



*Universidad Nacional
"Pedro Ruiz Gallo"*



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

TÍTULO DE LA TESIS

**DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE DE FIBRA ÓPTICA
Y DE ACCESO INALÁMBRICO PARA MEJORAR EL ACCESO A
LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES Y LOGRAR LA
CONECTIVIDAD INTEGRAL DE LA PROVINCIA DE BAGUA.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
MEYLIN LAIPHEN PORTOCARRERO ELÍAS**

*Lambayeque - Perú
2016*



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS



TÍTULO DE LA TESIS

Diseño de una Red de Transporte de Fibra Optica y de Acceso
Inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de
Telecomunicaciones y Lograr la conectividad Integral de la
Provincia de Bagua.

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO.

PRESENTADO POR

Meylin Laiphen Portocarrero Elías

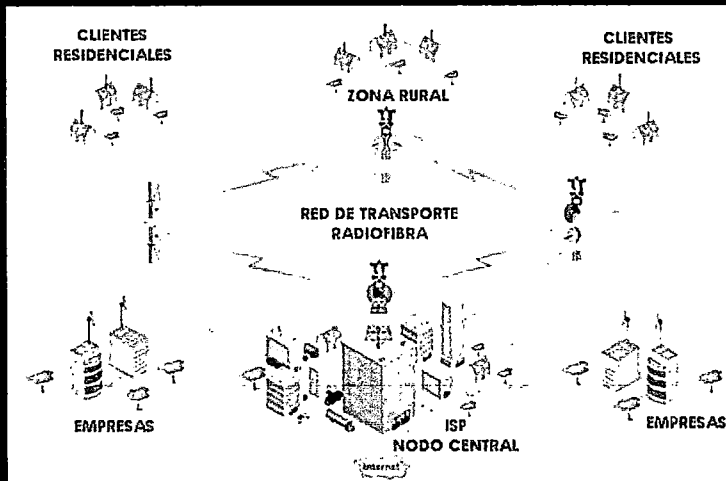
LAMBAYEQUE, PERU

2016

Tesis

Ingeniero Electrónico

**DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE DE FIBRA OPTICA Y DE
ACCESO INALAMBRICO PARA MEJORAR EL ACCESO A LOS
SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES Y LOGRAR LA
CONECTIVIDAD INTEGRAL DE LA PROVINCIA DE BAGUA**



Autor: Meylin Laiphen Portocarrero Elías

Asesor: Ing Segundo Francisco Segura Altamirano

Escuela de Ingeniería Electrónica
Departamento de Computación y Electrónica
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo



Lambayeque, 2016

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



Diseño de una Red de Transporte de Fibra Optica y de Acceso
Inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de
Telecomunicaciones y Lograr la conectividad Integral de la
Provincia de Bagua.

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO.**

Meylin Laiphen Portocarrero Elías

Asesor

Ing Segundo Francisco Segura Altamirano

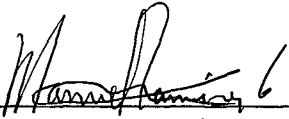
2016

Tesis Presentada por:

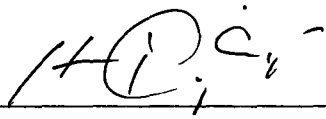
Bach: Meylin Laiphen Portocarrero Elías

Como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico.

**Aceptada por la Escuela Profesional de Ingeniería
Electrónica**



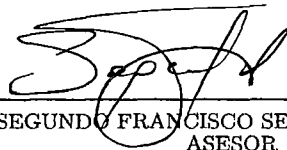
ING. MANUEL JAVIER RAMÍREZ CASTRO
PRESIDENTE



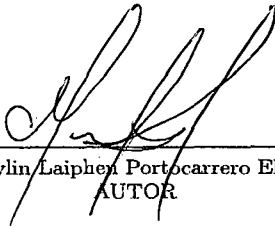
ING. HUGO JAVIER CHICLAYO PADILLA
SECRETARIO



ING. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA
VOCAL



ING. SEGUNDO FRANCISCO SEGURA ALTAMIRANO
ASESOR



Meylin Laiphen Portocarrero Elías
AUTOR

LAMBAYEQUE, PERU

2016

Agradecimientos

A Dios y la Virgen María por haberme bendecido y guiado a lo largo del desarrollo de mi carrera, por acompañarme y ser luz en aquellos momentos de inestabilidad, por permitirme gozar de experiencias gratificantes en mi vida universitaria.

A mis amados padres Álvaro y Gaby por creer en mí, por brindarme su apoyo incondicional no solo económicamente sino espiritualmente, brindándome consejos valiosos, dándome la libertad que necesitaba para tomar decisiones, gracias por permitirme lograr uno de mis sueños.

A mi hermana Gaby por ser mi amiga y ayudarme a lograr mis objetivos, a mi tía y a mi prima, por apoyarme y ser un ánimo de fuerza después de cada amanecida.

A mis entrañables amigos Carla y Erick, una amistad que se forjó en esta gran aventura universitaria, por apoyarme en todo momento por permitirme ver una luz al final del camino y porque a pesar de todo siempre están conmigo.

A todos mis amigos que me brindaron su amistad incondicional, por aquellas risas de experiencias inolvidables, por las discusiones y por ayudarme a ser mejor persona.

A mis profesores por impartir conocimientos que me permitieron desenvolverme en el mundo profesional, por su tiempo y su valiosa amistad

A mi asesor por brindarme su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por ayudarme a lograr uno de mis más grandes anhelos convertirme en un profesional.

Gracias por todo.

Resumen

En esta tesis se ha diseñado una red de transporte óptico, con una red de acceso inalámbrico para mejorar el acceso a los servicios de telecomunicación como el Internet, y lograr la conectividad integral de los distritos pertenecientes a la provincia de Bagua.

Se ha desarrollado un estudio demográfico y análisis económico de la poblaciones de las localidades beneficiadas; lo que ha permitido estimar la demanda que junto con la información de las ubicaciones de los nodos de la RDNFO ayudo en el diseño de la red de transporte óptico y la selección de equipos que garanticen satisfacer la demanda estimada.

De igual forma se ha procedido con la red de acceso inalámbrico, para lograr la interconexión de banda ancha de todas las localidades beneficiadas, resultando en 16 enlaces LOS, en los que se realiza la selección de equipos de transmisión en función de la demanda estimada.

Finalmente se ha logrado el diseño una red de transporte por fibra óptica y la red de acceso inalámbrica que ha interconectado todas las localidades beneficiadas, logrando de esta manera la conectividad integral de los distritos de la provincia de Bagua, garantizando un ancho de banda adecuado a las necesidades estimadas de la población y de las instituciones públicas beneficiadas proyectadas a 10 años, que asegura calidad de transmisión y calidad de servicio.

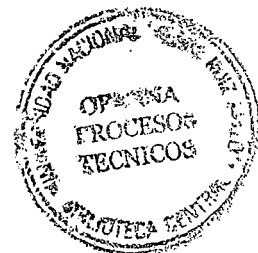
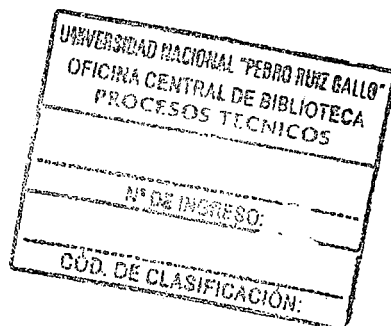
Abstract

In this thesis has designed an optical transport network with a wireless access network to improve access to telecommunications services such as Internet, and achieve seamless connectivity districts belonging to the province of Bagua.

It has developed a demographic and economic analysis of the populations of the beneficiary communities; allowing estimate demand that information along with the locations of nodes RDNFO helped in the design of optical transport network and the selection of equipment to ensure meet the estimated demand.

Similarly we proceeded with the wireless access network, to achieve broadband interconnection of all beneficiary communities, resulting in 16 links, where the selection of transmission equipment based on the estimated demand is made. Finally achieved the design a network of fiber optic transmission and wireless access network has interconnected all localities benefited, thus achieving comprehensive connectivity districts of the province of Bagua, ensuring adequate bandwidth to the estimated needs of the population and public institutions benefited projected to 10 years, which ensures transmission quality and service quality.

-translation by google-



Índice Abreviado

<i>Resumen</i>	III
<i>Abstract</i>	V
<i>Índice Abreviado</i>	VII
1. Introducción	1
1.1. Descripción del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos de la Investigación	3
1.5. Hipotesis	4
2. Análisis de la Provincia de Bagua, sus Distritos y Localidades	5
2.1. La Región de Amazonas	6
2.2. Provincia de Bagua	6
2.3. Dimensionamiento	11
3. Redes de Banda Ancha	17
3.1. Introducción a las Redes de Banda Ancha	17
3.2. Tecnologías de acceso a la red	19
3.3. Fibra Óptica	19
3.4. Banda Ancha Inalámbrica y Redes inalámbricas	23

3.5. WIMAX	25
4. Ingeniería de Red	43
4.1. Red de Transporte Óptico	43
4.2. Diseño de Red de Distribución Inalámbrica	51
5. Conclusiones	61
Apéndice A. Datasheet de Equipos	63
<i>Índice de Figuras</i>	91
<i>Índice de Tablas</i>	93
<i>Bibliografía</i>	95
<i>Glosario</i>	97
Glossary	97

Índice

<i>Resumen</i>	III
<i>Abstract</i>	V
<i>Índice Abreviado</i>	VII
1. Introducción	1
1.1. Descripción del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos de la Investigación	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Hipotesis	4
2. Análisis de la Provincia de Bagua, sus Distritos y Localidades	5
2.1. La Región de Amazonas	6
2.1.1. Población	6
2.2. Provincia de Bagua	6
2.2.1. Ubicación Geográfica	6
2.2.2. Distritos	8
2.2.3. Población	9
2.2.4. Aspectos Demográficos	9

2.2.5. Educación	10
2.2.6. Empleo	10
2.3. Dimensionamiento	11
3. Redes de Banda Ancha	17
3.1. Introducción a las Redes de Banda Ancha	17
3.2. Tecnologías de acceso a la red	19
3.3. Fibra Óptica	19
3.3.1. Tipos de Fibra Óptica	21
Monomodo	21
Multimodo	21
3.3.2. Tipos de Conectores de Fibra Óptica	22
3.4. Banda Ancha Inalámbrica y Redes inalámbricas	23
3.4.1. Tipos de red de Datos	23
3.4.2. Estándares de Redes de Datos	24
3.5. WiMAX	25
3.5.1. Protocolos y Topología	27
Arquitectura de Protocolos WiMAX	27
Gestión de Red	28
Topología WiMax	29
Bandas de Frecuencias	29
Sectorización	30
Bandas Licenciadas y No Licenciadas	30
Arquitectura Genérica	31
Modulación	32
Cadena de transmisión	36
3.5.2. Desempeño de WiMAX	36
Capa Física	38
Capa MAC	38

MTU- Máxima Unidad de Transmisión	39
Capa IP	39
Capa Transporte	39
3.5.3. Calidad de Servicio	40
4. Ingeniería de Red	43
4.1. Red de Transporte Óptico	43
4.1.1. Dimensionamiento y Análisis de Ruta de Fibra	44
4.2. Diseño de Red de Distribución Inalámbrica	51
4.2.1. Selección de Equipos	55
Enlace Bagua - Espital	55
Consolidado de Red de Distribución Inalámbrica	57
5. Conclusiones	61
Apéndice A. Datasheet de Equipos	63
<i>Índice de Figuras</i>	91
<i>Índice de Tablas</i>	93
<i>Bibliografía</i>	95
<i>Glosario</i>	97
Glossary	97

1 Introducción

Nada tiene tanto poder para ampliar la mente como la capacidad de investigar de forma sistemática y real todo lo que es susceptible de observación en la vida”..

MARCO AURELIO

Ahora estableceremos la hipótesis de investigación, donde se vera claramente la relación de variables bajo estudio con los indicadores que nos permitirán medir el cumplimiento de los objetivos. Todo esto, después de realizar una descripción de la problemática encontrada y una síntesis mediante la pregunta de la investigación.

1.1 Descripción del Problema

En la actualidad, la llegada de la economía del conocimiento y de la competencia económica global, así como del denominado termino Internet de las cosas, plantea la necesidad de conectarse e intercambiar información utilizando tecnologías basadas en Internet para mejorar la calidad de la educación, y las comunicaciones, implica conocer el impacto que tiene el Internet sobre las empresas, la ciencia, el gobierno y de brindar igualdad de oportunidades a la humanidad.

Los formuladores de políticas educativas han adoptado una postura común en el sentido de que un mejor acceso a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación brinda a las personas una mejor oportunidad de competir en la economía global, promoviendo el desarrollo de una fuerza de trabajo calificada, innovaciones en todos los ámbitos; que puede traducirse en mayores niveles de productividad, competitividad e inclusión social al facilitar la prestación de servicios, como los de educación, salud y administración pública, facilitando la movilidad y desarrollo social.

En la actualidad cerca de 2 millones de personas habitantes del Perú viven en zonas alejadas del centro de las ciudades, con un limitado acceso a los servicios de telecomunicaciones, lo cual incrementa la brecha digital entre zonas urbanas y rurales, limitando el desarrollo óptimo de la educación, de nuevas oportunidades de negocio, de desarrollo social y fomentando el retraso de información económica, salud y cultural.

Dentro de esta población no atendida justamente encontramos a los centros poblados de la Provincia de Bagua, que no cuentan con un servicio de acceso a las redes de telecomunicaciones lo que no les permite, tanto a las instituciones como a los pobladores; gozar de una conectividad integral.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo mejorar el acceso a los servicios de telecomunicación en la provincia de Bagua para lograr la conectividad y desarrollo de sus distritos?

1.3 Justificación

A nivel general y en el caso particular de Perú durante los últimos 15 años, las tecnologías de la información y comunicación han tenido un rápido desarrollo, encabezando estas tecnologías el Acceso a Internet; sin embargo el despliegue a nivel nacional ha sido insuficiente.

En la actualidad los habitantes de las áreas rurales sin acceso a los medios de comunicación tienen que desplazarse a otras localidades para acceder a algún medio de comunicación,

provocando costos en transporte, y pérdida de tiempo, En tal sentido, la implementación de medios de comunicación permitirá generar interacción entre las personas, empresas e instituciones a nivel local, regional y global, logrando conectividad a instituciones de gobierno, los cuales servirán como soporte para la implementación de sistemas de tele-educación, telemedicina, gobierno electrónico y acceso a la información.

Finalmente, el uso de Internet de banda ancha permite a los individuos y hogares acceder y adoptar diversos servicios de Comunicaciones IP, potenciando habilidades, destrezas y talentos, así como mejorar y ampliar conocimientos, recibiendo diversidad de contenidos que puede fortalecer dicho capital (un uso positivo de Internet traerá efectos positivos), lo cual aumentará la productividad, eficiencia y diversificación de la producción de los usuarios, logrando mejoras en el bienestar de los hogares.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Mejorar el acceso a los servicios de telecomunicación como el Internet, y lograr la conectividad integral de los distritos pertenecientes a la provincia de Bagua.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un estudio demográfico y socio económico de la provincia de Bagua a la par un estudio sobre el estado de los servicios de las telecomunicaciones en la región.
2. Analizar y Diseñar una red de telecomunicaciones que permita conectar a los distritos de Bagua.
3. Verificar el desempeño de la red diseñada, en brindar acceso a los servicios de telecomunicaciones en los distritos de Bagua.

