mm. [(a)]	Ud	1	S/1,011.72	S/1,011.72
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [(b)]	m	16	S/58.04	S/928.64
Grapa exterior (torre) híbrida Cable [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)] [(c)]	Ud	6	S/20.72	S/124.32
Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts + morseto [(d)]	Ud	1	S/234.22	S/234.22
Caja de registro de polipropileno para toma de tierra, de 250x250x250 mm, con tapa de registro. [(a)]	Ud	1	S/595.27	S/595.27
Barra de Puesta a Tierra (TGB), de 1/4in x 2in x 10in [(e)]	Ud	1	S/325.38	S/325.38
Cable para puesta a tierra Amarillo/Verde de 3 m - con 1 terminal de anillo A8 / 16mm², y 1 zapata de tierra A10 / 16mm² [(f)]	Ud	2	S/109.79	S/219.58
Subtotal:				**S/3,439.13**

Nota. Datos tomados de [(a)] CYPE Ingenieros S.A. (2023), [(b)] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [(c)] MCC (2023), [(d)] Promotores eléctricos S.A. (2023), [(e)] Store Smart House (2023) y [(f)] Amazon (2023).

Cuadro 259

Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 12.5 m

Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 12.5m				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Pararrayos tipo Franklin, con punta múltiple formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales, con semiángulo de protección de 25°, fabricado en acero inoxidable de 16 mm de diámetro, , incluso pieza de adaptación cabezal-mástil y acoplamiento cabezal-mástil-conductor, de latón, para mástil de 1 1/2" y bajante interior de pletina conductora de 30x2 mm. [(a)]	Ud	1	S/1,011.72	S/1,011.72
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [(b)]	m	19	S/58.04	S/1,102.76
Grapa exterior (torre) híbrida Cable [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)] [(c)]	Ud	7	S/20.72	S/145.04
Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts + morseto [(d)]	Ud	1	S/234.22	S/234.22
Caja de registro de polipropileno para toma de tierra, de 250x250x250 mm, con tapa de registro. [(a)]	Ud	1	S/595.27	S/595.27
Barra de Puesta a Tierra (TGB), de 1/4in x 2in x 10in [(e)]	Ud	2	S/325.38	S/650.76
Cable para puesta a tierra Amarillo/Verde de 3 m - con 1 terminal de anillo A8 / 16mm², y 1 zapata de tierra A10 / 16mm² [(f)]	Ud	3	S/109.79	S/329.37
Subtotal:				**S/4,069.14**

Nota. Datos tomados de [(a)] CYPE Ingenieros S.A. (2023), [(b)] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [(c)] MCC (2023), [(d)] Promotores eléctricos S.A. (2023), [(e)] Store Smart House (2023) y [(f)] Amazon (2023).

Cuadro 260

Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 15 m

Sistema de protección contra rayos para torre ventada de 15m				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Pararrayos tipo Franklin, con punta múltiple formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales, con semiángulo de protección de 25°, fabricado en acero inoxidable de 16 mm de diámetro, , incluso pieza de adaptación cabezal-mástil y acoplamiento cabezal-mástil-conductor, de latón, para mástil de 1 1/2" y bajante interior de pletina conductora de 30x2 mm. [a]	Ud	1	S/1,011.72	S/1,011.72
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [b]	m	21	S/58.04	S/1,218.84
Grapa exterior (torre) híbrida Cable [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)] [c]	Ud	7	S/20.72	S/145.04
Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts + morseto [d]	Ud	1	S/234.22	S/234.22
Caja de registro de polipropileno para toma de tierra, de 250x250x250 mm, con tapa de registro. [a]	Ud	1	S/595.27	S/595.27
Barra de Puesta a Tierra (TGB), de 1/4in x 2in x 10in [e]	Ud	2	S/325.38	S/650.76
Cable para puesta a tierra Amarillo/Verde de 3 m - con 1 terminal de anillo A8 / 16mm², y 1 zapata de tierra A10 / 16mm² [f]	Ud	3	S/109.79	S/329.37
Subtotal:				**S/4,185.22**

Nota. Datos tomados de [a] CYPE Ingenieros S.A. (2023), [b] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [c] MCC (2023), [d] Promotores eléctricos S.A. (2023), [e] Store Smart House (2023) y [f] Amazon (2023).

Cuadro 261

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 18 m

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada 18-T1				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Pararrayos tipo Franklin, con punta múltiple formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales, con semiángulo de protección de 25°, fabricado en acero inoxidable de 16 mm de diámetro, , incluso pieza de adaptación cabezal-mástil y acoplamiento cabezal-mástil-conductor, de latón, para mástil de 1 1/2" y bajante interior de pletina conductora de 30x2 mm. [a]	Ud	1	S/1,011.72	S/1,011.72
Mástil para fijación de pararrayo, tubo Conduit acero galvanizado IMC 1 1/2¨ x 3 m, UL [d]	Ud	1	S/76.55	S/76.55
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [b]	m	24	S/58.04	S/1,392.96
Grapa exterior (torre) híbrida Cable [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)] [c]	Ud	8	S/20.72	S/165.76
Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts + morseto [d]	Ud	1	S/234.22	S/234.22
Caja de registro de polipropileno para toma de tierra, de 250x250x250 mm, con tapa de registro. [a]	Ud	1	S/595.27	S/595.27
Barra de Puesta a Tierra (TGB), de 1/4in x 2in x 10in [e]	Ud	2	S/325.38	S/650.76
Cable para puesta a tierra Amarillo/Verde de 3 m - con 1 terminal de anillo A8 / 16mm², y 1 zapata de tierra A10 / 16mm² [f]	Ud	4	S/109.79	S/439.16
Subtotal:				**S/4,566.40**

Nota. Datos tomados de [a] CYPE Ingenieros S.A. (2023), [b] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [c] MCC (2023), [d] Promotores eléctricos S.A. (2023), [e] Store Smart House (2023) y [f] Amazon (2023).

Cuadro 262

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 21 m

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada 21-T1				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Pararrayos tipo Franklin, con punta múltiple formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales, con semiángulo de protección de 25°, fabricado en acero inoxidable de 16 mm de diámetro, , incluso pieza de adaptación cabezal-mástil y acoplamiento cabezal-mástil-conductor, de latón, para mástil de 1 1/2" y bajante interior de pletina conductora de 30x2 mm. [a]	Ud	1	S/1,011.72	S/1,011.72
Mástil para fijación de pararrayo, tubo Conduit acero galvanizado IMC 1 1/2¨ x 3 m, UL [d]	Ud	1	S/76.55	S/76.55
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [b]	m	27	S/58.04	S/1,567.08
Grapa exterior (torre) híbrida Cable [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)] [c]	Ud	9	S/20.72	S/186.48
Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts + morseto [d]	Ud	1	S/234.22	S/234.22
Caja de registro de polipropileno para toma de tierra, de 250x250x250 mm, con tapa de registro. [a]	Ud	1	S/595.27	S/595.27
Barra de Puesta a Tierra (TGB), de 1/4in x 2in x 10in [e]	Ud	2	S/325.38	S/650.76
Cable para puesta a tierra Amarillo/Verde de 3 m - con 1 terminal de anillo A8 / 16mm², y 1 zapata de tierra A10 / 16mm² [f]	Ud	2	S/109.79	S/219.58
Subtotal:				**S/4,541.66**

Nota. Datos tomados de [a] CYPE Ingenieros S.A. (2023), [b] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [c] MCC (2023), [d] Promotores eléctricos S.A. (2023), [e] Store Smart House (2023) y [f] Amazon (2023).

Cuadro 263

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 30 m

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada 30-T1				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Pararrayos tipo Franklin, con punta múltiple formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales, con semiángulo de protección de 25°, fabricado en acero inoxidable de 16 mm de diámetro, , incluso pieza de adaptación cabezal-mástil y acoplamiento cabezal-mástil-conductor, de latón, para mástil de 1 1/2" y bajante interior de pletina conductora de 30x2 mm. [a]	Ud	1	S/1,011.72	S/1,011.72
Mástil para fijación de pararrayo, tubo Conduit acero galvanizado IMC 1 1/2¨ x 3 m, UL [d]	Ud	1	S/76.55	S/76.55
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [b]	m	36	S/58.04	S/2,089.44
Grapa exterior (torre) híbrida Cable [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)] [c]	Ud	12	S/20.72	S/248.64
Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts + morseto [d]	Ud	1	S/234.22	S/234.22
Caja de registro de polipropileno para toma de tierra, de 250x250x250 mm, con tapa de registro. [a]	Ud	1	S/595.27	S/595.27
Barra de Puesta a Tierra (TGB), de 1/4in x 2in x 10in [e]	Ud	3	S/325.38	S/976.14
Cable para puesta a tierra Amarillo/Verde de 3 m - con 1 terminal de anillo A8 / 16mm², y 1 zapata de tierra A10 / 16mm² [f]	Ud	4	S/109.79	S/439.16
Subtotal:				**S/5,671.14**

Nota. Datos tomados de [a] CYPE Ingenieros S.A. (2023), [b] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [c] MCC (2023), [d] Promotores eléctricos S.A. (2023), [e] Store Smart House (2023) y [f] Amazon (2023).