1.5 Hipotesis

Si se implementa una red de transporte por fibra óptica y una red de acceso que utiliza enlaces inalámbricos, se podrá mejorar el acceso a los servicios de telecomunicación como el Internet, logrando la conectividad integral de los distritos pertenecientes a la provincia de Bagua, teniendo en cuenta los siguientes indicadores ancho de banda, calidad de transmisión, y la calidad de servicio.

2 Análisis de la Provincia de Bagua, sus Distritos y Localidades

La heterogeneidad étnica, ecológica, cultural y socio-económica caracteriza el territorio rural en el Perú, demanda un esfuerzo especial de la sociedad, en el diseño de las medidas que se propongan para impulsar un proceso de desarrollo sostenible y equitativo. Hasta la fecha las políticas se han formulado en forma general y estandarizada, casi siempre orientadas a la denominada agricultura comercial de alta vinculación al mercado, desconociendo que el sector rural, es más que lo agrario, y que alberga en su territorio un complejo de otras actividades económicas, culturales y sociales, que le imprimen un carácter diverso a su problemática

<http://infoagro.net/programas/Pideral/archivos>

En este capítulo realizamos un trabajo de evaluación de la realidad actual de la provincia de Bagua, sus distritos y centros poblados, desde el contexto del acceso a los

servicios de Telecomunicaciones y el grado de conectividad actual de los mismos. Para este estudio usamos información obtenida mediante búsqueda realizada en Internet.

2.1 La Región de Amazonas

Amazonas es un departamento del Perú ubicado en la parte norte del país. Limita con los departamentos de Cajamarca al oeste, con La Libertad y San Martín al sur, con Loreto al este y al norte con la república de Ecuador.

Abarca 39,2 mil km² de agreste territorio, en su mayoría, cubierto por la Amazonía, donde se ubica Bagua Grande (la ciudad más poblada de la región) con algunas zonas altas al sur, donde se emplaza la capital, Chachapoyas, a una altitud de 2.335 msnm.

La Región Amazonas, abarca las siguientes provincias:(Ver figura 2.1)

1. Bagua.
2. Bongará.
3. Chachapoyas.
4. Condorcanqui.
5. Luya.
6. Rodríguez de Mendoza.
7. Utcubamba

2.1.1 Población

[2] La población proyectada según el INEI al 2015 es de 422 629 habitantes.

2.2 Provincia de Bagua

2.2.1 Ubicación Geográfica

La provincia de Bagua es una provincia del norte del Perú, situada en la parte oeste del Departamento de Amazonas.

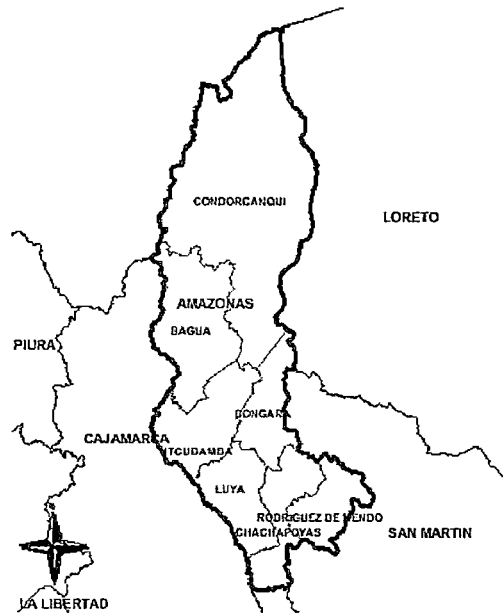


Figura 2.1 Region Amazonas.

- **Por el Norte:** Con la provincia de Condorcanqui.
- **Por el Noroeste:** Con Ecuador
- **Por el Este y el Noreste:** Con la provincia de Condorcanqui.
- **Por el Sur y el Sureste:** Con la provincia de Utcubamba.
- **Por el Oeste:** Con las provincia de Jaén y la provincia de San Ignacio (Cajamarca).

La provincia de Bagua es una de las siete provincias que conforman el departamento de Amazonas bajo la administración del Gobierno regional de Amazonas en el Perú. Está ubicada en la parte septentrional del país y su capital, Bagua se encuentra en el valle del bajo Utcubamba.

Esta provincia amazónica es recorrida por el río Chiriaco, el Utcubamba, la quebrada Atunmayo, la quebrada Copallín, la quebrada Keta, la quebrada Amojau, etc.

Capital de la provincia de Bagua, es la ciudad de Bagua, la cual está situada en una plataforma natural levantada a la orilla derecha del río de Utcubamba, a 400 msnm en los acantilados del río Utcubamba, en la plaza Héroes del Cenepa a 420 msnm, en los promontorios elevados como el cementerio Buen Pastor 500 msnm y 575 msnm en el Cerro dos de Mayo.

Tabla 2.1 Distritos de Provincia de Bagua.

Distrito	Capital	Creación	Altura Capital
Bagua	Bagua	1 de Septiembre de 1941	420 m.s.n.m
La Peca	La Peca	5 de febrero de 1861	552 m.s.n.m
Aramango	Aramango	28 de Diciembre de 1961	521 m.s.n.m
Copallin	Copallin	26 de Diciembre de 1870	700 m.s.n.m
El Parco	El Parco	1 de Septiembre de 1941	597 m.s.n.m
Imaza	Chiriaco	25 de Mayo de 1984	347 m.s.n.m

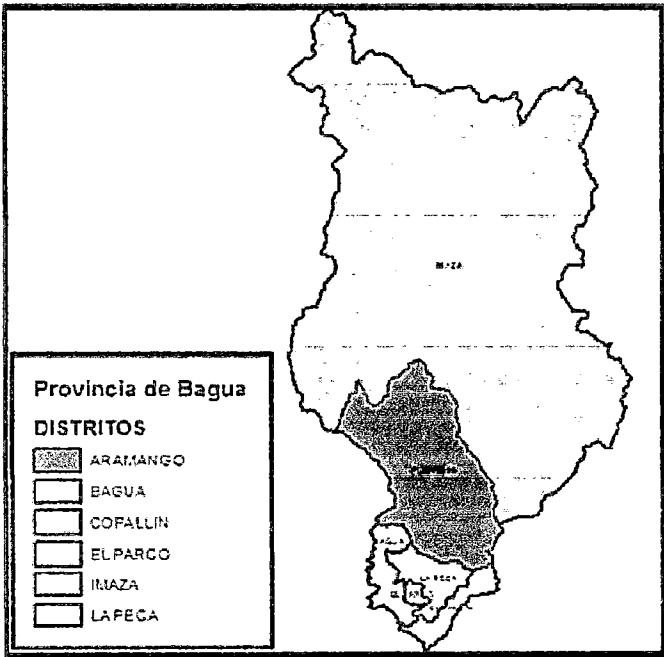


Figura 2.2 Distritos de Provincia de Bagua.

2.2.2 Distritos

La provincia de Bagua se divide en seis (6) distritos. (Ver tabla 2.1 y figura 2.2)

Tabla 2.2 Poblacion por Distritos - Provincia de Bagua.

Provincia y Distrito	2015		
	Total	Hombre	Mujer
Bagua	76 921	39 951	36 970
Bagua	25 956	12 924	13 041
Aramango	11 032	6 029	5 003
Copallin	6 328	3 428	2 900
El Parco	1 476	813	663
Imaza	24 114	12 457	11 657
La Peca	8 006	4 300	3 706

Tabla 2.3 Población Según sexo y grupo edad.

	Porcentaje		
	Total	Hombre	Mujer
Menor a 6 años	12.1	51.9	48.1
de 6 a 11 años	13.2	47.1	52.9
de 12 a 17 años	13.8	59.5	40.5
de 18 a 29 años	16.8	47.2	52.8
de 30 a 59 años	38.9	50.2	49.8
de 60 a mas años	5.3	51.2	48.8

2.2.3 Población

La provincia de Bagua tiene una población proyectada actual a 76 921 habitantes, la cual equivale al 18.2% de la población de la región de Amazonas, en la tabla 2.2 se puede observar la cantidad total de habitantes hombres y mujeres por cada distrito de la provincia de Bagua.

2.2.4 Aspectos Demográficos

La composición demográfica de la población según grupos de edad, se puede observar que el 12.1 % de la población del ámbito de influencia del Proyecto está compuesto por menores de 6 años de edad; es decir, el 87.9% restante de habitantes (de 6 a más años de edad) son usuarios potenciales que harían uso de Internet en el corto plazo. Del análisis por sexo se observa que el 50.8 % de la población son hombres y el 49.2 % son mujeres. Ver la tabla 2.3.

Tabla 2.4 Tasa de Analfabetismo, Según Grupos de Edad (%).

Grupo Total	Sabe leer y escribir	No Sabe leer y escribir
15 a 20 años	100	0.0
21 a 30 años	99.5	0.5
31 a 40 años	99.3	0.7
41 a 65 años	97.7	2.3
Mas de 65 años	88.6	11.4
Total	98.5	1.5

2.2.5 Educación

La capacidad lectora de la población mayor de 15 a más años de edad, pone de manifiesto el nivel de alfabetismo de la población encuestada, en este sentido se observa que 98.5% de esta población sabe leer y escribir, es decir, 1.5% de la población son analfabetos, ver la tabla 2.4. Del análisis por grupos de edad se observa que el nivel de analfabetismo se acentúa entre los de mayor edad. Así por ejemplo, entre las personas que tienen entre 15 y 20 años de edad, el nivel de analfabetismo es cero (0%); este porcentaje pasa a ser 0.5% en el grupo de 21 a 30 años de edad. Entre los grupos de edad de 41 a 65 años y de más de 65 años, el porcentaje de analfabetismo alcanza el 2.3 % y el 11.4 %, respectivamente.

2.2.6 Empleo

Del total de la población del ámbito de influencia, el 33 % son personas que tienen edades menores a los 15 años de edad (población que no se encuentran en edad de trabajar) y el 67% restante de la población se constituye en la población en edad de realizar alguna actividad laboral.

De la población en edad de trabajar, el 34% tienen edades entre 15 y 29 años de edad y el 58% tienen edades entre 30 y 59 años de edad.

En la tabla 2.5 se observa que el 62.8% de la población en edad de trabajar percibe ingresos económicos. Dicho porcentaje se conforma por la suma del 33.3% que tiene ingresos por trabajo remunerado, 10.5% por negocio propio, 0.6% por venta de animales que cría y 18.4% por venta de productos agrícolas. El 37.2% restante, si bien no tiene ningún ingreso económico, son actores importantes en el sostenimiento de los hogares, ya que más de la mitad lo componen las amas de casa. En menor porcentaje están compuestos

Tabla 2.5 Tasa Empleo según tipo (%).

Población en edad de trabajar	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
Trabajo remunerado	68.0	32.0	33.3
Negocio propio (bodega, botica, centro de servicios, etc.)	44.4	55.6	10.5
Venta de animales que cría	84.4	15.6	0.6
Venta de productos agrícolas	89.2	10.8	31.0
Trabaja, pero no percibe ingreso (ama de casa, por ejm.)	11.8	88.2	31.0
No trabaja, pero busca empleo	67.9	32.1	0.9
No trabaja, pero no busca empleo	46.4	53.6	5.3
Total	50.3	49.7	100

por estudiantes que en horas libres ayudan a los padres y otros sencillamente están en busca de empleo. Del análisis por sexo se observa que el 68 % de los que tiene ingresos por trabajo remunerado son hombres. El 89.8% de los que tienen ingresos por venta de productos agrícolas son hombres. Del 31 % de personas que realizan actividades no remuneradas, como ama de casa por ejemplo, el 88.2 % de casos son mujeres.

En cuanto al sector principal en el que trabajan las personas que tienen ingresos económicos, se tiene que el 44 % trabaja en el sector agrícola y en menor porcentaje están los que trabajan en el sector servicios (19.1 %) y en el sector comercio (3.6 %). Las actividades de menor desarrollo son transporte (3.4 %) y crianza de animales (2.1 %), mientras que las actividades de desarrollo incipiente son la industria (0.5 %), madera (0.5 %), artesanía y minería (0.2 %).(Ver figura 2.3)

2.3 Dimensionamiento

Para obtener la demanda de la red ha diseñar se tenido que obtener la información de las localidades beneficiadas seleccionadas y las instituciones consideradas en el área de influencia del proyecto.

De acuerdo al estudio de población hecho en la provincia de Bagua,se ha determinado el número de: Localidades beneficiadas, Locales escolares, Instituciones de Salud, Dependen-

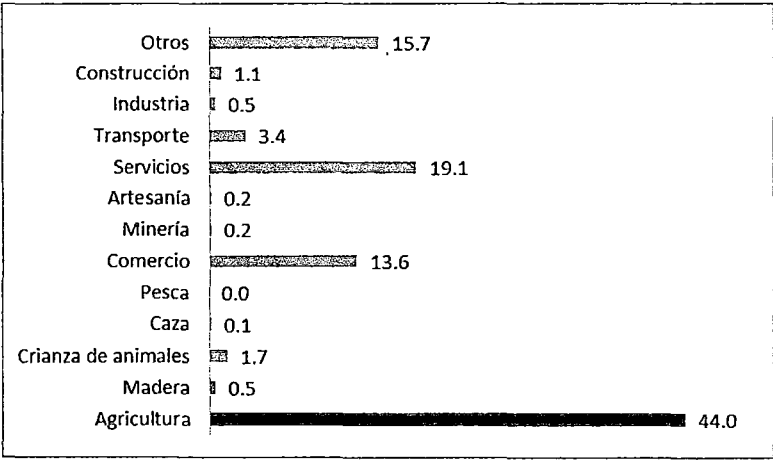


Figura 2.3 Sector en el que se Ubica la Actividad Económica en el que Labora(%).

Tabla 2.6 Numero de Localidades Beneficiadas, Instituciones y Población.

Localidades beneficiarias	Locales escolares	Instituciones de salud	Dependencias policiales	Población proyectada al 2016
21	27	21	5	76 921

Tabla 2.7 Nombre de Localidades Beneficiadas y Distritos.

NRO	DISTRITO	LOCALIDAD
1	BAGUA	ESPITAL
2	BAGUA	CASUAL
3	BAGUA	TOMAQUE
4	BAGUA	PECA PALACTOS
5	ARAMANGO	ARAMANGO
6	ARAMANGO	TUTUMBEROS
7	ARAMANGO	EL MUYO (C.PL.)
8	ARAMANGO	LA LIBERTAD (C.PL.)
9	ARAMANGO	NUMPARQUE
10	COPALLIN	COPALLIN
11	COPALLIN	LLIHUANA
12	COPALLIN	ALENYA
13	EL PARCO	EL PARCO
14	EL PARCO	TOLOPAMPA
15	IMAZA	CHIRIACO
16	IMAZA	NAZARETH
17	IMAZA	PAKUY
18	LA PECA	LA PECA
19	LA PECA	ARRAYAN
20	LA PECA	CHOMZA ALTA
21	LA PECA	SAN FRANCISCO

cias policiales y la población beneficiada, como se muestra en la tabla 2.6. En la tabla 2.7 se puede ver el detalle de las localidades beneficiadas de la Provincia de Bagua con los distritos correspondientes.

Adicionalmente en la tabla 2.8 se muestra las instituciones por localidad.

Tenemos ahora que los porcentajes de penetración de los diferente servicios de acuerdo

Tabla 2.8 Instituciones en Localidades Beneficiadas.

Nro	Localidad	Loc. Es- colares	Centros de Salud	Comisarias	Otros
1	ESPITAL	0	1	0	0
2	CASUAL	0	1	0	0
3	TOMAQUE	1	1	0	0
4	PECA PALACIOS	1	1	0	0
5	ARAMANGO	2	1	1	1
6	TUTUMBEROS	2	1	0	0
7	EL MUYO (C.P.L.)	1	1	1	1
8	LA LIBERTAD (C.P.L.)	1	1	0	0
9	NUMPARQUE	1	1	0	0
10	COPALLIN	2	1	1	1
11	LLIHUANA	1	1	0	0
12	ALENYA	1	1	0	0
13	EL PARCO	2	1	0	0
14	TOLOPAMPA	0	1	0	0
15	CHIRIACO	2	1	1	0
16	NAZARETH	3	1	0	0
17	PAKUUY	2	0	0	0
18	LA PECA	3	1	1	1
19	ARRAYAN	0	1	0	0
20	CHOMZA ALTA	1	1	0	0
21	SAN FRANCISCO	1	1	0	0

Tabla 2.9 Penetración de Servicios de Telecomunicaciones.

Servicio	Urbano	Rural
Telefonía Fija	27.6%	2.6%
Telefonía Móvil	82.2%	53.2%
Televisión por Cable	30.3%	6.5%
Internet	20%	2%
Demanda Esperada Proyectada		58.6%

al informe de Osiptel¹, y de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) del trimestre Julio – Agosto – Setiembre del 2011 del INEI², se muestran en la tabla 2.9, adicionalmente por la información de la demanda esperada proyectada al año 10 para el servicio de internet fijo, se puede estimar la demanda por Localidad, Distrito y Provincia.

También consideramos los nuevos criterios de asignación de banda ancha (Ver tabla 2.10)³.

Obtenemos la tabla 2.11, donde se considera la Población, proyectada al año 10, y la cantidad de usuarios potenciales de los diferentes servicios consolidamos la información anterior, para poder estimar la cantidad de potenciales usuarios de cada servicio en los centros poblados.

¹ Organismo Supervisor de las Telecomunicaciones

² Instituto Nacional de Estadística e Informática

³ Fitel-Talleres Macroregionales FONIE Telecomunicaciones

Tabla 2.10 Nuevos Criterios de Asignación de Banda Ancha.

Servicio		Velocidad
Salud	Colegio	2Mbps(30 % de aulas totales)
	Universidades	50Mbps
	Puestos de Salud	2Mbps
	Centros de Salud	4Mbps
	Hospitales	8Mbps
	Institutos de Salud	4Mbps
	Comisarias	2Mbps
	Gobernaciones/Municipalidades	4Mbps
	Sedes de Banco de la Nacion	2Mbps
	Museos	2Mbps

Tabla 2.11 Usuarios Potenciales de la Provincia de Bagua.

NRO	Localidad	Población	usuarios		
			Móvil	Fijo	Internet
1	ESPTTA	490	82	27	94
2	CASUAL	260	54	18	63
3	TOMAQUE	422	79	26	91
4	PECA PALACIOS	697	130	43	150
5	ARAMANGO	1411	303	100	348
6	TUTUMBEROS	903	167	55	192
7	EL MUYO (C.P.L.)	2201	360	119	414
8	LA LIBERTAD (C.P.L.)	1097	207	68	238
9	NUMPARQUE	722	109	36	125
10	COPALLIN	2627	679	224	779
11	LLIHUANA	1039	194	64	222
12	ALENYA	690	121	40	139
13	EL PARCO	1010	234	77	268
14	TOLOPAMPA	317	65	22	76
15	CHIRIACO	996	186	62	214
16	NAZARETH	1311	190	63	218
17	PAKUY	385	65	22	76
18	LA PECA	4720	870	287	997
19	ARRAYAN	672	146	48	168
20	CHOMZA ALTA	499	103	34	118
21	SAN FRANCISCO	137	20	7	23

Con la cantidad de usuarios potenciales en los servicios establecidos, se establece un promedio de trafico generado por los servicios de telefonía, tanto móvil como fija. Para el caso de internet se ha supuesto una simultaneidad promedio de 5 a 1. Con esto obtenemos los resultados mostrado en la tabla 2.12.

Para los servicios de telefonía fija y telefonía móvil se ha establecido un grado de servicio de 99 % (Es decir que de cada 100 llamadas posiblemente una sea bloqueada), esto también se interpreta como una probabilidad de bloqueo del 1 %. Esto nos permite calcular la cantidad de troncales o lineas necesarias para estos centros poblados. (Ver Tabla 2.13)

La velocidad ofrecida es de 2Mbps de Donwload y 0.5Mbps con un servicio garantizado de 40 % a los potenciales usuarios de Internet, un canal de 32Kbps para las comunicaciones

Tabla 2.12 Trafico en Erlang de Telefonía Móvil, Fija y usuarios simultáneos de Internet.

Nro	Localidad	Trafico Erlang de		Internet Usuarios Simul- táneos
		Telefonía Móvil	Telefonía Fija	
1	ESPITAL	0.55	0.45	19
2	CASUAL	0.36	0.30	13
3	TOMAQUE	0.53	0.43	18
4	PECA PALACIOS	0.87	0.72	30
5	ARAMANGO	2.02	1.67	69
6	TUTUMBEROS	1.11	0.92	38
7	EL MUYO (C.P.L.)	2.40	1.98	82
8	LA LIBERTAD (C.P.L.)	1.38	1.13	47
9	NUMPARQUE	0.73	0.60	25
10	COPALLIN	4.53	3.73	153
11	LLIHUANA	1.29	1.07	44
12	ALENYA	0.81	0.67	28
13	EL PARCO	1.56	1.28	53
14	TOLOPAMPA	0.43	0.37	15
15	CHIRIACO	1.24	1.03	42
16	NAZARETH	1.27	1.05	43
17	PAKUUY	0.43	0.37	15
18	LA PECA	5.80	4.78	196
19	ARRAYAN	0.97	0.80	33
20	CHOMZA ALTA	0.69	0.57	24
21	SAN FRANCISCO	0.13	0.12	5

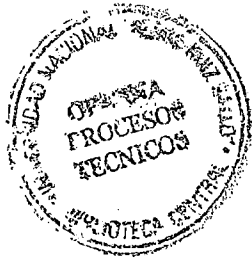


Tabla 2.13 Lineas necesarias para Telefonía Móvil y Fija.

Nro	Localidad	Telefonía Móvil	Telefonía Fija
NRO	LOCALIDAD	MOVIL	FIJO
1	ESPITAL	3	3
2	CASUAL	3	3
3	TOMAQUE	3	3
4	PECA PALACIOS	4	4
5	ARAMANGO	6	6
6	TUTUMBEROS	5	4
7	EL MUYO (C.P.L.)	7	6
8	LA LIBERTAD (C.P.L.)	5	5
9	NUMPARQUE	4	3
10	COPALLIN	10	9
11	LLIHUANA	5	4
12	ALENYA	4	4
13	EL PARCO	5	5
14	TOLOPAMPA	3	3
15	CHIRTACO	5	4
16	NAZARETH	5	4
17	PAKUUY	3	3
18	LA PECA	12	10
19	ARRAYAN	4	4
20	CHOMZA ALTA	4	3
21	SAN FRANTISCO	2	2

de telefonía fija o móvil, con estas consideraciones se ha establecido la demanda por localidad que se muestra en la tabla 2.14

También es importante, recordar que se ha establecido prioritario brindar un servicio de

Tabla 2.14 Demanda en Mbps por localidad en la Provincia de Bagua.

Nro	Localidad	Download (Mbps)		Upload (Mbps)	
		100 %	40 %	100 %	40 %
1	ESPITAL	38.192	15.2768	9.548	3.8192
2	CASUAL	26.192	10.4768	6.548	2.6192
3	TOMAQUE	36.192	14.4768	9.048	3.6192
4	PECA PALACIOS	60.256	24.1024	15.064	6.0256
5	ARAMANGO	138.384	55.3536	34.596	13.8384
6	TUTUMBEROS	76.288	30.5152	19.072	7.6288
7	EL MUYO (C.P.L.)	164.416	65.7664	41.104	16.4416
8	LA LIBERTAD (C.P.L.)	94.32	37.728	23.58	9.432
9	NUMPARQUE	50.224	20.0896	12.556	5.0224
10	COPALLIN	306.608	122.6432	76.652	30.6608
11	LLIHUANA	88.288	35.3152	22.072	8.8288
12	ALENYA	56.256	22.5024	14.064	5.6256
13	EL PARCO	106.32	42.528	26.58	10.632
14	TOLOPAMPA	30.192	12.0768	7.548	3.0192
15	CHIRIACO	84.288	33.7152	21.072	8.4288
16	NAZARETH	86.288	34.5152	21.572	8.6288
17	PAKUY	30.192	12.0768	7.548	3.0192
18	LA PECA	392.704	157.0816	98.176	39.2704
19	ARRAYAN	66.256	26.5024	16.564	6.6256
20	CHOMZA ALTA	48.224	19.2896	12.056	4.8224
21	SAN FRANCISCO	10.128	4.0512	2.532	1.0128
Total		2018.4	807.36	504.6	201.84

Tabla 2.15 Demanda en Mbps por localidad en la Provincia de Bagua - Considerando Instituciones.

Nro	Localidad	Download (Mbps)		Upload (Mbps)	
		100 %	40 %	100 %	40 %
1	ESPITAL	40.192	17.2768	11.548	5.8192
2	CASUAL	28.192	12.4768	8.548	4.6192
3	TOMAQUE	40.192	18.4768	13.048	7.6192
4	PECA PALACIOS	64.256	28.1024	19.064	10.0256
5	ARAMANGO	148.384	65.3536	44.596	23.8384
6	TUTUMBEROS	82.288	36.5152	25.072	13.6288
7	EL MUYO (C.P.L.)	170.416	71.7664	47.104	22.4416
8	LA LIBERTAD (C.P.L.)	100.32	43.728	29.58	15.432
9	NUMPARQUE	54.224	24.0896	16.556	9.0224
10	COPALLIN	314.608	130.6432	84.652	38.6608
11	LLIHUANA	92.288	39.3152	26.072	12.8288
12	ALENYA	60.256	26.5024	18.064	9.6256
13	EL PARCO	112.32	48.528	32.58	16.632
14	TOLOPAMPA	32.192	14.0768	9.548	5.0192
15	CHIRIACO	90.288	39.7152	27.072	14.4288
16	NAZARETH	94.288	42.5152	29.572	16.6288
17	PAKUY	38.192	20.0768	15.548	11.0192
18	LA PECA	400.704	165.0816	106.176	47.2704
19	ARRAYAN	68.256	28.5024	18.564	8.6256
20	CHOMZA ALTA	52.224	23.2896	16.056	8.8224
21	SAN FRANCISCO	14.128	8.0512	6.532	5.0128
Total		2130.4	919.36	616.6	313.84

Intranet a las instituciones seleccionadas con velocidades de acuerdo a los nuevos criterios, mostradas en la tabla 2.10. Ahora incluimos en el calculo de demanda estas necesidades, obteniéndose el consolidado mostrado en la tabla 2.15.

3 Redes de Banda Ancha

La Banda Ancha permite conexiones de alta velocidad a Internet, y de esta forma posibilita el acceso a información, comunicaciones y servicios de diversa índole, con aplicaciones para la educación, salud, trabajo, entre otros. Ello incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico y social de un país, y en esa medida, merece un rol central en las estrategias de desarrollo del Estado.

https://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/proyecto.html

3.1 Introducción a las Redes de Banda Ancha

La Banda Ancha Ancha permite conexiones de alta velocidad a Internet, y de esta forma posibilita el acceso a información, comunicaciones y servicios de diversa índole[4], con aplicaciones para la educación, salud, trabajo, entre otros, ello incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico y social de un país, y en esa medida, merece un rol central en las estrategias de desarrollo del Estado. Así, según el Banco Mundial, la Banda Ancha incrementa la productividad y contribuye al crecimiento económico, siendo que

con un 10 % de aumento de las conexiones de Banda Ancha se incrementa el crecimiento económico de un país, en un 1,3 %.

El Gobierno Nacional, ha creado una Comisión Multisectorial Temporal con el encargo de elaborar el “Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú”, el mismo que sentará las bases para su despliegue a nivel nacional y coadyuvará con el crecimiento y mejora de la calidad de vida de la población.[3]

En el Perú, si bien hemos superado la meta del millón de conexiones de banda ancha prevista para el 2011[1], de acuerdo a indicadores primarios, a diciembre 2010 sólo 4 de cada cien (100) habitantes accedían a Internet de banda ancha, registrándose una alta disparidad en el acceso a esta tecnología por Regiones. Asimismo, las redes dorsales de fibra óptica se han desplegado en su mayor parte en la costa del Perú, mientras que en la región de la sierra – según el reporte de las empresas operadoras a marzo de 2010 - este despliegue está limitado a tres (3) ciudades y en la Selva se carece de redes de transporte.[3]

Hay dos tipos fundamentalmente de los servicios inalámbricos de banda ancha. Banda ancha fija quien proporciona conjunto de servicios similares a la tradicional utilizando un medio de transmisión inalámbrico y Banda Ancha Móvil, ofrece la funcionalidad adicional de la portabilidad, nomadismo y la movilidad.

Las tecnologías de Banda Ancha de acceso actualmente desplegadas son: La tecnología DSL y HFC, que entregan acceso de banda ancha utilizando el par trenzado telefónico o sobre redes híbridas de cable coaxial y fibra. Típicamente estas tecnologías proporcionan varios Mega bytes por segundo por abonado, y continúan las investigaciones y los avances para llegar a decenas de Mega bytes por segundo (Mbps) por usuario. Para el 2010 existían 400 Millones de abonados en todo el mundo, los cuales se incrementaron a alrededor de 700 Millones para el 2015.

El gran problema de estas redes de banda ancha es que su despliegue se realiza solamente en las zonas urbanas de alta densidad, pues son redes que necesitan desplegar toda una infraestructura o planta externa, compuesta de postes, cables coaxiales, cables de fibra óptica, y toda la electrónica necesaria para brindar los servicios ofrecidos.

Una buena alternativa para el despliegue de redes de banda ancha en las localidades rurales; no consideradas por las tecnologías anteriores mencionadas, son las redes de banda

ancha inalámbricas, que llevan la experiencia de banda ancha a un contexto inalámbrico. Hay dos tipos fundamentalmente diferentes de los servicios inalámbricos de banda ancha. El primer tipo intenta proporcionar un conjunto de servicios similares a la tradicional banda ancha de línea fija, pero utilizando un medio de transmisión inalámbrico. Este tipo es llamado *Banda Ancha Inalámbrica Fija*. El segundo tipo de banda ancha inalámbrica, llamada *Banda Ancha Móvil*, ofrece la funcionalidad adicional de la portabilidad, nomadismo y la movilidad.

3.2 Tecnologías de acceso a la red



Figura 3.1 Red de Acceso.

Encontramos dos tipos de redes: red de área metropolitana (MAN) y la red basada en Ethernet, conocida como una red metropolitana Ethernet (MEN).[5]

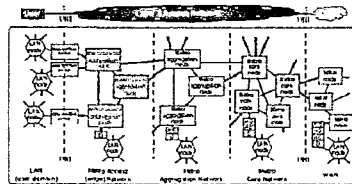


Figura 3.2 Componentes Principales de la Red de Acceso.