Cuadro 264

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 36 m

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada 36-T1				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Pararrayos tipo Franklin, con punta múltiple formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales, con semiángulo de protección de 25°, fabricado en acero inoxidable de 16 mm de diámetro, , incluso pieza de adaptación cabezal-mástil y acoplamiento cabezal-mástil-conductor, de latón, para mástil de 1 1/2" y bajante interior de pletina conductora de 30x2 mm. [(a)]	Ud	1	S/1,011.72	S/1,011.72
Mástil para fijación de pararrayo, tubo Conduit acero galvanizado IMC 1 1/2¨ x 3 m, UL [(d)]	Ud	1	S/76.55	S/76.55
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [(b)]	m	42	S/58.04	S/2,437.68
Grapa exterior (torre) híbrida Cable [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)] [(c)]	Ud	14	S/20.72	S/290.08
Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts + morseto [(d)]	Ud	1	S/234.22	S/234.22
Caja de registro de polipropileno para toma de tierra, de 250x250x250 mm, con tapa de registro. [(a)]	Ud	1	S/595.27	S/595.27
Barra de Puesta a Tierra (TGB), de 1/4in x 2in x 10in [(e)]	Ud	2	S/325.38	S/650.76
Cable para puesta a tierra Amarillo/Verde de 3 m - con 1 terminal de anillo A8 / 16mm², y 1 zapata de tierra A10 / 16mm² [(f)]	Ud	2	S/109.79	S/219.58
Subtotal:				**S/5,515.86**

Nota. Datos tomados de [(a)] CYPE Ingenieros S.A. (2023), [(b)] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [(c)] MCC (2023), [(d)] Promotores eléctricos S.A. (2023), [(e)] Store Smart House (2023) y [(f)] Amazon (2023).

Cuadro 265

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada de 48 m

Sistema de protección contra rayos para torre autosoportada 48-T1				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Pararrayos tipo Franklin, con punta múltiple formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales, con semiángulo de protección de 25°, fabricado en acero inoxidable de 16 mm de diámetro, , incluso pieza de adaptación cabezal-mástil y acoplamiento cabezal-mástil-conductor, de latón, para mástil de 1 1/2" y bajante interior de pletina conductora de 30x2 mm. [(a)]	Ud	1	S/1,011.72	S/1,011.72
Mástil para fijación de pararrayo, tubo Conduit acero galvanizado IMC 1 1/2¨ x 3 m, UL [(d)]	Ud	1	S/76.55	S/76.55
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [(b)]	m	54	S/58.04	S/3,134.16
Grapa exterior (torre) híbrida Cable [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)] [(c)]	Ud	18	S/20.72	S/372.96
Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts + morseto [(d)]	Ud	1	S/234.22	S/234.22
Caja de registro de polipropileno para toma de tierra, de 250x250x250 mm, con tapa de registro. [(a)]	Ud	1	S/595.27	S/595.27
Barra de Puesta a Tierra (TGB), de 1/4in x 2in x 10in [(e)]	Ud	2	S/325.38	S/650.76
Cable para puesta a tierra Amarillo/Verde de 3 m - con 1 terminal de anillo A8 / 16mm², y 1 zapata de tierra A10 / 16mm² [(f)]	Ud	2	S/109.79	S/219.58
Subtotal:				**S/6,295.22**

Nota. Datos tomados de [(a)] CYPE Ingenieros S.A. (2023), [(b)] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [(c)] MCC (2023), [(d)] Promotores eléctricos S.A. (2023), [(e)] Store Smart House (2023) y [(f)] Amazon (2023).

Cuadro 266

Costo de los sistemas de protección contra rayos en los sitios

Sitio	Sistema de protección contra rayos	Costo S/
Huari	Torre autosoportada 30-T1	S/5,671.14
Acopalca	Torre autosoportada 36-T1	S/5,515.86
Yacya	Torre ventada de 9.15 m	S/3,439.13
Huamparán	Torre ventada de 12.5 m	S/4,069.14
Mallas	Torre autosoportada 48-T1	S/6,295.22
Ampas	Torre ventada de 12.5 m	S/4,069.14
Colcas	Torre autosoportada 18-T1	S/4,566.40
Pachachaca	Torre autosoportada 21-T1	S/4,541.66
Tashta	Torre ventada de 12.5 m	S/4,069.14
Ulia	Torre ventada de 9.15 m	S/3,439.13
Mituchaca	Torre ventada de 9.15 m	S/3,439.13
Huamantanga	Torre autosoportada 21-T1	S/4,541.66
Yanagaga	Torre ventada de 12.5 m	S/4,069.14
Colpa	Torre ventada de 15 m	S/4,185.22
Querobamba	Torre autosoportada 18-T1	S/4,566.40
Ampatac	Torre ventada de 9.15 m	S/3,439.13
Ocshapampa	Torre ventada de 9.15 m	S/3,439.13
Yarmata	Torre autosoportada 18-T1	S/4,566.40
Cushin	Torre autosoportada 18-T1	S/4,566.40
Cajay	Torre autosoportada 18-T1	S/4,566.40
Huaritambo	Torre ventada de 15 m	S/4,185.22
Queroragra	Torre ventada de 12.5 m	S/4,069.14
Huancarpata	Torre ventada de 9.15 m	S/3,439.13
Sharco	Torre ventada de 6.65 m	S/3,134.50
Collota	Torre ventada de 9.15 m	S/3,439.13
Chaupiloma	Torre ventada de 15 m	S/4,185.22
Chacaragra	Torre ventada de 6.65 m	S/3,134.50
Cayas	Torre autosoportada 18-T1	S/4,566.40
Paro	Torre autosoportada 30-T1	S/5,671.14
Buena Vista de Cachuna	Torre autosoportada 48-T1	S/6,295.22
Chinchas	Torre ventada de 12.5 m	S/4,069.14
Huayllabamba	Torre autosoportada 18-T1	S/4,566.40
Repetidor A	Torre autosoportada 30-T1	S/5,671.14
Repetidor B	Torre autosoportada 21-T1	S/4,541.66
Repetidor C	Torre ventada de 12.5 m	S/4,069.14
Repetidor D	Torre autosoportada 36-T1	S/5,515.86
Costo total en S/		S/157,607.91

Nota. Basado en cuadros 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, y 263.

5.6.5. Presupuesto de servidores de red

Cuadro 267

Costo de los servidores de red

Servidores de red				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Servidor de Comunicaciones IP-PBX Xorcom CTS2000 [(a)]	Ud	2	$4,400.00	$8,800.00
Servidor de Comunicaciones IP-PBX Xorcom CTS3000 [(a)]	Ud	1	$6,460.00	$6,460.00
Servidor de videoconferencia Grandstream IPVT10 Base System [(a)]	Ud	3	$7,999.00	$23,997.00
Servidor DELL PowerEdge R240 Rack1U (Para servicio Web y FTP) [(b)]	Ud	3	$1,649.00	$4,947.00
Licencia de expansión para IPVT10-35 (35 usuarios) [(c)]	Ud	1	$1,936.59	$1,936.59
Licencia de expansión para IPVT10-100 (100 usuarios) [(c)]	Ud	1	$4,841.50	$4,841.50
Licencia de expansión para IPVT10-300 (300 usuarios) [(c)]	Ud	1	$8,714.68	$8,714.68
Total:				**$59,696.77**

Nota. Datos tomados de [(a)] Voipsupply (2023), [(b)] Computo Nacional SAC (2023), y [(c)] Ciudadwireless Informática y Telecomunicaciones, S.L. (2023).