De forma general, se acostumbra a clasificar las redes de acceso en cuatro grupos principales según el medio de soporte: par trenzado, fibra/coaxial, inalámbrico, y todo fibra en la figura 3.3 muestra algunas de las tecnologías e implementaciones que caen en las categorías anteriores.

3.3 Fibra Óptica

En el cable de fibra óptica las señales que se transportan son señales digitales de datos en forma de pulsos modulados de luz. Esta es una forma relativamente segura de enviar datos

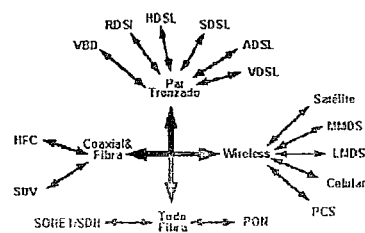


Figura 3.3 Alternativas de Acceso a la Red.

debido a que, a diferencia de los cables de cobre que llevan los datos en forma de señales electrónicas, los cables de fibra óptica transportan impulsos no eléctricos. Esto significa que el cable de fibra óptica no se puede pinchar y sus datos no se pueden robar.

Las transmisiones del cable de fibra óptica no están sujetas a intermodulaciones eléctricas y son extremadamente rápidas a velocidades muy superiores a las velocidades de la DSL o modem por cable, comúnmente transmiten a unos 100 Mbps, con velocidades demostradas de hasta 1 gigabit por segundo (Gbps). Pueden transportar una señal (el pulso de luz) varios kilómetros.

La fibra óptica es una delgada hebra de vidrio o silicio fundido que conduce la luz. Se requieren dos filamentos para una comunicación bi-direccional: TX y RX.

El grosor del filamento es comparable al grosor de un cabello humano, es decir, aproximadamente de 0,1 mm. En cada filamento de fibra óptica podemos apreciar 3 componentes:

- La fuente de luz: LED o laser.
- El medio transmisor : fibra óptica.
- -El detector de luz: fotodiodo.

Un cable de fibra óptica está compuesto por: Núcleo, manto, recubrimiento, tensores y chaqueta.

Las fibras ópticas se pueden utilizar con LAN, así como para transmisión de largo alcance, aunque derivar en ella es más complicado que conectarse a una Ethernet. La interfaz en cada computadora pasa la corriente de pulsos de luz hacia el siguiente enlace y también sirve como unión T para que la computadora pueda enviar y recibir mensajes.

3.3.1 Tipos de Fibra Óptica

Monomodo

Fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz (Ver figura 3.4). Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Esta fibra tiene muy poca atenuación y por lo tanto se usan muy pocos repetidores para distancias largas. Por esta razón es muy usada para troncales con un ancho de banda aproximadamente de 100 GHz por kilómetro (100 GHz-km).

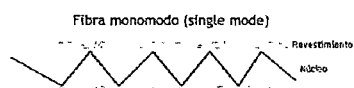


Figura 3.4 Fibra Monomodo.

Una de las aplicaciones más común de las fibras monomodo es para troncales de larga distancia, en donde se emplea para conectar una o mas localidades; las ligas de enlace son conocidas comúnmente como dorsales (backbone).

Este tipo de fibras necesitan el empleo de emisores láser para la inyección de la luz, lo que proporciona un gran ancho de banda y una baja atenuación con la distancia, por lo que son utilizadas en redes metropolitanas y redes de área extensa. Puede operar con velocidades de hasta los 622 Mbps y tiene un alcance de transmisión de hasta 100 Km.

Multimodo

Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino (Ver figura 3.5). Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 2 km.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, tenemos dos tipos de fibra multimodo:

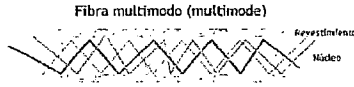


Figura 3.5 Fibra Multimodo.

- **Índice escalonado:** en este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal.
- **Índice gradual:** mientras en este tipo, el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales.

Además, según el sistema ISO 11801 para clasificación de fibras multimodo según su ancho de banda se incluye multimodo sobre láser, a los ya existentes OM1 y OM2 (multimodo sobre LED).

- **OM1:** Fibra 62.5/125 μm , soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores.
- **OM2:** Fibra 50/125 μm , soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores.
- **OM3:** Fibra 50/125 μm , soporta hasta 10 Gigabit Ethernet (300 m), usan láser (VCSEL) como emisores.

Bajo OM3 se han conseguido hasta 2000 MHz km (10 Gbit/s), es decir, una velocidad 10 veces mayor que con OM1.

3.3.2 Tipos de Conectores de Fibra Óptica

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor. Con la fibra óptica se pueden utilizar acopladores y conectores.

Un acoplador es básicamente la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo conectorizado de un cable de fibra óptica a otro. Pueden ser provistos también acopladores de tipo "Híbridos", que permiten acoplar dos diseños distintos de conector, uno de cada lado, condicionado a la coincidencia del perfil del pulido.

Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que podemos encontrar se hallan los siguientes:(Ver figura 3.6)

- **FC:** que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- **FDDI:** se usa para redes de fibra óptica.
- **LC y MT-Array:** que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.
- **SC y SC-Dúplex:** se utilizan para la transmisión de datos.
- **ST o BFOC:** se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

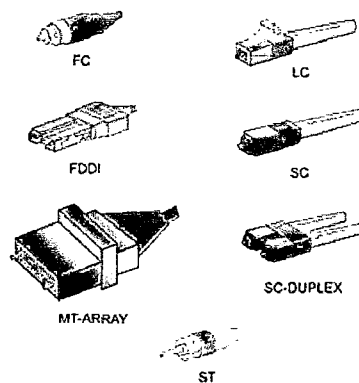


Figura 3.6 Conectores de Fibra Óptica.

3.4 Banda Ancha Inalámbrica y Redes inalámbricas

3.4.1 Tipos de red de Datos

Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) en lugar de cableado estándar. Hay muchas tecnologías diferentes que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, y el alcance y la velocidad de sus transmisiones, en la figura 3.7 se podrá observar las tecnologías más famosas según el tipo de red.

- **WPAN:** Red Inalámbrica de Área Personal: Es una red de datos usada para la comunicación de dispositivos cercanos a una persona. El área de una WPAN es de solo algunos metros, generalmente asumido a ser menos de 10 metros. Ejemplos son Bluetooth, UWB y Zigbee.

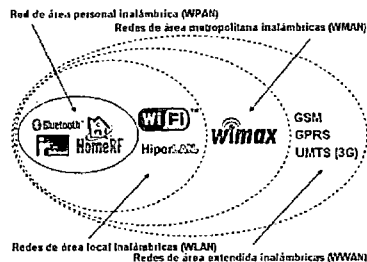


Figura 3.7 Tipos de Redes Inalambricas.

- **WLAN:** Redes de Área Local Inalámbricas: Es una red de datos usada para comunicación entre dispositivos: computadoras, teléfonos, laptops, impresoras, asistentes digitales personales, tablets, etc. Esta red cubre una área relativamente pequeña, igual que un hogar, una oficina o un pequeño campus (o parte del campus). Ejemplos son Wi-Fi.
- **WMAN:** Redes de Área Metropolitana Inalámbricas: Es una red que cubre hasta varios Km, típicamente un gran campus o una ciudad. Por ejemplo, una universidad puede tener una MAN que une muchas redes LAN.
- **WWAN:** Redes de Área Global: Es una red de datos que cubre grandes áreas geográficas, tan grandes como el planeta. WAN están basadas en la conexión de LAN, permitiendo a usuarios de una localidad a comunicarse con usuarios de otras localidades.

3.4.2 Estándares de Redes de Datos

En la figura 3.8 se observa los principales estándares de redes inalámbricas.

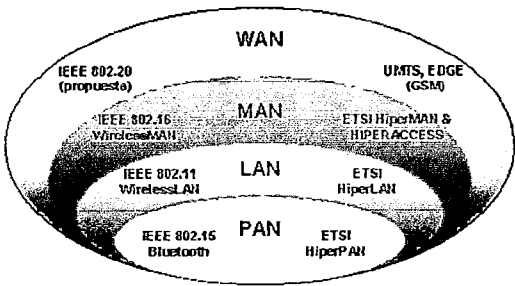


Figura 3.8 Estándares de Redes Inalámbricas.

- **IEEE 802.2:** Control de Enlace Lógico (LLC). La sub capa LC presenta una interface uniforme a los usuarios del servicio de enlace de datos, usualmente la capa de red (Capa 3 del modelo OSI).
- **IEEE 802.3 ETHERNET:** Es una familia de tecnologías de LANs, estandarizadas por IEEE 802.3. Esta rápidamente se hizo la tecnología mas utilizada. Posibles velocidades de datos son 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.
- **IEEE 802.11 WLAN:** Es el sub comité que creo la que es conocida como tecnología Wi-Fi. Una red de are local inalámbrica (WLAN con una área cuyo radio es de una magnitud de 100m (300 pies). Primero, IEEE 802.11) y sus variantes 802.11a y 802.11b fueron propuestos a finales de 1990. Estos productos han sido conocidos desde el principio como Tecnologías Wi-Fi. Estos productos han sido rápidamente adoptados con gran éxito, principalmente debido a su simplicidad y robustez de la tecnología, en adición a su relativo bajo costo y el uso de bandas no licenciadas de 2.4GHz y 5GHz. Otras variantes del estándar básico 802.11 están disponibles(802.11e, 802.11g, 802.11h, 802.11i, 802.11n).
- **IEEE 802.16 BWA:** Es el grupo de trabajo dedicado a BWA(Acceso Inalámbrico de Banda Ancha). Su objetivo es proponer estándares para WMAN de alta velocidad. Se puede decir que WiMAX es el nombre usado normalmente para IEEE 802.16 productos. Las redes BWA tienen un rango mas grande que WLAN WiFi. De hecho IEEE 802.16 BWA tiene dos variantes: IEEE 802.16-2004 que define la tecnología WMAN de acceso inalámbrico fijo, y la 802.16e, que es una enmienda de 802.16-2004 aprobado en Diciembre 2005. Este incluye movilidad y un Handover mas rápido, lo que lo convierte en una WAN inalámbrica.

3.5 WiMAX

WiMax o Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad para el Acceso a Microondas, es una novedosa forma de transmisión de datos usando microondas de radio. Esta tecnología es usada comúnmente para Internet inalámbrica de banda ancha

dentro de un área geográfica determinada. El protocolo que caracteriza a esta tecnología es el 802.16.

La tecnología WiMAX será la base de las Redes Metropolitanas de acceso a Internet, servirá de apoyo para facilitar las conexiones en zonas rurales, y se utilizará en el mundo empresarial para implementar las comunicaciones internas. Además, su popularización supondrá el despegue definitivo de otras tecnologías, como VoIP (llamadas de voz sobre el protocolo IP). WiMAX está pensado principalmente como tecnología de “última milla” y se puede usar para enlaces de acceso, MAN o incluso WAN. Destaca WiMAX por su capacidad como tecnología portadora, sobre la que se puede transportar IP, TDM, T1/E1, ATM, Frame Relay y voz, lo que la hace perfectamente adecuada para entornos de grandes redes corporativas de voz y datos así como para operadores de telecomunicaciones.

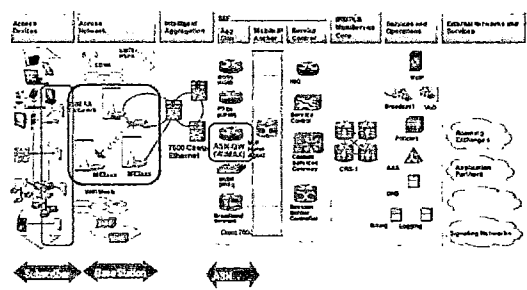


Figura 3.9 Arquitectura de WiMAX.

Las principales características de la IEEE 802.16 WiMAX, son las siguientes:

- Frecuencia Portadora < 11GHz. para conexiones con y sin línea de visión, y entre 10 GHz y 66 GHz para conexiones con línea de visión. Por el momento, las bandas de frecuencia consideradas son 2.5GHz, 3.5GHz y 5.8GHz.,
- OFDM. Acá se usa la técnica OFDM (Multiplexacion por división de frecuencia ortogonal) conocida por su alta eficiencia en el uso de los recursos de radio, con 2048 señales portadoras, que permiten altas velocidades de transferencia.
- Velocidades de Transmisión: Un número razonable es 10Mbps. Se reportan valores tan altos como 70Mbps hasta 124Mbps, Anchos de canal entre 1,5 y 20 MHz pero estos valores son para un buen estado del canal del radio y para celdas con pequeña capacidad.



- Distancia: Cobertura radial de 50 Kms promedio.
- Incorpora soporte para tecnologías “smart antenas” que mejoran la eficiencia y la cobertura. Estas antenas son propias de las redes celulares de 3G, mejorando la red espectral, llegando así a conseguir el doble que 802.11
- Incluye mecanismos de modulación adaptativa, mediante los cuales la estación base y el equipo de usuario se conectan utilizando la mejor de las modulaciones posibles, en función de las características del enlace radio.
- Topología punto-multipunto y de malla.
- Bandas licenciadas y de uso libre
- Aplicaciones para la transmisión de voz, video y datos.
- Excelente desempeño de transmisión, garantizado vía QoS (quality of service).

3.5.1 Protocolos y Topología

Arquitectura de Protocolos WiMAX

La arquitectura del protocolo cuenta con 4 capas: Convergencia, MAC, transmisión y física, las cuales pueden ser ubicadas en las dos últimas capas del modelo OSI: física y enlace de datos, la estructura general es similar a la de otras redes 802, pero con más subcapas. La subcapa inferior tiene que ver con la transmisión. El radio de banda estrecha tradicional se utiliza con esquemas de modulación tradicionales. Arriba de la capa de transmisión física está una subcapa de convergencia para ocultarle las diferentes tecnologías a la capa de enlace de datos.

La capa de Control de Acceso al Medio (MAC) soporta una estructura PMP primitiva con una topología mesh opcional. Está estructurada para soportar diferentes capas físicas (PHY), especificadas en el mismo estándar. Solo dos de ellas se usan en WiMAX.

La figura 3.10 ilustra la pila de protocolos del estándar 802.16 (WiMax).

La arquitectura de capas definida en WiMAX 802.16 se muestra en la Figura 3.11. Las especificaciones de dicho estándar están comprendidas en la descripción de las dos capas más bajas del modelo OSI; la subcapa MAC ocupa la mayor parte de la capa de enlace de

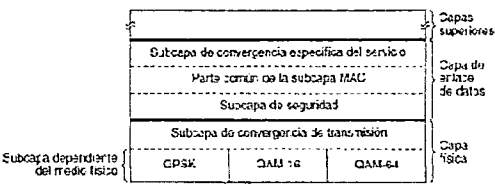


Figura 3.10 Arquitectura de Protocolo de WiMAX.

datos, junto con la capa LLC. A su vez, se observa que la capa MAC está dividida en tres subcapas: la subcapa de convergencia CS (Convergence Sublayer), la subcapa común CPS (Common Part Sublayer) y la subcapa de seguridad.

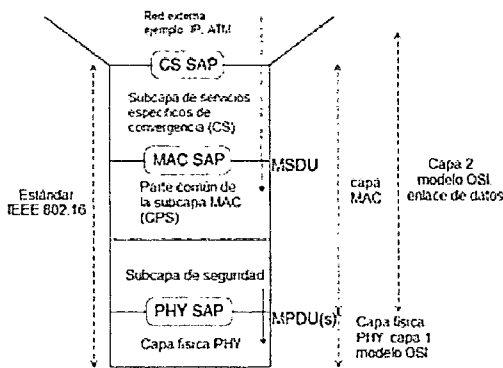


Figura 3.11 Arquitectura de capas de WiMAX.