5.6.6. Presupuesto de equipos de conmutación

Cuadro 268

Costo de los equipos de conmutación

Equipos de conmutación				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S [(a)]	Ud	2	$253.99	$507.98
Switch Cisco WS-C2960-24-S [(b)]	Ud	70	$594.72	$41,630.40
Switch Cisco WS-C3650-24TS-E (Capa 3) [(c)]	Ud	1	$5,157.00	$5,157.00
Router Cisco C921-4P [(d)]	Ud	41	$772.00	$31,652.00
Total:				**$78,947.38**

Nota. Datos tomados de [(a)] Zones, LLC (2023), [(b)] Cistronix Perú SA. (2023), [(c)] DS3 Comunicaciones. (2023), y [(d)] Router-switch Ltd (2023).

5.6.7. Presupuesto de equipos del sistema fotovoltaico

Cuadro 269

Costo de los sistemas fotovoltaicos en los sitios

Sistema de Energía Fotovoltaico				
Materiales	**Unidad**	**Cantidad**	**Costo unitario (S/)**	**Costo Total (S/)**
Batería Pylontech US3000C [(a)]	Ud	8	S/5,683.25	S/45,466.00
Controlador de carga SmartSolar MPPT 150/35 [(a)]	Ud	4	S/1,408.33	S/5,633.32
Panel solar monocristalino PERC EcoGreen de 24V - 550W [(b)]	Ud	5	S/1,330.00	S/6,650.00
Inversor Phoenix 48/250 [(c)]	Ud	4	S/233.06	S/932.24
Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro [(a)]	m	80	S/58.04	S/4,643.20
Total:				**S/63,324.76**

Nota. Datos tomados de [(a)] Autosolar Energía del Perú SAC (2023), [(b)] Energy Tech Ingenieros (2023), y [(c)] Ecos Solares (2023).

5.6.8. Presupuesto total

Cuadro 270

Presupuesto total

Presupuesto total	
Descripción	**Costo**
Torres en los sitios (nodos y repetidores)	S/299,352.89
Torres en las instituciones con equipos suscriptores	S/68,157.97
Equipos microondas (PTP) en el diseño de red	S/127,490.22
Antenas (PTP) en el diseño de red	S/64,716.66
Equipos Access Point (PTMP) en la red de acceso	S/22,802.85
Antenas (PTMP) en la red de acceso	S/10,626.09
Equipos suscriptores (PTMP) en la red de acceso	S/15,236.19
Cables y accesorios de red	S/21,551.68
Sistema de protección contra rayos	S/157,607.91
Servidores de red	S/227,444.69
Equipos de conmutación	S/300,789.52
Sistema de energía fotovoltaico	S/63,324.76
Total	**S/1,379,101.43**

Nota. Basado en cuadros 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 264, 265, 266, y 267. Se consideró un tipo de cambio de s/ 3.81

5.7 Costo del acceso a los servicios

Se considerará como proveedor del servicio de internet a la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO), en el diseño de la red inalámbrica se estimó que la velocidad de internet a contratar es de 540 Mbps tal como se mostró en el cuadro 104. En cuanto al servicio de intranet este está conformado por los servidores físicos de los diferentes centros de gestión de red que están en las instituciones representativas de la ciudad de Huari, es decir el Centro Medico Huari, la UGEL Huari, y la Municipalidad Provincial de Huari, por lo que no hay una necesidad de contratar o conectar el servicio de intranet a una conexión con la RDNFO.

Cuadro 271

Costo del acceso a internet en la RDNFO para el diseño de la red inalámbrica

US$ por Mbps con IGV	Velocidad de internet a contratar en la RDNFO (Mbps)	Tarifa mensual proyectada (US$)
3.19 [(a)]	540 [(b)]	1722.6 [(c)]

Nota. Datos tomados de [(a)] Cuadro de ANEXO 1, [(b)] Cuadro 104, [(c)] Resultado de multiplicar precio por velocidad. El valor del costo $ 3.19 incluye IGV, y este valor es válido solo si la velocidad a contratar va desde 200Mbps hasta 1 Gbps.

Sin embargo, una opción también sería tener la internet e intranet del diseño de esta red inalámbrica conectada con otras instituciones públicas similares dentro del país, si se considera esa opción se requeriría conectar toda la capacidad de la red de transporte a la RDNFO, es decir utilizar la máxima capacidad o ancho de banda disponible de la red de transporte. En ese caso la capacidad del servicio portador a contratar en la RDNFO se muestra en el cuadro 271.

Cuadro 272

Costo del acceso al servicio portador en la RDNFO para el uso de la máxima capacidad disponible en la red inalámbrica

US$ por Mbps con IGV	Velocidad del servicio a contratar en la RDNFO (Mbps)	Tarifa mensual proyectada (US$)
2.36 [(a)]	2395.1 [(b)]	5652.44 [(c)]

Nota. Datos tomados de [(a)] Cuadro de ANEXO 1, [(b)] Cuadro 228, [(c)] Resultado de multiplicar precio por velocidad. El valor del costo $ 2.36 incluye IGV, y este valor es válido solo si la velocidad a contratar es mayor a 1 Gbps.

CAPÍTULO 6
DISCUSIÓN

En el subcapítulo 5.1, se mostraba la cantidad de PCs proyectadas para cada una de las instituciones públicas, esto se calculó en base al número de personal o trabajadores en cada una de las instituciones, lo cual se obtuvo de fuentes oficiales como el MINEDU, INEI, y MIDIS. Esta estimación de la cantidad de PCs fue necesaria parar luego usar dicha información en los cálculos de velocidad requerida en las instituciones, nodos, enlaces, etc. Así pues, observamos que el mayor porcentaje del total de PCs proyectadas estan destinadas a las instituciones educativas, con un 85.12%, esto debido a que dichas instituciones son las que están en mayor proporción en comparación a las demás. Luego tenemos que el 8.33% del total de PCs proyectadas están destinadas a las municipalidades y/o centros comunitarios. Y por último el 6.55% de las PCs proyectadas están destinadas a establecimientos o postas de salud. Así mismo el número máximo de PCs proyectadas en una institución es 20, lo cual se

observa en los casos de las instituciones educativas “Manuel Gonazales Prada” y “Silvia Ruff”.

En el subcapítulo 5.2 se muestran los cálculos de las velocidades de servicio estimadas, esto se calculó en base al número de PCs proyectadas en las instituciones. Así pues, tenemos que para el caso del servicio de internet la velocidad total de subida será de 180 Mbps y la velocidad total de bajada será de 540 Mbps. Podemos observar que para el caso de la aplicación del servicio de internet en la teleeducación se destina el 82.96% de la velocidad total, en el caso de la telemedicina se destina el 7.4% de la velocidad total, y para el caso de la gestión municipal se destina el 9.63% de la velocidad total. Tambien podemos notar que para el caso del servicio de intranet la velocidad total de subida será de 716 Mbps y la velocidad total de bajada será de 716 Mbps. Podemos observar que para el caso de la aplicación del servicio de intranet en la teleeducación se destina el 78.77% de la velocidad total, en el caso de la telemedicina se destina el 9.49% de la velocidad total, y para el caso de la gestión municipal se destina el 11.73% de la velocidad total.

Con respecto a la asignación de canales para la red de transporte, se observa que se planteó el uso de tres intervalos de frecuencia de la banda de 5 GHz: La primera de 5250 a 5350 MHz en cuyo caso se proyecta el uso de canales de 30 y 40 MHz, la segunda es de 5470 a 5725 MHz en cuyo caso se proyecta el uso de canales de 10, 20, 30, 40, 60 y 100 MHz, y por último la tercera es de 5725 a 5850 MHz en cuyo caso se proyecta el uso de canales de 50 y 60 MHz. De esta forma el porcentaje del total de enlaces de la red de transporte que usarían el canal de 100 MHz es el 10.81%, el porcentaje de enlaces que utilizarían el canal de 60 MHz es el 16.22%, el porcentaje de enlaces que utilizarían el canal de 50 MHz es el 2.7%, el porcentaje de enlaces que utilizarían el canal de 40 MHz es el 8.11%, el porcentaje de enlaces que utilizarían el canal de 30 MHz es el

24.32%, el porcentaje de enlaces que utilizarían el canal de 20 MHz es el 18.92%, y el porcentaje de enlaces que utilizarían el canal de 10 MHz es el 18.92%. De esta manera observamos que los enlaces con canal de 30 MHz representan el mayor porcentaje del total con un 24.32%.