El dialogo que establece las capas o entidades se lleva a cabo de la siguiente forma: cuando la capa MAC de un equipo envía una PDU (Packet Data Unit) conocida en esta capa como MPDU a otro equipo, dicha MPDU es recibida como una PSDU (Physical Layer Service Data Unit) por la capa física PHY. Entre cada subcapa existe un Service Access Point (SAP) los cuales permiten el acceso a los servicios proporcionados por cada una de las capas diferenciándolo de los servicios que proporciona la red.

Gestión de Red

La enmienda 802.16f, proporciona las mejoras a IEEE 802.16-2004, definiendo un MITB(Base de Información Gestionada) para la MAC y PHY y los procedimientos de gestión asociados. Este documento describe el uso de SNMP(Simple Network Management Protocol).

802.16f consiste de un sistema de Gestión de Red NMS, manejando nodos y una base de datos de flujos de servicios.

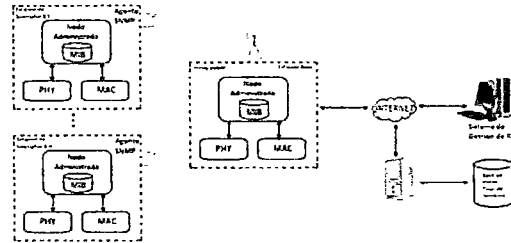


Figura 3.12 Modelo de Referencia de Gestión de Red definida en 802.16f.

Topología WiMax

Se define dos posibles topologías de red:

- Topología PMP (Punto a Multipunto).
- Topología Malla o Mesh: en esta topología, el tráfico puede ser ruteado hacia otra SS, mientras que las BS pueden hacerlo solo entre SS's. Sus elementos se denominan nodos. Cada estación puede crear su propia comunicación, con cualquier otra estación en la red, es decir, no se restringe solo a establecer comunicación con la SS. Su ventaja es que el alcance de la BS puede ser más grande dependiendo del número de saltos a la SS más lejana. Cada nodo recibe un identificador de 16 bits o Node ID.

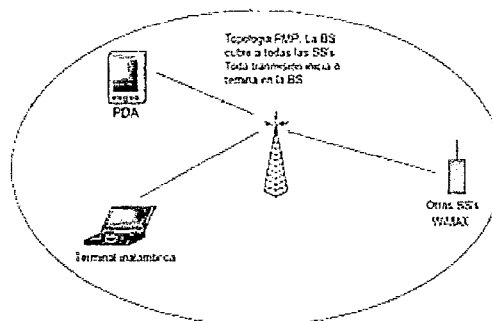


Figura 3.13 Topología PMP (Punto a multipunto).

Bandas de Frecuencias

Cada estación base cubre una celda; se eligen celdas pequeñas para re usar las frecuencias. Usando este concepto es teóricamente posible cubrir un área geográfica grande.

WiMax aplica el mismo principio: Una estación base (BS) cubre las estaciones de usuarios en su celda, entonces es necesario algunos elementos de la teoría celular para

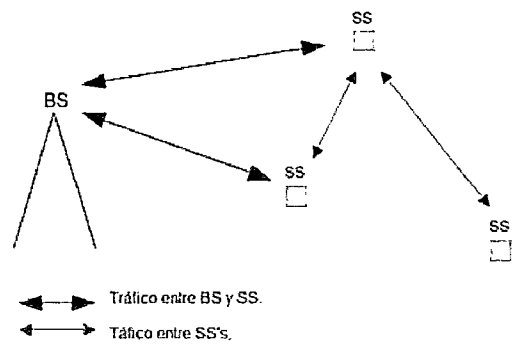


Figura 3.14 Topologia Mesh.

dimensionar redes WiMax, por tal una BS está definida por un sector y una frecuencia asignada. En el caso de la asignación de multifrecuencias de un sector, dicho sector incluye tantas BS como frecuencias asignadas haya.

Sectorización

En lugar de tener un sitio por celda, que es cuando se usa una antena omnidireccional, Tri Sectorización permite que tres estaciones bases sean agrupadas en un sitio, cubriendo lo de tres celdas, ahorrando en infraestructura. Estos casos se ven en la figura 3.15

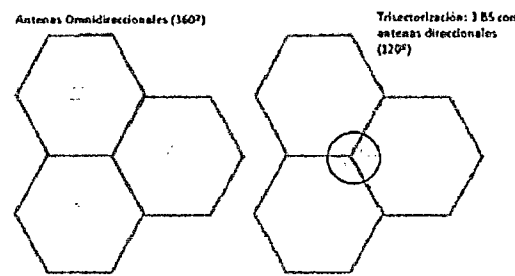


Figura 3.15 Sectorización Celdas con antenas Omnidireccionales y direccionales.

Bandas Licenciadas y No Licenciadas

Las Redes celulares tiene bandas de frecuencias fijas licenciadas (generalmente licitadas). Por ejemplo las bandas de frecuencias 1.885-2.025GHz y 2.100-2.200GHz. Los sistemas WiFi(11b) tienen una banda fija en 2.410- 2.480GHz, pero esta banda es una banda ISM, una banda No-Licenciada que también es usada por otros sistemas diferentes a WiFi.

Para WiMAX, el estándar 802.16 considera que el sistema trabaja en frecuencias menores de 11GHz. Los tipos de bandas de frecuencia que son parte de WiMAX son:

- Bandas Licenciadas.
 - 2.3GHz, 2.5GHz.
 - 3.3GHz, 3.5GHz.
- Bandas No-Licenciadas.
 - 5GHz. Específicamente 5.8GHz.

Arquitectura Genérica

El modelo de referencia de una red WiMAX está compuesto principalmente por 3 componentes interconectadas mediante interfaces estandarizadas o puntos de referencia del R1 a R5. Los 3 componentes son(Figura 3.16):

- **MS:** Mobile station, usado en el extremos de la red del usuario para acceder a la red.
- **ASN:** Access Service Nertwork, comprende una o más estaciones base y una o más pasarelas ASN para formar la red de acceso radio.
- **CSN:** Connectivity Service Network, que provee la conectividad IP con las funciones IP del núcleo de la red.

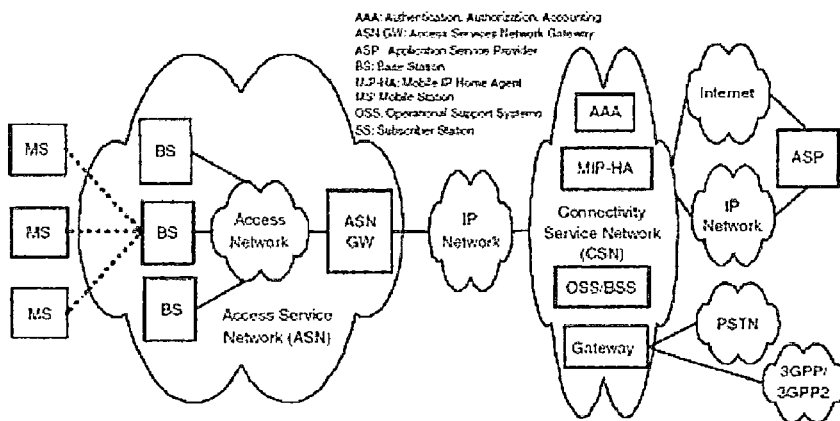


Figura 3.16 Estructura de red basada en IP.

El Forum WiMAX además se definen varios componentes claves los cuales son:

1. **SS/MS:** La estación de Suscriptor o Estación Móvil.
2. **ASN:** La Red de Acceso a los Servicios.

- a) **BS**: Estación Base.
- b) **ASN-GW**: El Gateway ASN.

3. CSN: La Red de Conectividad de Servicios.

- a) **HA**: Home Agente.
- b) **AAA**: Servidor de Autenticación, Autorización y Cuentas.
- c) **NAP**: Proveedor de Acceso a Red.
- d) **NSP**: Proveedor de Servicios de Red

Modulación

Wimax es la tecnología más puntera en soluciones inalámbricas y frente a un escenario electromagnético que cambia, se basa en modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), con 256 portadoras y OFDMA (Orthogonal Frequency División Multiple Access), con 2.048 portadoras con un esquema de modulación adaptativa: 8 niveles de modulación (BPSK, QPSK, 16QAM y 64 QAM). El throughput se optimiza en función de la robustez del enlace.

OFDM es una técnica de transmisión que consiste en la multiplicación de un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK. Estas ondas portadoras de distintas frecuencias son generadas por la división de una onda portadora central con ancho de banda B en pequeñas portadoras $B_1, B_2, B_3 \dots B_n$; es decir, si no utilizáramos la técnica de transmisión OFDM, se enviaría normalmente la información en una única onda portadora con ancho de banda B , pero al utilizar la técnica OFDM dividimos esa onda portadora en varias subportadoras con menor ancho de banda para que estas tengan una mejor respuesta en frecuencia (mayor ganancia y desvanecimiento plano).

Haciendo analogía con la transmisión vía IP, sería como si en vez de enviar un paquete extenso, enviásemos varios paquetes pequeños pero con menor susceptibilidad de perderse. Cabe mencionar que, luego de la multiplexación de las subportadoras o cuando ya tenemos el flujo OFDM, es agregado al flujo un Prefijo Cíclico, o comúnmente llamado intervalo

de guarda, esto para ayudar a enfrentar los efectos de los atrasos de llegada de las señales OFDM por culpa del ambiente multitrayecto.

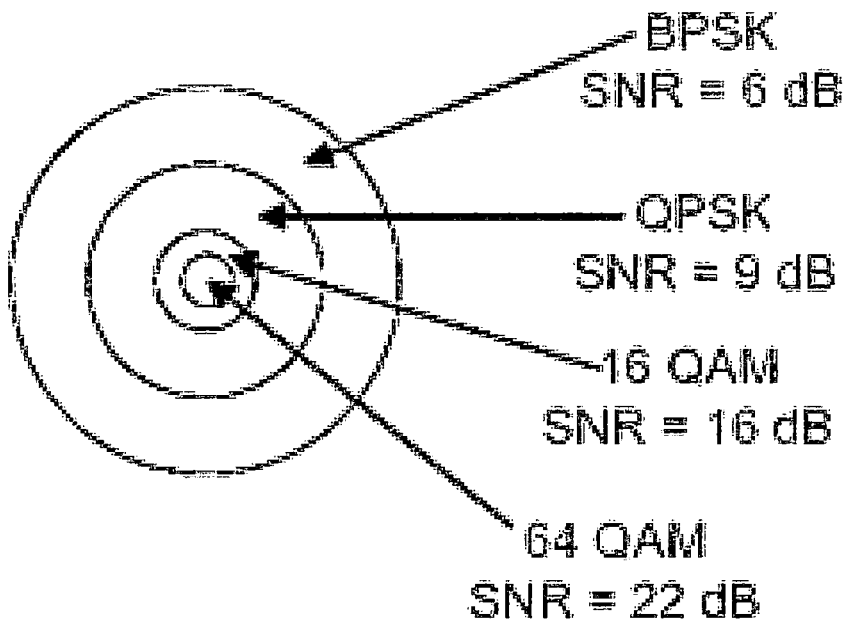


Figura 3.17 Modulación adaptativa.

Enfocando OFDM a WiMAX fijo, 802.16-2004 utiliza OFDM con 256 subportadoras fijas, entre las que se usan 192 sub-portadoras de datos, 8 subportadoras piloto por temas de sincronización y estimación de canal y 56 subportadoras de banda de guarda. 55 portadoras nulas (Null) que son bandas de guarda, y la portadora de DC (Direct Current) que está colocada en la frecuencia central de RF de la estación transmisora , es nula y no modulada. En total se tienen 256 portadoras. La Figura 3.18 muestra un esquema de la clasificación anterior.

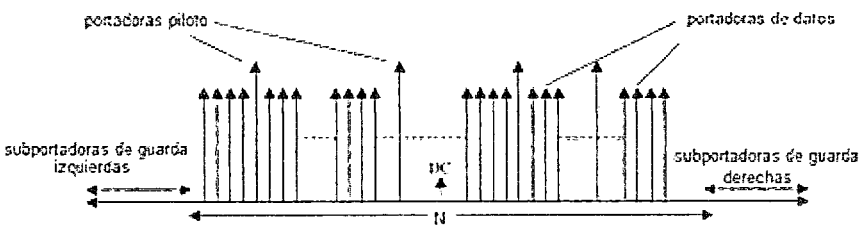


Figura 3.18 Modulación adaptativa.

Dicha modulación es apropiada para las transmisiones de flujo sostenido como para aquellas otras que se producen a ráfagas, lo que este tipo de conexión está capacitado para llevar datos de cualquier tipo de servicio en IP, voz, datos y también vídeo. Para establecer el mejor enlace posible, el estándar define mecanismos de modulación adaptativa, que permite que la estación base y los equipos receptores de usuario negocien las condiciones de la modulación a emplear, según las características de cada enlace de radio.

Por tanto la modulación y codificación adaptativa incrementan significativamente la capacidad de todo el sistema y permite la compensación en tiempo real entre la tasa de transferencia y la robustez de cada enlace. La siguiente tabla muestra una lista de varios esquemas de modulación y codificación soportados por WiMAX fijo y móvil, En el enlace descendente las modulaciones QPSK, 16QAM y 64QAM son obligatorios para WIMAX fijo y móvil mientras que en el enlace ascendente 64QAM es opcional, La codificación FEC (Forward Error Connection) es obligatoria si usamos códigos convolucionales. Un total de 52 combinaciones de esquemas de modulación y codificación están definidas en WiMAX.

Tabla 3.1 Modulaciones y Codificaciones en WiMAX.

	Downlink	Uplink
Modulación	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM; BPSK opcional para OFDMA-PHY	BPSK, QPSK, 16QAM; 64QAM opcional
Codificación	Obligatorio: Códigos convolucionales de tasas 1/2, 2/3, 3/4, 5/6. Opcional: Turbo Códigos convolucionales de tasas 1/2, 2/3, 3/4, 5/6; códigos de repetición de tasa 1/2, 1/3, 1/6. LDPC, códigos RS para OFDM-PHY	Obligatorio: códigos convolucionales de tasas 1/2, 2/3, 3/4, 5/6. Opcional: Turbo Códigos convolucionales de tasas 1/2, 2/3, 3/4, 5/6; códigos de repetición de tasa 1/2, 1/3, 1/6. LDPC

Como ya se mencionó, WiMAX puede operar dentro de la banda de 2 a 66 GHz, la cual puede dividirse en dos partes:

- El primer rango comprendido entre 2 y 11 GHz, que está destinado para transmisiones NLOS (Non Line of Sight). Esta especificación se hizo en el estándar 802.16a, y es

Tabla 3.2 Interfaces Físicas WiMAX.

Denominación	Banda de Frecuencias (GHz)	Sección del Estandar 802.16	Tecnica de duplexión
Wireless MAN-SC PHY (conocida como SC)	10-66 GHz , LOS	8.1	TDD y FDD
Wireless MAN-SCa PHY (conocida como SCa)	Después de 11GHz, NLOS	8.2	TDD y FDD
Wireless MAN-OFDM (conocida como OFDM)	Después de los 11GHz, licenciado	8.3	TDD y FDD
Wireless MAN-OFDMA	Después de los 11GHz, licenciado	8.4	TDD y FDD
Wireless HUMAN	Después de los 11GHz, no licenciado	8.5 (junto con 8.2, 8.3 u 8.4)	TDD

el único que aún está presente.