En el subcapítulo 5.3 se muestran las simulaciones y cálculos de enlace tanto para la red de transporte como para la red de acceso. En los datos del porcentaje de ocupación del canal para cada uno de los enlaces de la red de transporte podemos notar que el mayor porcentaje de ocupación del canal es de 68.06% para el enlace Colcas-Cayas, mientras que el menor porcentaje de ocupación del canal es de 23.29% para el enlace Yanagaga-Sharco. Así mismo el enlace con mayor distancia en la red de transporte es el de Repetidor_A-Ocshapampa con 6.7 Km, mientras que el enlace con menor distancia es el de Yanagaga-Sharco con 0.57 Km. Las modulaciones que se diseñaron en los enlaces de la red de transporte fueron solo de tres tipos: 16, 256, y 1024 QAM. En los resultados se tiene que hay 39 enlaces inalámbricos PTP y 15 enlaces inalámbricos PTMP. Los enalces PTP están conformados por 37 enlaces PTP para la red de transporte y 2 enlaces PTP para la red de acceso. Ahora en el caso de los enlaces PTP de la red de acceso se tiene que el enlace Huari-UGEL Huari tiene asignado la mayor modulación del equipo la cual es 4096 QAM.

En el subcapítulo 5.4 observamos que la cantidad de equipos de radio microondas PTP es 78, de las cuales 74 de estas se destinarían para 37 radioenlaces en la red de transporte, mientras que los 4 restantes se destinarían para 2 radioenlaces en la red de acceso. Así mismo observamos que hay 18 antenas directivas de 23dBi con ancho de haz de 10°, también hay 24 antenas directivas de 30dBi con ancho de haz de 5.8°, y hay 36 antenas directivas de 34dBi con ancho de haz de 3°. Es decir, las antenas con mayor ganancia (34 dBi) son las que se utilizarían más, mientras que las que tienen menor ganancia (23

dBi) son las que menos se utilizarían según el diseño de este proyecto. Por otro lado, en el caso de los enlaces inalámbricos PTMP, se observa que hay 15 de estos equipos PTMP, de los cuales 10 de ellos requieren antenas sectoriales de 60° con 21dBi, 1 requiere una antena sectorial de 120° con 19 dBi, y 4 requieren antenas omnidireccionales de 13 dBi. En el caso de las antenas suscriptoras estas son del mismo modelo y se requieren solo 31 unidades.

Respecto a los equipos de conmutación, se utilizan solo 2 switch Cisco Catalyst 2960-8TC-S, esto debido a que solo hay dos repetidores en los que se requiere, estos son: el Repetidor A que presenta 4 enlaces, y el Repetidor C que presenta 3 enlaces. Luego el proyecto considera 70 switches Cisco WS-C2960-24-S, esto debido a que hay 70 instituciones públicas beneficiarias, es decir se considera un switch para la red LAN de cada institución. También se proyecta un switch Cisco WS-C3650-24TS-E, el cual tendrá las funciones de un switch Core, el cual se ubicará en el nodo principal de la red de transporte, es decir aquí estarán las conexiones del ISP, de los servidores de gestión municipal, y de los demás enlaces que conectan con este nodo. Y por último también se consideran 41 routers Cisco C921-4P, los cuales se usarán en todos los nodos, así como también en las instituciones que presentan servidores (Centro Médico Huari y UGEL Huari), con excepción del nodo principal. Esto se hará de tal forma que aquellos nodos que presenten dos enlaces (red de transporte) tendrán solo un router, mientras que los nodos que presenten 3 enlaces tendrán 3 de estos router (uno por cada enlace).

En el subcapítulo 5.5 se trata acerca del cálculo del diseño de los sistemas fotovoltaicos, en donde se observa que para el Repetidor A la demanda de energía corregida al día es de 2.52 KWh, para el Repetidor B es de 0.77 KWh, para el Repetidor C es de 2.14 KWh, y para el Repetidor D es de 0.77 KWh. Para el caso de las baterías se proyecta el uso de la batería Pylontech US3000C, de

tal forma que en el Repetidor A se proyecta el uso de 3 de estas baterías, en el Repetidor B el uso de 1 batería, en el Repetidor C el uso de 3 baterías, y en el Repetidor D el uso de 1 batería. En todos los casos se considera una autonomía de dos días. En el caso del controlador de carga el modelo que se proyecta utilizar es el SmartSolar MPPT 150/35 de tal forma que se destina 1 controlador de carga en cada repetidor, por lo que el total de controladores de carga proyectados es 4. El panel que se planea utilizar es el monocristalino PERC EcoGreen de 24V - 550W, así pues, el número de paneles solares a utilizar en el Repetidor A es 2, mientras que en el resto de repetidores solo se requiere 1 por cada repetidor, es decir en total 5 paneles. En el caso del inversor se utilizará el modelo de inversor Phoenix de 48V - 250 VA, de tal forma que se proyecta 1 por cada repetidor, es decir en total 4 inversores.

En el subcapítulo 5.6 se trata acerca del presupuesto. De tal forma que en el acápite 5.6.8 podemos observar todos los costos de equipos e infraestructura requerida para la implementación del diseño de red inalámbrico del cual se trata en esta investigación. Así pues, observamos que el presupuesto para los equipos de conmutación como routers, switches, representa el mayor porcentaje del presupuesto total con un 21.81%. Así mismo, se realizó el presupuesto para las torres de los nodos de la red de transporte, lo cual representa el segundo mayor porcentaje del presupuesto total con un 21.71%. Se realizó el presupuesto para los servidores de red y sus licencias de usuario, lo cual representa un 16.49% del presupuesto total. También se realizó el presupuesto para un sistema de protección contra rayos en cada una de las torres de la red de transporte, lo cual representa un 11.43% del presupuesto total. Se realizó el presupuesto para las torres o mástiles en las instituciones con equipos suscriptores, lo cual representa un 4.94% del presupuesto total. El costo de los equipos microondas más las antenas PTP de la red de transporte representan el 13.94% del presupuesto total, mientras que el costo de los equipos Access Point en conjunto con sus antenas

PTMP, y los equipos suscriptores con las que son compatibles, representan el 3.53% del presupuesto total. El costo de los cables y accesorios de red que complementan la instalación de estos equipos en la red inalámbica representa un 1.56% del presupuesto total. El presupuesto del sistema de energía fotovoltaico autónomo que se proyecta para los 4 repetidores de la red de transporte representa un 4.59% del presupuesto total.

CAPÍTULO 7
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En la investigación realizada sobre el diseño de la red inalámbrica que se propone en las instituciones públicas de las principales localidades de los distritos de Huari y Cajay se concluye que dicho diseño determinará la dimensión técnica del acceso a los servicios de internet e intranet en cada una de las instituciones como, por ejemplo: el límite de velocidad de acceso a estos servicios, las aplicaciones de dichos servicios a campos como la telemedicina, teleducación y gestión municipal, también determina los servicios de red de intranet disponibles en las instituciones (Web, Telefonía Ip, Videoconferencia), los cuales dependerán de la arquitectura de red que se haya proyectado en el diseño de la red inalámbrica.

1. La topología de la red inalámbrica que se diseñó es una topología árbol por lo cual cuenta con un nodo principal y ramificaciones que son nodos secundarios. Se diseñó este tipo de topología debido a que se requiere hacer conexiones punto a punto individuales en la red de transporte y hay

localidades que no demandan mucho ancho de banda por lo cual resulta mas conveniente distribuir la capacidad en jerarquías o niveles con una topología de este tipo, además al proponerse una tecnología inalámbrica las distancias de las conexiones entre los nodos no implicarían un mayor costo en comparación con una tecnología alámbrica.

2. La arquitectura de la red inalámbrica que se plantea utilizar comprende materiales, equipos, protocolos y aplicaciones para teleeducación, telemedicina y gestión municipal, las cuales tendrán un centro de gestión en una institución de su respectivo campo de aplicación. Se planteó la arquitectura en base a la necesidad de las localidades del área de estudio, debido a que los tipos de institución que hay en las localidades de los distritos son principalmente instituciones educativas, establecimientos o postas de salud, y municipalidades o centros comunitarios.

3. Se observa que los requerimientos de capacidad o ancho de banda en cada una de los enlaces entre localidades son diferentes y dependen de la topología que se ha diseñado, del consumo en Mbps de los servicios que se proyectan (internet e intranet) en cada localidad, y este a su vez depende del número de instituciones beneficiarias y la cantidad de usuarios y/o terminales de red en cada uno de estas.