- El segundo rango comprendido entre 11 y 66 GHz, que está destinado a transmisiones LOS. No es usado para WiMAX.

En el estándar 802.16 se han definido cinco interfaces físicas, definidas tal como se muestra en la tabla 3.2.

Todas las versiones de WiMAX utilizan subcanales y técnicas de subcanalización lo que significa un mejor manejo del desempeño de la red basada en requerimientos de cobertura y capacidad. Las subportadoras basadas en tamaño de FFT pueden ser agrupadas entre sí para formar un sub canal. Hay pocas técnicas de sub canal que se utilizan en WiMAX y son las adyacentes y distribuidas.

Los sub canales distribuidos son también llamados FDT. FDT puede usar el modo FUSC y el modo PUSC. Con FDT, las sub portadoras asignadas a cada sub canal lógico son distribuidas pseudo aleatoriamente a través del conjunto de sub portadoras disponible y esta destinado a ajustar las condiciones del canal de RF para la optimización de la cobertura y capacidad. Las sub portadoras adyacentes son llamadas también FST, usa los modos BAM y AMC. BAM y AMC, permiten construcción y asignación de sub canales adyacentes entre

si. Como parte de FST, el planificador, usa técnicas de realimentación de canal de lazo cerrado para determinar el sub canal óptimo para cada SS basada en las condiciones del canal de RF. Sin embargo, con WiMAX fijo OFDM tiene un FFT de 256 y la cantidad de FFT es independiente del ancho de banda del canal. El ancho de banda de OFDM para WiMAX esta en el rango de 1.25MHz a 28 MHz. Sin embargo, en los modos FDD y TDD hay realmente 200 portadoras útiles (FFT 256). Hay 192 sub portadoras para datos, 8 para portadoras piloto y 56 para banda de guarda. Puesto que el tamaño de FFT es fijo, el espaciamiento entre sub portadoras es variable. Específicamente para grande anchos de banda de canal el espaciamiento entre sub portadoras se incrementa, lo cual disminuye el tiempo de símbolo y es el equilibrio fundamental entre la eficiencia espectral y la dispersión del retardo que puede ocurrir.

Cadena de transmisión

El diagrama de bloques que ilustra el transmisor y receptor OFDM para WiMAX se ilustra en la Figura 3.19

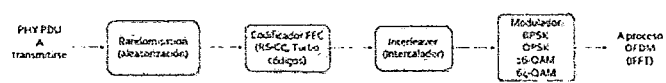


Figura 3.19 Cadena de transmisión OFDM.

Los tres últimos procesos se han descrito con anterioridad, excepto el tema de modulación. El bloque denominado Randomisation (aleatorización de datos) introduce protección a la información evitando largas secuencias de ceros o unos consecutivos. Para ello busca uniformar la densidad de potencia transmitida generando secuencias de datos que tengan un balance de unos y ceros. Se lleva a cabo en cada secuencia de datos UL y DL; si la cadena no es suficientemente grande para ocupar el espacio, se rellena con unos (padding) al final del bloque de transmisión.

3.5.2 Desempeño de WiMAX

Para comprender el desempeño de las redes WiMax, tenemos que entender como es el procesamiento de los datos en este protocolo por lo cual se revisara la arquitectura de protocolos y se estima las velocidades máximas para los diferentes servicios o capas

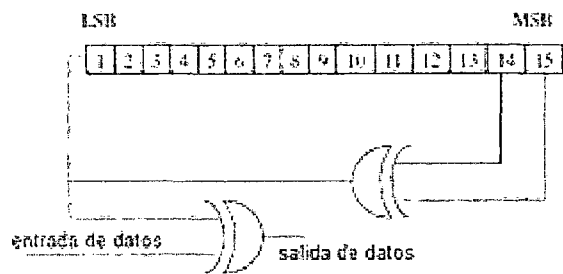


Figura 3.20 Generador de secuencias pseudo aleatorias para WiMAX OFDM.

superiores que soporta WiMax. La Velocidad de datos en sistemas de comunicación son básicamente determinadas por la capacidad de las interfaces involucradas. Por consiguiente en sistemas de comunicación inalámbricos la interfaces de aire puede aparecer como el cuello de botella en todo el sistema y deberá ser analizado con cuidado. La capacidad de la interface de aire de un sistema móvil WiMax depende de la estructura de la señal OFDMA y el esquema de duplex en particular. Entonces, las posibles velocidades a través de la interface de aire es determinada por la implementación de la capa física(PHY). Sin embargo, en la cima de estas velocidades de datos físicas (PHY), el throughput de los datos e2e (end-to-end) desde el punto de vista de las aplicaciones es de gran interés y depende de las implementaciones de las capas superiores(Ver figura 3.21), es obvio que las mediciones de throughput en la capa física y en las capas superiores son importantes a la hora de determinar el desempeño real de un despliegue de red WiMax. De alguna manera, los términos throughput y ancho de banda son a menudo usados como sinónimos para la cantidad de datos transferidos a través de una red de comunicación por unidad de tiempo.

Categoría QoS	Aplicaciones	Parámetros de QoS
UGS Unscheduled Grant Service	VoIP	Maxima Velocidad Reservada Maxima tolerancia de la retardo Estrategia de Jitter
rtPS Real-Time Polling Service	Streaming Audio o Video	Maxima Velocidad Reservada Maxima Velocidad Reservada Maxima tolerancia de la retardo Prioridad de Trabajo
rrtPS Extended Real-Time Polling Service	Video with Activity Detection VoIP	Maxima Velocidad Reservada Maxima Velocidad Reservada Maxima tolerancia de la retardo Estrategia de Jitter Prioridad de Trabajo
nrtPS	File Transfer Protocol (FTP)	Maxima Velocidad Reservada Maxima Velocidad Reservada Prioridad de Trabajo
bf	Data Transfer, Web Browser, etc.	Maxima Velocidad Reservada Prioridad de Trabajo

Figura 3.21 Categorías de QoS y Aplicaciones.

Capa Física

Esta capa física, llamada PHY, está basada en los estándares 802.16- 2004 y 802.16e-2005 y para su diseño se basaron en las especificaciones de Wi-Fi, especialmente en la norma del IEEE 802.11a. A pesar de que muchos aspectos de estas dos tecnologías son diferentes, algunos de sus pilares básicos son muy similares. Como Wi-Fi, WiMAX está basado en los principios de la multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM), la cual es una técnica de modulación/acceso conveniente para condiciones de ausencia de visión directa NLOS con altas tasas de datos. En WiMAX, sin embargo, los parámetros dentro de la capa física son muy diferentes a los de Wi-Fi, ya que ambas tecnologías van a trabajar en entornos muy diferentes.

Este esquema de transmisión es utilizado por muchos sistemas comerciales, tales como DSL, WiFi, DVB-H, OFDM es un esquema eficiente para transmisión de elevadas tasas de datos en entornos sin visión directa y con distorsión multitrayecto

Parámetros	WiMAX FFS OFDM-PHY	WiMAX Movel OFDMA-PHY			
Tamaño FFT	256	128	512	1024	2048
Número de subportadoras de datos	192	72	360	720	1440
Número de subportadoras de piloto	8	12	60	120	240
Número de subportadoras de guarda	56	44	92	164	368
Período de guarda	1/32, 1/16, 1/8, 1/4				
Tasa Muestreo	Depende del Ancho de banda: 7/6 para 256 OFDM, 8/7 para múltiplos de 1.75MHz, y 28/25 para múltiplos de 1.25MHz, 1.5MHz, 2MHz o 2.75 MHz.				
Ancho de banda por canal PHY	3.5	1.25	5	10	20
Bandwidth máxima de canal PHY	15.625	10.94			
Bandwidth máxima de canal PHY	64	91.4			
Período de guarda (usando 1/32)	8	11.4			
Período del símbolo OFDM (us)	72	102.9			
Número de símbolos OFDM en trama de 5 ms	69	48			

Figura 3.22 Parámetros para capas físicas.

Capa MAC

El punto focal de la capa MAC consiste en administrar los recursos de enlaces aéreos de una manera eficiente. Sus características son las siguientes:

- Proporciona accesos para redes punto a multipunto.
- Soporta redes de áreas metropolitanas.
- Posee una conexión orientada.
- Apoya a los usuarios en entornos difíciles:

- Alto ancho de banda, cientos de usuarios por canal.
 - Trafico continuo y descargas.
 - Eficiente uso del espectro.
- Ofrece flexibilidad QoS.

MTU- Máxima Unidad de Transmisión

La máxima unidad de transmisión de WiMax es determinada por la máxima longitud del MAC PDU, el que es 2047 Bytes, que incluye los 10 Bytes de cabecera y CRC. La capa física de WiMax divide todos los MAC PDU en bloques FEC de entrada que se acoplan a su estructura de slots. Si la carga útil de las capas superiores excede el MTU máximo, este sera fragmentado por la MAC de WiMax en porciones de 2K.

Debido a la sobrecarga de señalizacion causada por los 6 bytes de cabecera de MAC y los 4 bytes de CRC, la velocidad de carga útil es ligeramente reducida con respecto a la velocidad de la carga útil de la capa física, de acuerdo a la tabla 3.14. Si asumimos una entrega de MTU completos, la velocidad es reducida por aproximadamente 0.5 %. A propósito, el tamaño de MTU por defecto para Ethernet de acuerdo a IEEE 802.3 es de 1500 bytes, y esto es como las redes IP estándares manejan los datos.

Capa IP

El protocolo de Internet (IP) cubre básicamente la capa de red del modelo de la ISO/OSI. Este es un protocolo sin conexión diseñado para redes de conmutación de paquetes. Entonces, IP no se preocupa por la capa física - esta simplemente asume que hay una. En efecto, las capas MAC y PHY de WiMax establecen y mantienen el enlace de radio, con el fin de servir a la capa IP. IPv4 maneja datos por medio de data gramas, incluyendo 20 bytes de cabeceras, donde están incluidas 32 bits de dirección de destino y 32 bits de dirección de origen. La longitud máxima total de un data grama IP es de 64KB (65535 Bytes).

Capa Transporte

Hay dos protocolos comunes de capa de transporte, la capa 04 del modelo ISO/OSI . Estos son el protocolo sin conexión- UDP, es decir sin protección adicional para transmisión

y el más importante que es el protocolo orientado a conexión - TCP. El protocolo TCP maneja datos por medio de segmentos de cierta longitud incluyendo 20 bytes de cabecera que incluye 16 bits de direcciones de puerto de destino y origen. La longitud del segmento TCP se ajusta idealmente al tamaño del MTU de las capas inferiores, típicamente el tamaño del MTU Ethernet es de 1500 bytes. En la figura 1.22 se muestra el flujo de datos de un segmento TCP en las capas inferiores de WiMax.

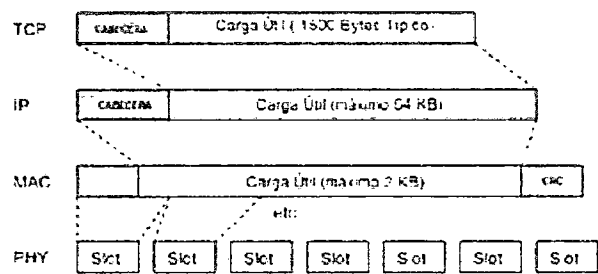


Figura 3.23 Procesamiento de segmento en TCP.

Modulation	Code rate	5 MHz channel		10 MHz channel	
		Downlink rate, Mbps	Downlink rate, Mbps	Uplink rate, Mbps	Uplink rate, Mbps
QPSK	1/2 CTC, 6x	0.53	0.38	1.06	0.78
	1/2 CTC, 4x	0.79	0.57	1.58	1.18
	1/2 CTC, 2x	1.58	1.14	3.17	2.35
	1/2 CTC, 1x	3.17	2.28	6.34	4.70
	3/4 CTC	4.75	3.43	9.50	7.06
16QAM	1/2 CTC	6.34	4.57	12.07	9.41
	3/4 CTC	9.50	6.85	19.01	14.11
64QAM	1/2 CTC	9.50	6.85	19.01	14.11
	2/3 CTC	12.67	9.14	26.34	18.82
	3/4 CTC	14.26	10.28	28.51	21.17
	5/6 CTC	15.84	11.42	31.68	23.52

Figura 3.24 Velocidades en la Capa PHY en WiMAX..

3.5.3 Calidad de Servicio

La Red WiMAX Architecuture ha dispuesto para el apoyo de los mecanismos de QoS. En particular, se permite el apoyo flexible de utilización simultanea de un conjunto diverso de los servicios IP. La arquitectura soporta:

- los niveles de QoS diferenciada - de grano grueso (por usuario / terminal) y / o de grano fino (por el flujo de servicios por usuario / terminal).
- Admisión de control.
- la gestión de ancho de banda.

- Aplicación de Políticas definidas por distintos operadores para QoS-sobre la base de su SLA (incluida la aplicación de políticas por usuario y grupo de usuarios, así como factores como la ubicación, la hora del día, etc.)

Se hace un uso extenso de la norma IETF mecanismos para la gestión de la política de definición y aplicación de políticas entre los operadores.

4 Ingeniería de Red

El ingeniero siempre se siente preocupado cuando sus planos empiezan a trocarse en piezas, en una máquina "viva". ¿Qué resultará, qué aspecto tendrá? En los planos de impecable diseño todo puede estar en su sitio, más en cuanto se hacen las piezas, ateniéndose al proyecto, en unos sitios no encajan, en otros funcionan mal.

ALEKSANDR KÓTOV

4.1 Red de Transporte Óptico

Para esta solución conocemos que tenemos un nodo de agregación Regional en la ciudad de Bagua, desde este nodo se desarrollara la red provincial de transporte de Fibra Óptica, que interconectara las demás capitales de distrito de esta provincia, donde se instalaran nodos de distribución. Para esto se hará uso de la infraestructura eléctrica, tanto de Alta Tensión como de media tensión, además de la red vial. (Ver figura 4.1).

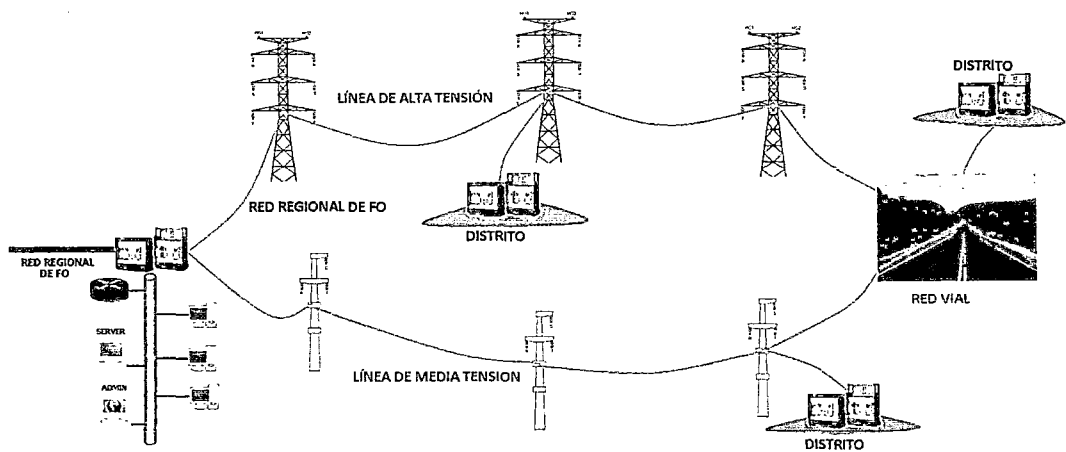


Figura 4.1 Red Provincial de Fibra Óptica.