4. El sistema de red inalámbrico microondas que se plantea tiene un costo asequible en cuanto a infraestructura tal como se observó en el acápite 5.6.8, teniendo en cuenta que el diseño de dicha red beneficiaría a 2 distritos o 32 localidades y 70 instituciones públicas. La relación de los costos con la facilidad de la instalación y la demanda o necesidad existente en la zona, hacen de este sistema el más adecuado, así mismo se observa que la banda de frecuencia de 5 GHz es muy ventajosa y útil en cuanto a costos, facilidad de adquisición e instalación de equipos dado que es una banda no licenciada.

Recomendaciones

Al concluirse que el diseño de red determinará la dimensión técnica del acceso a los servicios de internet e intranet en cada una de las instituciones se recomienda que el diseño que se considere implementar tome en cuenta los resulados de la topología, la arquitectura, y los los cálculos o simulaciones de los enlaces, ya que todos esto fue realizado en base a las características y datos oficiales acerca de la cantidad de población en las localidades, cantidad de usuarios en cada institución, y tipos de instituciones que hay en cada localidad.

1. Se recomienda que la topología árbol de la red inalámbrica que se diseñó tenga como centro de gestión de red al nodo principal ya que este será el que distribuya el tráfico del servicio de internet e intranet a los nodos secundarios.

2. También se recomienda que la arquitectura de la red inalámbrica que se plantea utilizar para los campos de aplicación de teleeducación, telemedicina y gestión municipal tengan un centro de gestión en una institución de su respectivo campo de aplicación la cual se debe encontrar en la misma localidad del nodo principal.

3. Respecto a los requerimientos de capacidad o ancho de banda en cada una de las localidades, se recomienda que los servicios de red que se desean implementar en las instituciones públicas sean acordes a sus necesidades, tomando en cuenta el número de usuarios que se proyectaría en cada una de dichas instituciones.

4. Por último, considerando la relación de los costos con la facilidad de la instalación y la necesidad de los servicios de red para las aplicaciones mencionadas, se recomienda este sistema de red inalámbrico como el más adecuado en la zona de estudio.

Referencias

3CX. (2023). *¿Qué es la Telefonía IP?* Recuperado el 10 de febrero de 2023, de https://www.3cx.es/voip-sip/telefonia-ip/#:~:text=Telefon%C3%ADa%20IP%20(Protocolo%20de%20telefon%C3%ADa,Telef%C3%B3nica%20P%C3%BAblica%20Conmutada%20(PSTN).

Achahue Alvarez, E.M., Rodríguez García, Marvin Alonso. (2015). *Aplicación de la tecnología XPIC como mejora de una red de transporte microondas existente en el Perú*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional de la Universidad Ricardo Palma. http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2134

ADESUR Ingeniería Construcción y Servicios Generales. (2021). *Servicios de protección contra rayos - Conductor de bajada*. Recuperado el 16 de mayo de 2023, de https://www.adesur.pe/wp-content/uploads/2021/01/parrarayos1.jpg

AEMET. (2016). *¿Conoces la nominación que se atribuye a los distintos tipos de precipitaciones?* Recuperado el 23 de mayo de 2023, de https://aemetblog.es/2016/03/31/conoces-la-nominacion-que-se-atribuye-a-los-distintos-tipos-de-precipitaciones/

Aguirre Mendoza, A. (2017). *Diseño de una torre auto soportada triangular de 60 metros portadora de antenas*. [Tesis para obtención de título profesional. Universidad Nacional de Piura]. https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1076/CIV-AGU-MEN-17.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Amazon. (2023). *Cable de puesta a tierra - conductor de tierra de 3 m*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://www.amazon.es/AS-Schwabe-70869-H07V-K-16-amarillo/dp/B00475BKJE

Aplicaciones Tecnológicas S.A. (2016). *Pararrayos y accesorios*. Aplicaciones Tecnológicas S.A. Recuperado el 16 de mayo de 2023, de https://at3w.com/upload/ficheros/02_pararrayos_y_accesorios_es.pdf

Autosolar Energía del Perú SAC. (2023). *Batería Litio 3.5kWh Pylontech US3000C 48V*. Recuperado el 2 de abril de 2023, de https://autosolar.pe/baterias-de-litio/bateria-litio-35kwh-pylontech-us3000c-48v

Autosolar Energía del Perú SAC. (2023). *Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro*. Recuperado el 19 de mayo de 2023, de https://autosolar.pe/cable-unifilar/cable-unifilar-50-mm2-powerflex-rv-k-negro

Autosolar Energía del Perú SAC. (2023). *Controlador SmartSolar MPPT 150V 35A VICTRON*. Recuperado el 2 de abril de 2023, de https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-smartsolar-mppt-150v-35a-victron

Ballon Medina, F. A. (2020). *Diseño del subsistema de microondas para una red Punto a Punto y Punto a Multipunto para brindar los servicios de Internet e Intranet en las regiones de Apurímac, Ayacucho y Huancavelica*. [Tesis de grado, Universidad Católica San Pablo]. Repositorio institucional de la Universidad Católica San Pablo. https://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/20.500.12590/16627

Berger, G. (1967). Étapes de la prospective. Francia: Editorial Presses universitaires.

Box, G. E. P., Hunter, W. G., Hunter, J. S. (1978). Statistics for experimenters: an introduction to design, data analysis, and model building. Reino Unido: Editorial Wiley.

Briceño Quispe, C. Z. (2020). *Implementación del radioenlace por microondas y su influencia en la transmisión de datos, en la aviación del ejército callao – 2019*. [Tesis de grado, Instituto Científico y Tecnológico del Ejercito - ICTE]. Repositorio institucional del Instituto Científico y Tecnológico del Ejercito – ICTE. http://repositorio.icte.ejercito.mil.pe/handle/ICTE/179

Canal Camero, H. R. (2006) *Diseño de un enlace de comunicaciones entre los hospitales Essalud de Cusco y Urubamba.* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1086

Cistronix Perú SA. (2023). *Cisco Catalyst 2960-24-S 24 Port Switch*. Recuperado el 2 de abril de 2023, de https://cistronixperu.com/caracteristicas.php?idp=4594&nparte=WS-C2960-24-S

Ciudadwireless Informática y Telecomunicaciones, S.L. (2023). *Grandstream IPVT10-35 license IPVT10-35 license para 35 usuarios*. Recuperado el 18 de mayo de 2023, de https://www.ciudadwireless.com/grandstream_ipvt10-35_license_ipvt10-35_license_usuarios-p-18319.html

Ciudadwireless Informática y Telecomunicaciones, S.L. (2023). *Grandstream IPVT10-100 license Licencia de expansión para IPVT10*. Recuperado el 18 de mayo de 2023, de https://www.ciudadwireless.com/grandstream_ipvt10-100_license_licencia_expansi%C3%B3n_ipvt10-p-17635.html

Ciudadwireless Informática y Telecomunicaciones, S.L. (2023). *Grandstream IPVT10-300 license Licencia de expansión para IPVT10*. Recuperado el 18 de

mayo de 2023, de https://www.ciudadwireless.com/grandstream_ipvt10-300_license_licencia_expansi%C3%B3n_ipvt10-p-17637.html

Cochran, W. G., Cox, G. M. (1965). *Diseños experimentales*. España: Editorial Trillas.

Compukaed EIRL. (2023). *Bolsa x 100 fundas capuchas para los conectores rj-45 rj45 de red trautech*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://ckcompukaed.com/tienda/redes-y-conectividad/bolsa-x-100-fundas-capuchas-para-los-conectores-rj-45/

Computo Nacional SAC. (2023). Servidor Dell PowerEdge R340, Intel Xeon E-2124, 3.30 GHz, 8GB DDR4, 2TB SATA 1 procesador instalado, disco duro 2TB SATA 6 Gbps, 8GB DDR4, controlador de almacenamiento PERC H330 Raid, controlador in. Recuperado el 16 de mayo de 2023, de http://www.computo.com.pe/productos/sin-categorizar/368298/r3401e20812t1anv1-servidor-dell-poweredge-r340-intel-xeon-e-2124-330-ghz-8gb

CONAREME. (2019). *Establecimientos de Salud.* Recuperado el 16 de noviembre de 2022, de http://www.conareme.org.pe/web/Documentos/Admision2019/EESS.xlsx

Córdova Sandoval, A. J. (2019). *Diseño de red de radioenlaces vía microondas para acceso al servicio de internet a los pueblos más alejados del distrito de Tambogrande*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Piura. http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1575

Creswell, J. D., Creswell, J. W. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Estados Unidos: Editorial SAGE Publications.

CYPE Ingenieros, S.A. (2023). *IAA031 Mástil para fijación de antenas*. Generador de Precios Perú. Recuperado el 15 de abril de 2023, de http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Audiovisuales/Red_de_cables_coaxiales/Mastil_para_fijacion_de_antenas_0_0_0_0_5_0_0.html

CYPE Ingenieros, S.A. (2023). *IAA032 Torreta para fijación de antenas*. Generador de Precios Perú. Recuperado el 15 de abril de 2023, de http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=3|0_0_0_0|1|IAA032|iaa_032:_0_0_0_0_0_0_0

CYPE Ingenieros, S.A. (2023). *IAA032 Torreta para fijación de antenas*. Generador de Precios Perú. Recuperado el 15 de abril de 2023, de http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=6|0_0_0_0|1|IAA032|iaa_032:_0_0_0_0_0_3_0

CYPE Ingenieros, S.A. (2023). *IAA032 Torreta para fijación de antenas*. Generador de Precios Perú. Recuperado el 15 de abril de 2023, de http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=10|0_0_0_0|1|IAA032|iaa_032:_0_0_0_0_0_6_0

CYPE Ingenieros, S.A. (2023). *IAA032 Torreta para fijación de antenas*. Generador de Precios Perú. Recuperado el 15 de abril de 2023, de http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=13|0_0_0_0|1|IAA032|iaa_032:_0_0_0_0_0_10_0

CYPE Ingenieros, S.A. (2023). *IPE010 Pararrayos de punta Franklin*. Recuperado el 1 de abril de 2023, de http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Proteccion_frente_al_rayo/Sistemas_externos/Pararrayos_de_punta_Franklin.html

Dell EMC. (2019). *poweredge-r240-spec-sheet*. Recuperado el 18 de diciembre de 2022, de https://i.dell.com/sites/csdocuments/Product_Docs/en/poweredge-r240-spec-sheet.pdf

Diario Oficial El Peruano. (2021). Congreso de la Reública - Ley Nº 31207 (p. 4-5). https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-que-garantiza-la-velocidad-minima-de-conexion-a-internet-ley-n-31207-1959035-1

DS3 Comunicaciones. (2023). *Lista de Precios Cisco Catalyst 3650*. Recuperado el 2 de abril de 2023, de https://www.ds3comunicaciones.com/cisco/catalyst_3650.html

Eco Green Energy. (2018). *datasheet-panel-550w-24v-ecogreen*. Recuperado el 19 de enero de 2023, de https://autosolar.pe/pdf/datasheet-panel-550w-24v-ecogreen.pdf

Ecos Solares. (2023). *Victron Energy Phoenix Inverter 48/500 220V VE.Direct NEMA 5-15R*. Recuperado el 2 de abril de 2023, de https://ecosolares.pe/product/victron-energy-phoenix-inverter-48-500-220v-ve-direct-nema-5-15r/

Educantel. (2023). *Qué es Teleeducación*. Recuperado el 15 de octubre de 2022, de https://educanet.antel.com.uy/mod/book/tool/print/index.php?id=6341

ELEMSIN E.I.R.L. (2023). *Lista de Precios de Gabinetes y Racks*. Gabinetes y Racks. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://gabinetesyracks.pe/precios/

Energy Tech Ingenieros. (2023). *Panel Solar 550W 24V Monocristalino PERC EcoGreen*. Recuperado el 2 de abril de 2023, de https://energytechingenieros.com/producto/panel-solar-550w-24v-monocristalino-perc-ecogreen/

ESCALE MINEDU (2020). *Porcentaje de aprobados, primaria, total.* http://escale.minedu.gob.pe/tendencias-2016-portlet/servlet/tendencias/archivo?idCuadro=121&tipo=excel

ESCALE MINEDU (2020). *Porcentaje de aprobados, secundaria, total.* http://escale.minedu.gob.pe/tendencias-2016-portlet/servlet/tendencias/archivo?idCuadro=135&tipo=excel

ESCALE MINEDU (2021). *Porcentaje de alumnos con atraso escolar, primaria, total.* http://escale.minedu.gob.pe/tendencias-2016-portlet/servlet/tendencias/archivo?idCuadro=14&tipo=excel

ESCALE MINEDU (2021). *Porcentaje de alumnos con atraso escolar, secundaria, total.* http://escale.minedu.gob.pe/tendencias-2016-portlet/servlet/tendencias/archivo?idCuadro=21&tipo=excel

ESCALE MINEDU (2021). *Porcentaje de repetidores, primaria, total.* http://escale.minedu.gob.pe/tendencias-2016-portlet/servlet/tendencias/archivo?idCuadro=1&tipo=excel

ESCALE MINEDU (2021). *Porcentaje de repetidores, secundaria, total.* http://escale.minedu.gob.pe/tendencias-2016-portlet/servlet/tendencias/archivo?idCuadro=8&tipo=excel

ESCALE MINEDU (2022). *Ratio alumnos por computadora, primaria (número de alumnos)*. http://escale.minedu.gob.pe/ueetendencias2016;jsessionid=35a31b6f3106e1e559ee2627bc6a?p_auth=FH3OWPiZ&p_p_id=TendenciasActualPortlet2016_WAR_tendencias2016portlet_INSTANCE_t6xG&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=3&_TendenciasActualPortlet2016_WAR_tendencias2016portlet_INSTANCE_t6xG_idCuadro=54

ESCALE MINEDU (2022). *Ratio alumnos por computadora, secundaria (número de alumnos)*. http://escale.minedu.gob.pe/ueetendencias2016;jsessionid=35a31b6f3106e1e559ee2627bc6a?p_auth=FH3OWPiZ&p_p_id=TendenciasActualPortlet2016_WA

R_tendencias2016portlet_INSTANCE_t6xG&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=3&_TendenciasActualPortlet2016_WAR_tendencias2016portlet_INSTANCE_t6xG_idCuadro=55

ESCALE MINEDU (2023). Recuperado el 19 de febrero de 2023, de MINEDU. http://sigmed.minedu.gob.pe/mapaeducativo/

Federal Communications Commission (2018). *Guía de Velocidades de Banda Ancha*. Recuperado el 17 de noviembre de 2022, de https://www.fcc.gov/consumers/guides/guia-de-velocidades-de-banda-ancha

Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., Hernández Sampieri, R. (2006). *Metodología de la investigación*. Colombia: Editorial MacGraw-Hill/Interamericana.

Fisher, R. A., Prance, G. T. (1974). *The Design of Experiments*. Reino Unido: Editorial Hafner Press.

Flores Guillén, P. C. & Pacora Juro, B. O. (2020). Diseño estructural comparativo de torres de telecomunicaciones autosoportadas y su incidencia en el costo de fabricación proyecto regional de banda ancha. (p. 188-190). [Tesis de grado, Universidad Nacional Del Callao - UNAC]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Del Callao - UNAC. http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6013/TESIS_PREGRADO_FLORES_PACORA_FIME_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Godet, Michel. (1991). *Prospectiva y planificación estratégica*. España, S.G. Editores.

González Arias, A. (2001). *¿Qué es el magnetismo?* (1.ª ed., p. 68). (1.ª ed.). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.

Grandstream. (2022). *datasheet_ipvt10_spanish.* Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de https://www.grandstream.com/hubfs/Product_Documentation/datasheet_ipvt10_spanish.pdf

Graphene Themes (2018). *Elastixtech*. Recuperado el 7 de noviembre de 2022, de https://elastixtech.com/calcular-ancho-de-banda-en-voip/

Grupo C&C SAC. (2023). *Conectores dixon plug rj45 cat6 por caja de 100 unid*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://www.grupocyc.pe/conector-rj45-capucha-rj45/4114-conectores-dixon-plug-rj45-cat6-por-caja-de-100-unid-pnpb88502x-cn.html

Hernando Rábanos, J. M., Riera Salís, J. M., & Mendo Tomás, L. (2013). *Transmisión por radio* (7.ª ed., p. 46, 69, 71, 72, 73). Editorial Universitaria Ramón Areces.