4.1.1 Dimensionamiento y Análisis de Ruta de Fibra

Para un dimensionamiento adecuado es necesario considerar el análisis realizado en el capítulo 2 y la tabla 2.15, donde ahora se considera la demanda de cada distrito, como se muestra en la tabla 4.1. Es importante para el análisis de ruta de la fibra optica, tener en cuenta la ubicación tanto del nodo de agregación como de los diferentes nodos de distribución, tal como se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.1 Demanda en Mbps por Distrito de la Provincia de Bagua.

Nro	Distrito	Download		Upload	
		Total	Garantizado	Total	Garantizado
1	BAGUA	172.8	76.3	52.2	28.1
2	ARAMANGO	555.6	241.4	162.9	84.4
3	COPALLIN	467.2	196.5	128.8	61.1
4	EL PARCO	144.5	62.6	42.1	21.6
5	IMAZA	254.9	117.6	83.2	48.9
6	LA PECA	535.3	224.9	147.3	69.7
TOTAL		2130.4	919.6	616.6	313.8

Ahora es necesario realizar un análisis de localización de la red de transporte provincial, para determinar la distancia de tendido aéreo de fibra óptica sobre la infraestructura eléctrica (Ver Figura 4.2 y 4.3) y el tendido subterráneo en la red vial considerada(Ver figura 4.4). En la figura 4.5, se observa la ubicación de los diferentes nodos del presente estudio. Es importante recordar que el nodo de agregación de Bagua sera el que gestionara todo el

Tabla 4.2 Ubicacion del Nodo de Agregación y de los Nodos de Distribución.

Nro	Distrito	Localidad	Nodo	Datos de Ubicación		
				Longitud	Latitud	Altura(m.s.n.m)
1	BAGUA	BAGUA	NODO DE AGREGACION (INTERCONEXION A RDNFO)	-78.52728	-5.63734	438
2	ARAMANGO	ARAMANGO	NODO DE DISTRIBUCION	-78.438000	-5.416530	490
3	COPALLIN	COPALLIN	NODO DE DISTRIBUCION	-78.422900	-5.674840	696
4	EL PARCO	EL PARCO	NODO DE DISTRIBUCION	-78.475600	-5.625250	605
5	IMAZA	CHIRIACO	NODO DE DISTRIBUCION	-78.288811	-5.159380	348
6	LA PECA	LA PECA	NODO DE DISTRIBUCION	-78.437700	-5.612230	872

trafico provincial, por lo cual dimensionaremos la red de transporte óptico a partir de este nodo de agregación.

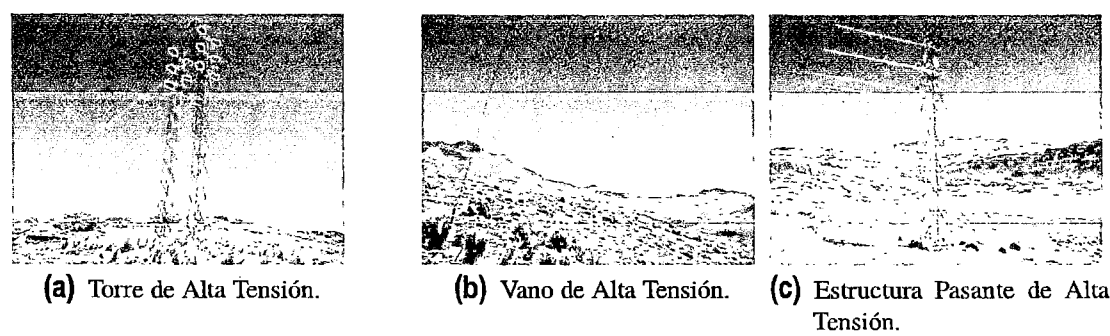


Figura 4.2 Infraestructura de Alta Tensión..

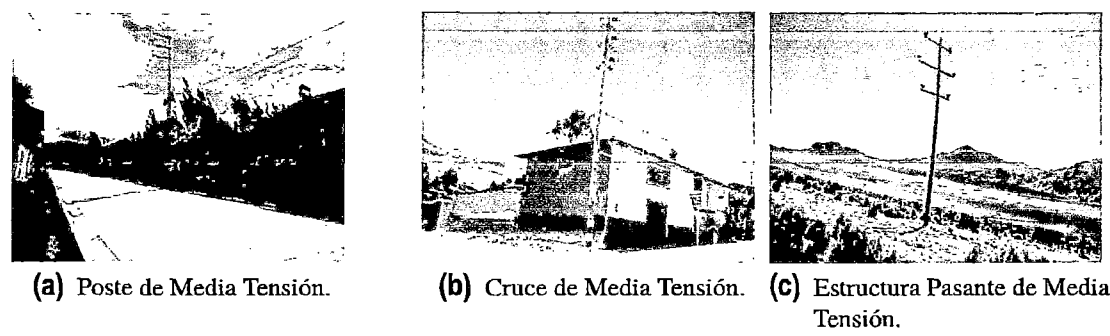


Figura 4.3 Infraestructura de Media Tensión..

El ancho de banda total es 2130.4Mbps de Download y 616.6Mbps en la subida, estas cantidades serán gestionadas por una plataforma de aprovisionamiento de multi servicios, de nueva generación con interfaces SONET/SDH, multiplexacion por división de longitud de onda avanzada, agregación y transporte de múltiples servicios de alta densidad.

El diagrama unifilar (Ver figura 4.6), donde se consideran la distancias nos permite dimensionar las diferentes interfaces necesarias para satisfacer la demanda establecida, tal

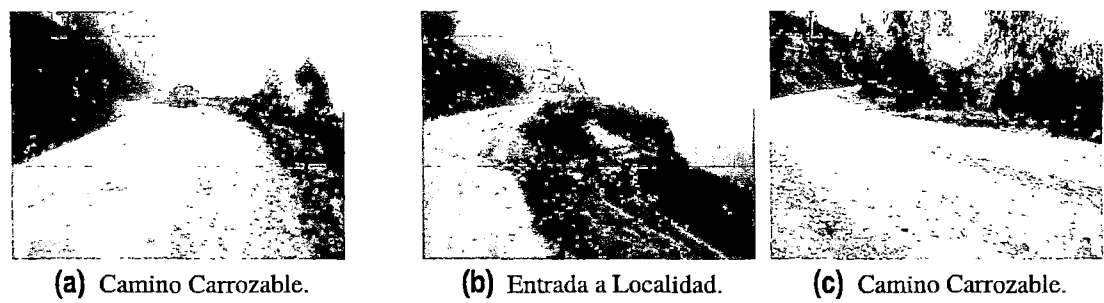


Figura 4.4 Infraestructura Vial..

Tabla 4.3 Interfaces Opticas por Nodo de Distribución.

Nodo	SONET		SDH	
	DOWN	UP	DOWN	UP
Aramango	OC-12	OC-9	STM-4	STM-3
Chiriaco	OC-9	OC-3	STM-3	STM-1
El Parco	OC-3	OC-1	STM-1	STM-1
Copallin	OC-12	OC-3	STM-4	STM-1
La Peca	OC-12	OC-3	STM-4	STM-1
Interfaz de Nodo de Bagua				
Bagua	OC-48	OC-18	STM-16	STM-6

como se muestra en la tabla 4.3.

Se usara fibra óptica monomodo, ITU.T - G.652 D, con una atenuación máxima db/Km de 0.35 dB a 1310nm y 0.25 dB a 1550nm, una resistencia mecánica de 3000N, los cables pueden ser de 24 hilos y de 48 hilos, y una longitud de span de 200m.

La planta de fibra óptica ha instalarse tiene dos componentes: La planta interior y la planta exterior. En la planta interior en general se tiene 02 fusiones que forman la conexión con el ingreso y egreso, generalmente consta de un gabinete de piso, donde en la parte inferior se instalan las bandejas de empalme, y en la parte superior las bandejas de acopladores y en la parte media el equipo de conmutación óptico, en este caso el Cisco ONS 15454(Ver figura 4.7), como se puede ver en el esquema de la figura 4.8

Esta instalación se repite en los nodos de distribución, pero en este caso se requiere posiblemente solo una bandeja de empalme y una bandeja de acopladores pues como máximo se tendrá solo 04 fibras por nodo de distribución, 02 activas y 02 de reserva.

Con estas consideraciones se puede desarrollar el presupuesto de enlace como se muestra

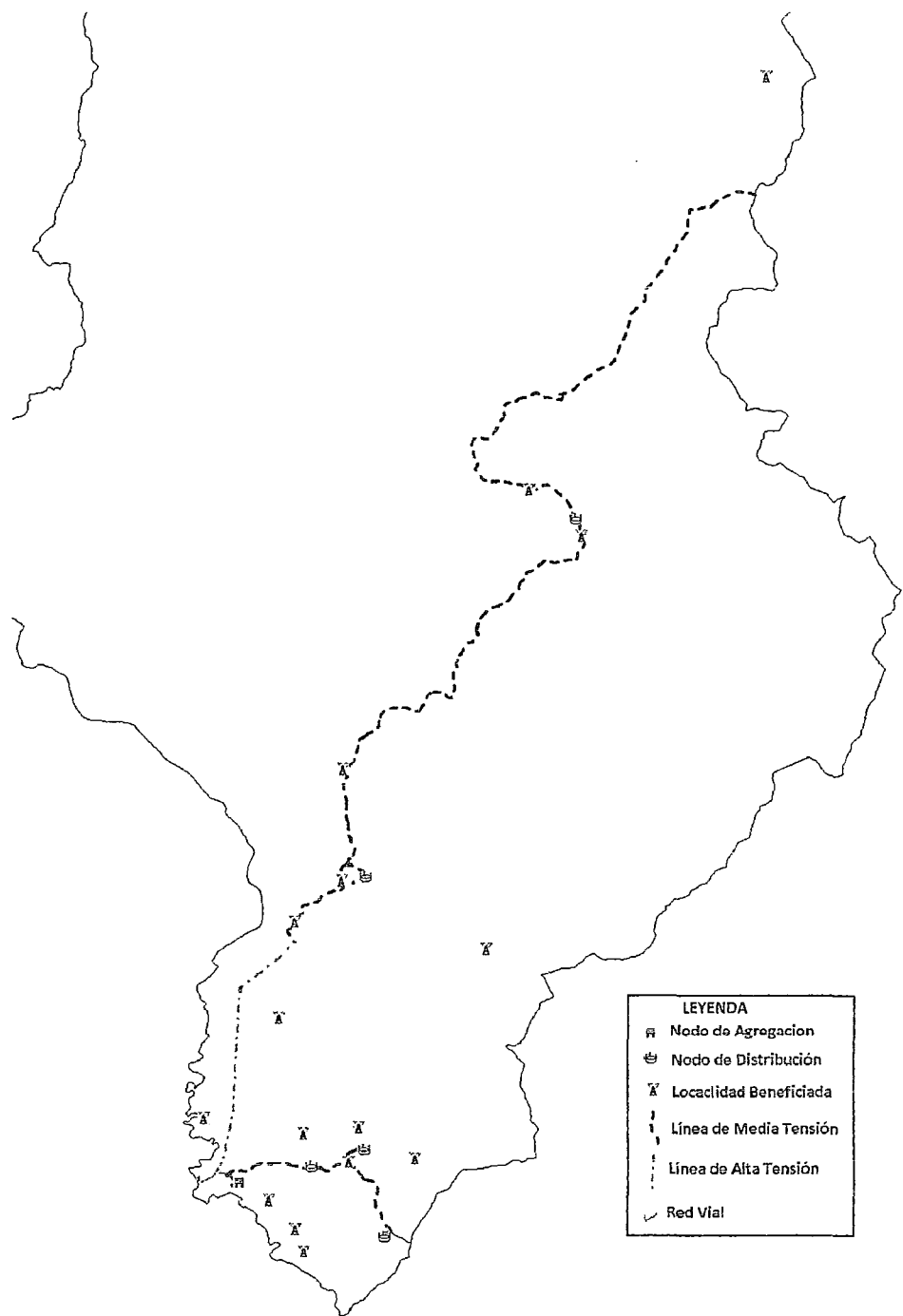


Figura 4.5 Ubicación de Nodos de Distribución y Localidades beneficiadas.

en la tabla 4.4. El margen de seguridad compensa los empalmes adicionales que pudieran ocurrir como resultado de cambios de ruta o mantenimiento. La selección de equipamiento deberá asegurar que las pérdidas totales estén dentro de las perdidas máximas disponibles

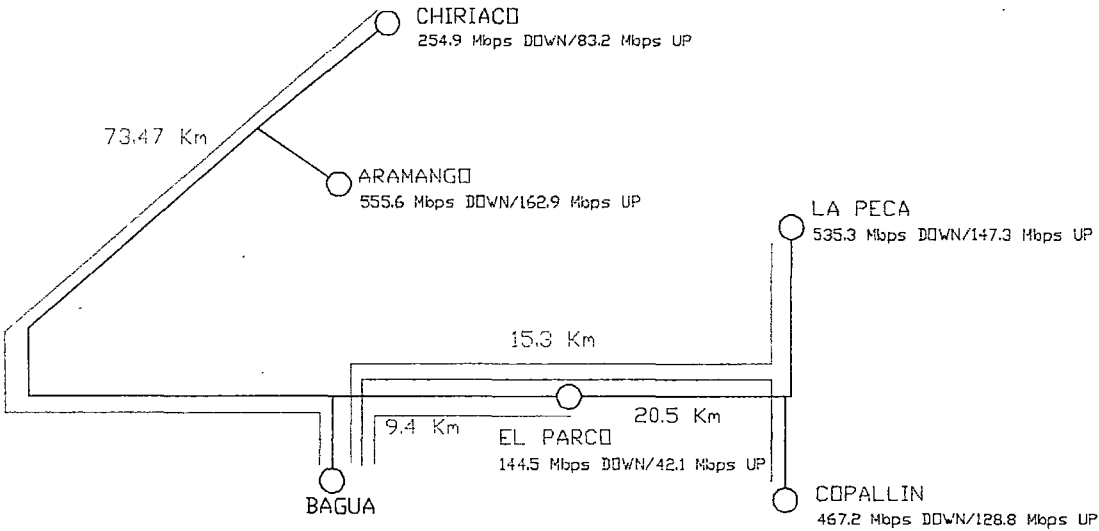


Figura 4.6 Diagrama Unifilar de Nodos de Distribución con las distancias y Capacidad.

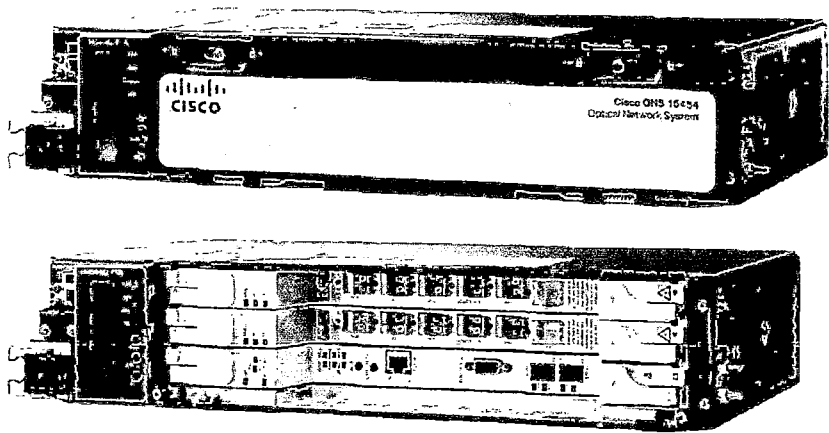


Figura 4.7 Cisco ONS 15454 M2 Plataforma de Transporte Multiservicio.