I.R. Electronics EIRL. (2023). *Cable STP cat 6 solido exterior DIXON 3067*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://irelectronics.pe/producto/cable-stp-cat-6-solido-lszh-dixon-3067/

I.R. Electronics EIRL. (2023). *Cable UTP cat 6e cca solido lancom l-cat6e-g*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://irelectronics.pe/producto/cable-utp-cat-6e-cca-solido-lancom-l-cat6e-g/

INEI. (2017). *Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017*. Recuperado el 6 de marzo de 2023, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/cuadros/dpto02.xlsx

INEI. (2017). *Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017*. Recuperado el 28 de mayo de 2023, de https://visor.geoperu.gob.pe/reporte/021001

INEI. (2017). *Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017*. Recuperado el 28 de mayo de 2023, de https://visor.geoperu.gob.pe/reporte/021003

INEI. (2020). Perú: Indicadores de Educación por Departamentos, 2009-2019. *libro.pdf (p. 297-298).* https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1751/libro.pdf

INEI. (2020). *Sistema de Información Geográfica (SIGE) - Sistema de Consulta de Centros Poblados*. Recuperado el 15 de diciembre de 2022, de http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/

INEI (2021). *Nivel de educación alcanzado por la población de 15 y más años de edad, según ámbito geográfico, 2011-2021*. https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/5.23a_Niv-Ed_IT_Dic.2022.xlsx

INEI (2021). *Número de habitantes por cada enfermera(o) en el departamento de Áncash*. https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/5-hab-x-medico_1.xlsx

INEI (2021). *Número de habitantes por cada médico en el departamento de Áncash*. https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/5-hab-x-medico_1.xlsx

INEI (2021). *Promedio de años de estudio alcanzado por la población de 15 y más años de edad, según ámbito geográfico, 2011 – 2021*. https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/logro.xlsx

INEI (2021). *Tasa de analfabetismo de la población de 15 y más años de edad, según grupos de edad y sexo, 2011-2021*. https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/5.21a_Analf_IT_2022.xlsx

Infranetworking. (2023). *Servidor FTP*. Recuperado el 10 de febrero de 2023, de https://blog.infranetworking.com/servidor-ftp/#:~:text=Por%20lo%20general%20se%20usan,%2C%20audios%2C%20videos%2C%20etc.

ITU (2005). *Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción*. (Recomendación UIT-R P.838-3). https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.838-3-200503-I!!PDF-S.pdf

ITU. (2021). *Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa*. Recomendación UIT-R P.530-18. Serie P Propagación de las ondas radioeléctricas. (p. 5) https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.530-18-202109-I!!PDF-S.pdf

Kerlinger, F. N. (1986). *Foundations of behavioral research*. (p. 294) Suiza: Editorial Holt, Rinehart and Winston.

Mayo Clinic. (2023). *Telesalud: Cuando la tecnología se une al cuidado de la salud*. Recuperado el 15 de octubre de 2022, de https://www.mayoclinic.org/es-es/healthy-lifestyle/consumer-health/in-depth/telehealth/art-20044878#:~:text=La%20telesalud%20consiste%20en%20el,puedes%20usar%20desde%20tu%20hogar.

MCC. (2023). *Grapa Exterior (Torre) Híbrida Triple [DC(9-14mm) + FO(4-7mm)]*. Recuperado el 19 de mayo de 2023, de https://mccspain.com/producto/grapa-exterior-torre-hibrida-triple-dc9-14mm-fo4-7mm/

MIDIS (2022). *Resolución Dirección Ejecutiva N° D000245-2022-MIDIS/PNAEQW-DE*. (p. 4-7). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3241241/ilovepdf_merged.pdf.pdf

MTC. (2007). *Decreto Supremo Nº 020-2007-MTC.* (p. 8-9) http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2137.pdf

MTC. (2011). Decreto Supremo N° 015-2011-MTC (p. 3). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/403837/DS_015-2011-MTC.pdf

MTC. (2013). Decreto Supremo N° 006-2013-MTC (p. 3, 4, 5). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/401795/DS_006-2013-MTC.pdf

MTC. (2013). Resolución Ministerial N° 199-2013-MTC/03 (p. 2). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/358686/1_0_4486.pdf

MTC. (2023). Propuesta de actualización tarifaria para la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. Recuperado el 22 de diciembre de 2023, de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5091553/PROPUESTA%20DE%20ACTUALIZACI%C3%93N%20TARIFARIA%20PARA%20LA%20RED%20DORSAL%20NACIONAL%20DE%20FIBRA%20%C3%93PTICA.pdf

Neuman, W. L. (2013). Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches. (p. 69). Reino Unido: Editorial Pearson.

Oliver Style. (2012). *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo (1.ª ed., p. 4-5, 86-99)*. Editorial Itaca Appropriate Technology. https://books.google.com.pe/books?id=cNJB5tdbcJ0C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

OSIPTEL. (2021). Resolución de Consejo Directivo Nº 00138-2021-CD/OSIPTEL. (p. 4-6). https://www.osiptel.gob.pe/media/q4cnz0kc/resol138-2021-cd.pdf

OSIPTEL. (2015). *Resolución de Consejo Directivo Nº 004-2015-CD/OSIPTEL.* (p. 3). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1528227/N%C2%BA%20004-2015-CD/OSIPTEL%C2%A0.pdf?v=1609878414

OSIPTEL. (2018). *Resolución de Consejo Directivo Nº 148-2018-CD/OSIPTEL*. (p. 3). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1528701/N%C2%B0%20148-2018-CD/OSIPTEL%C2%A0.pdf?v=1609879588

OSIPTEL. (2022). *Proyecto de Resolución Tarifaria - Resolución de Consejo Directivo N.° 217-2022-CD/OSIPTEL.* https://www.osiptel.gob.pe/media/xecbhklz/resol217-2022-cd-proyecto-resolucion.pdf

Promotores eléctricos S.A. (2023). *Cinta aislante autofundente PLY-69L 3/4¨ x9.15mts*. Promelsa. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://www.promelsa.com.pe/1033468-cinta-aislante-autofundente-ply-69l-3-4x9-15mts.html

Promotores eléctricos S.A. (2023). Tubo Conduit acero galvanizado IMC 1 1/2¨ x3mts, UL. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://www.promelsa.com.pe/1004289-tubo-conduit-acero-galvanizado-imc-1-1-2-x-3mts-ul.html?gclid=CjwKCAjw__ihBhADEiwAXEazJqCkmYrw9M4_UFF8ZnNmFDDKGvXPo-aSHN8EzOoxlIN6hHcRSpItuRoC_GAQAvD_BwE

Promotores eléctricos S.A. (2023). Varilla de cobre electrolítico 5/8¨ x2.4mts. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://www.promelsa.com.pe/1011758-varilla-de-cobre-electrolitico-5-8-x2-4mts.html?gclid=CjwKCAjw__ihBhADEiwAXEazJquZ7yATTYznUuwapA3Wnj0OkOY6VW27zlbiUiqZQ6noZGHfHrlwfxoCtGkQAvD_BwE

PRONATEL. (2018). *Anexo 8B de las bases – Especificaciones técnicas de la red de acceso*. *Anexo_8b_lima*. (p. 3-4). http://www.pronatel.gob.pe/sproyectos/archivos/anexo_8b_lima.pdf

Pylontech. (2020). *Manual Pylontech US3000.* Recuperado el 19 de enero de 2023, de https://autosolar.es/pdf/US3000-Product-Manual-18BQSV0801.pdf

Ramírez Luz, R. (2015). *Sistemas de Radiocomunicaciones.* (1.ª ed., p. 222) Madrid, España.: Ediciones Paraninfo.

Rappaport, T. S. (2002). *Wireless Communications: Principles and Practice* (2.ª ed., p. 93-96) Upper Saddle River, N.J.: Editorial Prentice Hall PTR,

Real Academia Española. (2023). *Internet*. Recuperado el 15 de noviembre de 2022, de https://dle.rae.es/?w=internet&m=form&o=h

Router-switch Ltd. (2023). C921-4P. Recuperado el 2 de abril de 2023, de https://www.router-switch.com/c921-4p.html

Router-switch. (2022). *c921-4p-datasheet*. Recuperado el 17 de diciembre de 2022, de https://www.router-switch.com/pdf2html/pdf/c921-4p-datasheet.pdf

Router-switch. (2022). *ws-c2960x-24ts-l-datasheet.* Recuperado el 16 de diciembre de 2022, de https://www.router-switch.com/ws-c2960x-24ts-l-datasheet-pdf.html

Router-switch. (2022). *WS-C3650-24TS-E Datasheet.* Recuperado el 15 de noviembre de 2022, de https://www.router-switch.com/cisco-ws-c3650-24ts-e-datasheet-pdf.html

Router-switch. (2022). *ws-c2960-8tc-l-datasheet*. Recuperado el 16 de noviembre de 2022, de https://barghchi.com/wp-content/uploads/2021/11/ws-c2960-8tc-l-datasheet.pdf

Sabino, C. (2014). *El proceso de investigación*. Guatemala: Editorial Episteme.

Sears & Zemansky. (2009). *Fisica Universitaria con Fisica Moderna Vol 2* (12.ª ed., p. 1093, 1104, 1105, 1144, 1124, 1125). México: Pearson Educación.

Senamhi. (2020). *Informe Técnico: Análisis del Periodo Lluvioso 2019/2020 a nivel nacional*. (p. 12). Recuperado el 23 de mayo de 2023, de https://www2.senamhi.gob.pe/load/file/01403SENA-36.pdf

Soporte de Skype. (2022). *¿Cuánto ancho de banda necesita Skype?* Recuperado el 7 de enero de 2023, de https://support.skype.com/en/faq/FA1417/how-much-bandwidth-does-skype-need?frompage=search&q=network+speed&fromSearchFirstPage=false

Store Smart House. (2023). *Barra de Puesta a Tierra para Telecomunicaciones (TGB), de 1/4in x 2in x 10in*. Recuperado el 19 de mayo de 2023, de https://store-smarthouse.com/products/gb2b0304tpi-1

Telequismo. (2012). *Radioenlaces microondas en banda licenciada, ¿por dónde empezar?* Telequismo. Recuperado el 05 de mayo de 2023, de https://www.telequismo.com/2012/07/radioenlaces-microondas-en-banda.html/

Trochim, W. M. K., Arora, K., Donnelly, J. P. (2016). *Research Methods: The Essential Knowledge Base*. India: Editorial Cengage Learning.

Ubiquiti LatAm. (2020). *Configuración de un enlace PtP airFiber: AF-5XHD.* Recuperado el 25 de enero de 2023, de https://www.youtube.com/watch?v=AXwEE_UX_QI&t=2345s

Ubiquiti Networks. (2016). *airFiber Antennas Datasheet*. Recuperado el 9 de noviembre de 2022, de https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_Antennas_DS.pdf

Ubiquiti Networks. (2018). *airMAX Omni Antennas Datasheet*. Recuperado el 14 de noviembre de 2022, de https://dl.ubnt.com/datasheets/airmaxomni/amo_ds_web.pdf

Ubiquiti Networks. (2018). *airMAX Sector Antennas Datasheet*. Recuperado el 12 de noviembre de 2022, de https://dl.ubnt.com/datasheets/airmaxsector/airMAX_Sector_Antennas_DS.pdf

Ubiquiti Networks. (2019). *airMAX ac Sector Antennas Datasheet.* Recuperado el 12 de noviembre de 2022, de https://dl.ubnt.com/datasheets/airMAX_ac_Sector/airMAX_ac_Sector_Antennas_DS.pdf

Ubiquiti Networks. (2020). *airFiber AF-5XHD Datasheet*. Recuperado el 8 de noviembre de 2022, de https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_5XHD_DS.pdf

Ubiquiti Networks. (2020). *Guía de inicio rápido de AF-5XHD.* 2022. Recuperado el 11 de noviembre de 2022, de https://dl.ubnt.com/qsg/AF-5XHD/AF-5XHD_ES.html

Ubiquiti Networks. (2020). *LTU-LR Datasheet*. Recuperado el 12 de noviembre de 2022, de https://dl.ui.com/ds/ltu-lr_ds.pdf

Ubiquiti Networks. (2020). *LTU-Rocket Datasheet.* Recuperado el 12 de noviembre de 2022, de https://dl.ubnt.com/ds/ltu-rocket

Ubiquiti Networks. (2022). *Guía de inicio rápido de ETH-SP-G2.* Recuperado el 15 de noviembre de 2022, de https://dl.ubnt.com/qsg/ETH-SP-G2/ETH-SP-G2_ES.html

Ubiquiti Networks. (2023). *UISP airFiber 5 GHz, 34 dBi, Slant 45 Antenna*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://store.ui.com/collections/wireless/products/airfiber-x-antenna-5ghz-34dbi-slant-45?_pos=1&_sid=1d3e1fa85&_ss=r

Ubiquiti Networks. (2023). *UISP airFiber 5XHD Radio*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://store.ui.com/collections/operator-airfiber/products/airfiber-5xhd

Ubiquiti Networks. (2023). *UISP airFiber X 5 GHz, 23 dBi, Slant 45 Antenna*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://store.ui.com/collections/wireless/products/airfiber-x-antenna-5ghz-23dbi-slant-45?_pos=1&_sid=f703b41bb&_ss=r

Ubiquiti Networks. (2023). UISP airFiber X 5 GHz, 30 dBi, Slant 45 Antenna. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://store.ui.com/collections/wireless/products/airfiber-x-antenna-5ghz-30dbi-slant-45?_pos=3&_sid=edf442c99&_ss=r

Ubiquiti Networks. (2023). *UISP airMAX 5 GHz, 13 dBi Omni Antenna*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de

https://store.ui.com/collections/wireless/products/5ghz-airmax-omni-13dbi-rocket-kit?_pos=1&_sid=a2cfd5558&_ss=r

Ubiquiti Networks. (2023). *UISP airMAX 5 GHz, 19 dBi, 120º Sector Antenna*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://store.ui.com/search?mockup=AM-5G19-120&q=AM-5G19-120*

Ubiquiti Networks. (2023). *UISP airMAX AC 5 GHz, 21 dBi, 60º Sector Antenna*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://store.ui.com/collections/wireless/products/5ghz-airmax-basestation-21dbi-60-deg-ac?_pos=1&_sid=3c4e3ad45&_ss=r

Ubiquiti Networks. (2023). *UISP LTU Rocket*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://store.ui.com/collections/operator-ltu/products/ltu-rocket

UIT. (2008). *Regulación de Radio, v. 1, Artículo 2*; Edición de 2008. Consultado el 12 de noviembre de 2022.

Universidad UTEL. (2020) *«¿Qué es una videoconferencia?»*. Recuperado el 9 de octubre de 2022, de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r162r/w18196w/videoconferencia.pdf

Victron Energy. (2018). *Ficha-tecnica-3003017*. Recuperado el 20 de enero de 2023, de https://autosolar.pe/pdf/Ficha-tecnica-3003017.pdf

Victron Energy. (2020). *Ficha-smartsolar-mppt-victron-150-35*. Recuperado el 19 de enero de 2023, de https://autosolar.pe/pdf/Ficha-smartsolar-mppt-victron-150-35.pdf

Vidal San Roman, R. (2011). *Estudio Comparativo De Dos Tipologías Estructurales Para Soporte De Antenas De Telefonía Móvil*. [Tesis para obtención de título profesional. Universidad Carlos III de Madrid]. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11775/MEMORIA_PFC_TORRES_TELEFONIA_MOVIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Voipsupply. (2023). *Grandstream IPVT10 Base System*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://www.voipsupply.com/grandstream-ipvt10-enterprise-video-conferencing-server

Voipsupply. (2023). *Xorcom CTS2000 IP-PBX Failover System*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://www.voipsupply.com/xorcom-cts2000

Voipsupply. (2023). *Xorcom CTS3000 IP-PBX Failover System*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://www.voipsupply.com/xorcom-cts3000

Webempresa. (2023). ¿Qué es un servidor Web y para qué sirve? Recuperado el 2 de febrero de 2023, de https://www.webempresa.com/hosting/que-es-servidor-web.html#:~:text=Un%20servidor%20web%20es%20un,en%20su%20navegador%20puedan%20hacerlo.

XORCOM Business Telephony Solutions. (2022). *CTS2000_Data_Sheet*. Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de https://files.xorcom.com/techdocs/datasheet-cts2000.pdf

XORCOM Business Telephony Solutions. (2022). *CTS3000_Data_Sheet*. Recuperado el 19 de diciembre de 2022, de https://files.xorcom.com/techdocs/datasheet-cts3000.pdf

Zones, LLC. (2023). *Cisco Catalyst 2960-8TC-S - switch - 8 ports - managed*. Recuperado el 2 de abril de 2023, de https://www.zones.com/site/product/index.html?id=100591623&page_name=product_tech_spec

ANEXOS

ANEXO 1

Propuesta tarifaria de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica

Rango de velocidades por enlace contratado	US$ por Mbps sin IGV	US$ por Mbps con IGV
Hasta 80 Mbps	9.5	11.21
Mayor a 80 hasta 200 Mbps	3.5	4.13
Mayor a 200Mbps hasta 1 Gbps	2.7	3.19
Mayor a 1 Gbps	2	2.36

Nota. Datos tomados de MTC (2023)