Tabla 4.4 Presupuestos de Enlace - Nodos de Distribucion.

Nodo	Atenuacion (0.25dB/Km)	Conectores	Fusiones	Panels	Margen	Total Pérdidas
Aramango	8.51 dB	1.4 dB	1.0 dB	3.0 dB	3.0 dB	16.91 dB
Copallin	5.12 dB	1.4 dB	0.6 dB	3.0 dB	3.0 dB	13.12 dB
El Parco	2.35 dB	1.4 dB	0.3 dB	3.0 dB	3.0 dB	10.05 dB
Imaza	18.36 dB	1.4 dB	2.2 dB	3.0 dB	3.0 dB	27.95 dB
La Peca	3.82 dB	1.4 dB	0.45 dB	3.0 dB	3.0 dB	11.67 dB

sobre la ruta.

En [7], pag 6 tenemos una gama de equipos que pueden soportar una perdidas máximas disponibles sobre la ruta de hasta 22dB como máximo los cuales pueden cubrir las necesi-

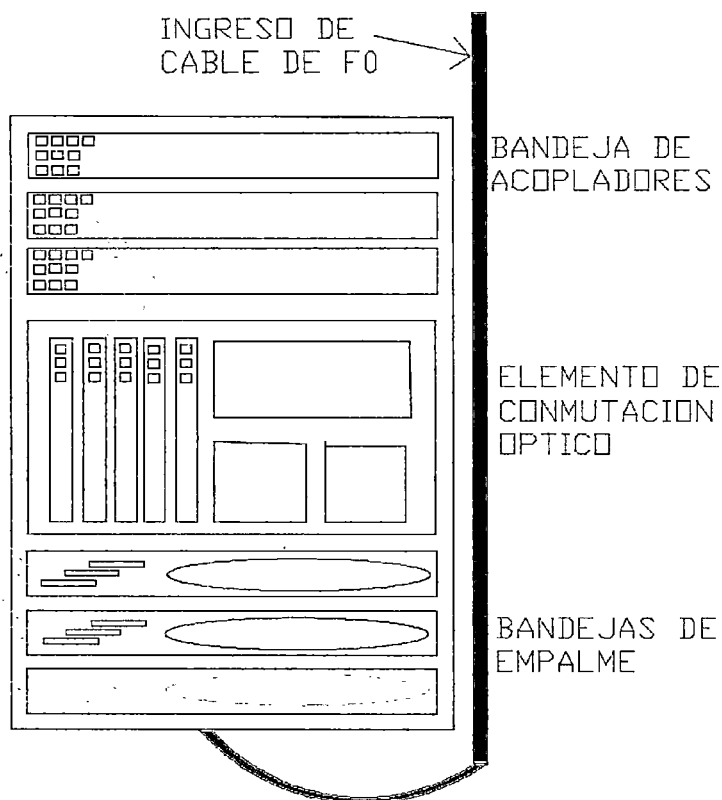


Figura 4.8 Esquema de Planta Interna en Nodo de Agregación Bagua.

dades de todos los nodos excepto del nodo de Imaza, para el que estamos optando usar un amplificador óptico, cuyas características principales es que puede manejar señales en el rango de -24dBm a -5dBm con salidas de 15dBm a 25dBm[6]. Se incluye el datasheet de estos equipos en el apéndice.

Se considera colocar el amplificador óptico en Aramango para lo cual, realizamos una nuevo calculo que consiste en dividir la ruta a Imaza(Chiriaco) en dos partes, una que va desde Bagua a Aramango y una de Aramango a Imaza(Ver figura 4.9). El nuevo calculo del presupuesto de enlace queda como se muestra en la tabla 4.5.

Con estas consideraciones el diseño de la red de transporte óptico queda con un equipo Cisco ONS 15454 en el nodo de agregación de Bagua y con Router Cisco ASR 903 (Ver figura 4.10) en cada nodo de distribución, ambos con las tarjetas de interfaz ópticas correspondientes para las velocidades y atenuaciones especificadas en las tablas 4.1, 4.4. En la figura 4.11 se puede observar un esquema de la red diseñada.

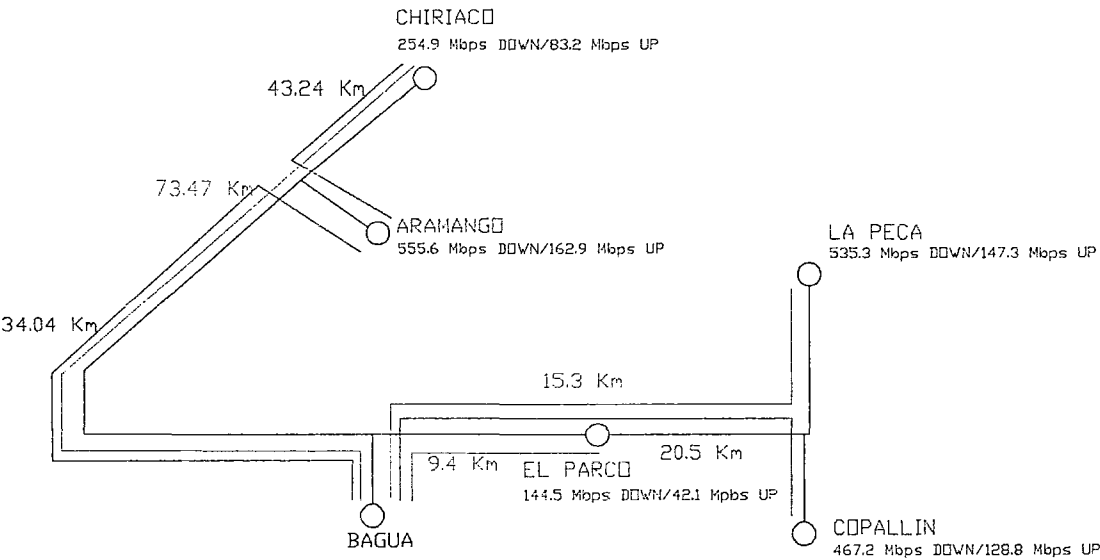


Figura 4.9 Diagrama Unifilar de Nodos de Distribución, considerando la ubicación del amplificador Óptico.

Tabla 4.5 Presupuestos de Enlace - Considerando el Amplificador Óptico.

Nodo	Atenuacion (0.25dB/Km)	Conectores	Fusiones	Panels	Margen	Total Pérdidas
Aramango	8.51 dB	1.4 dB	1.0 dB	3.0 dB	3.0 dB	16.91 dB
Copallin	5.12 dB	1.4 dB	0.6 dB	3.0 dB	3.0 dB	13.12 dB
El Parco	2.35 dB	1.4 dB	0.3 dB	3.0 dB	3.0 dB	10.05 dB
Imaza	8.51 dB	1.4 dB	1.0 dB	3.0 dB	3.0 dB	16.91 dB
	10.81 dB	1.4 dB	1.25 dB	3.0 dB	3.0 dB	19.46 dB
La Peca	3.82 dB	1.4 dB	0.45 dB	3.0 dB	3.0 dB	11.67 dB

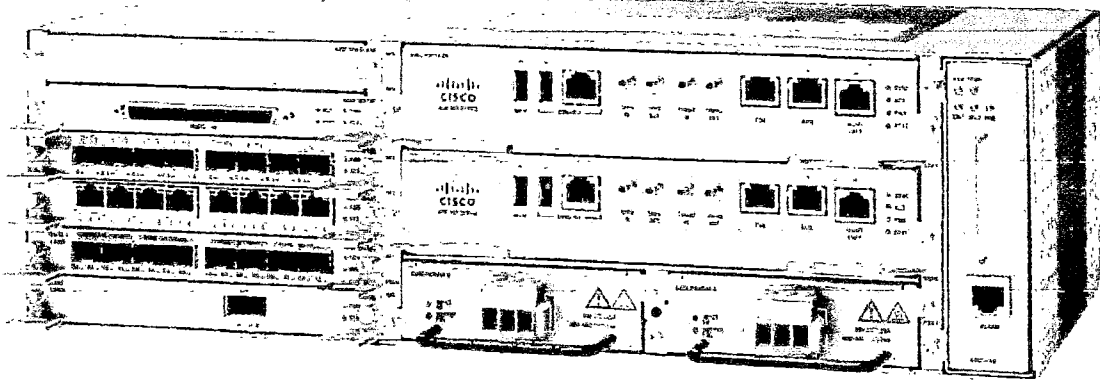


Figura 4.10 Router Cisco ASR 903.

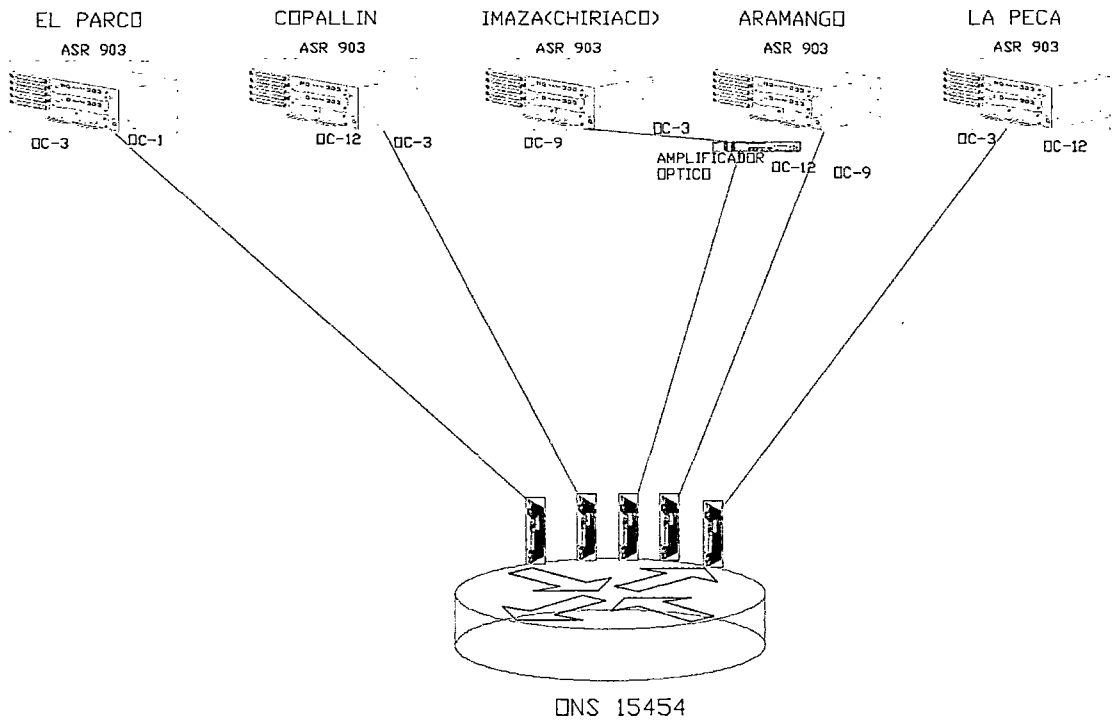


Figura 4.11 Esquema de Red de Transporte Regional.

4.2 Diseño de Red de Distribución Inalámbrica

Una vez establecido el diseño de la red de transporte óptico procedemos al estudio de la redes inalámbricas en cada uno de los distritos a partir de cada nodo de distribución. En la tabla 4.7 se puede ver el área de influencia de cada nodo de distribución y las capacidades estimadas que deben ser cubiertas, y en la tabla 4.6 se tiene la ubicación de cada localidad, información necesaria para realizar el diseño de red optaremos por usar la tecnología WiMax en la banda comprendida en el rango de 5.1GHz a 5.8GHz dándole la posibilidad al operador que implemente el proyecto de seleccionar alguna frecuencia en este rango.

Se ha determinado las líneas de vista para las localidades beneficiadas, tal como se muestra en la figura 4.12, donde se ha establecido el uso de una repetidora para poder tener acceso a localidad de Espital con un salto intermedio en la localidad de Casual, ademas se puede observar que hay conexión directa a la localidad de Tomaque y Peca Palacios, mientras que para llegar a Alenya es necesario usar una repetidora pero en la localidad de Peca Palacios.

Tabla 4.6 Ubicacion de las Localidades.

Nro	Distrito	Localidad	Datos de Ubicación		
			Longitud	Latitud	Altura(m.s.n.m)
1	BAGUA	ESPITAL	-78.499400	-5.518690	908
2	BAGUA	CASUAL	-78.552980	-5.590840	385
3	BAGUA	TOMAQUE	-78.505550	-5.648850	474
4	BAGUA	PECA PALACIOS	-78.486710	-5.669840	474
5	ARAMANGO	TUTUMBEROS	-78.454800	-5.339790	447
6	ARAMANGO	EL MUYO	-78.455010	-5.419245	402
7	ARAMANGO	LA LIBERTAD	-78.488300	-5.449280	367
8	ARAMANGO	NUMPARQUE	-78.351010	-5.467660	1782
9	COPALLIN	LLUHUANA	-78.400680	-5.677810	962
10	COPALLIN	ALENYA	-78.480570	-5.686400	437
11	EL PARCO	TOLOPAMPA	-78.481200	-5.601190	613
12	IMAZA	NUEVO BELEN	-78.154140	-4.841250	539
12	IMAZA	NAZARETH	-78.322730	-5.138310	277
13	IMAZA	PAKUY	-78.285200	-5.171760	296
14	LA PECA	ARRAYAN	-78.442000	-5.596710	940
15	LA PECA	CHOMZA ALTA	-78.401170	-5.618360	1327
16	LA PECA	SAN FRANCISCO	-78.448930	-5.621510	735

Tabla 4.7 Demanda en Mbps por localidad en la Provincia de Bagua.

Nro	Localidad	Download (Mbps)		Upload (Mbps)	
		100 %	40 %	100 %	40 %
1	ESPITAL	40.192	17.2768	11.548	5.8192
2	CASUAL	28.192	12.4768	8.548	4.6192
3	TOMAQUE	40.192	18.4768	13.048	7.6192
4	PECA PALACIOS	64.256	28.1024	19.064	10.0256
5	ARAMANGO	148.384	65.3536	44.596	23.8384
6	TUTUMBEROS	82.288	36.5152	25.072	13.6288
7	EL MUYO (C.P.L.)	170.416	71.7664	47.104	22.4416
8	LA LIBERTAD (C.P.L.)	100.32	43.728	29.58	15.432
9	NUMPARQUE	54.224	24.0896	16.556	9.0224
10	COPALLIN	314.608	130.6432	84.652	38.6608
11	LLIHUANA	92.288	39.3152	26.072	12.8288
12	ALENYA	60.256	26.5024	18.064	9.6256
13	EL PARCO	112.32	48.528	32.58	16.632
14	TOLOPAMPA	32.192	14.0768	9.548	5.0192
15	CHIRIACO	90.288	39.7152	27.072	14.4288
16	NAZARETH	94.288	42.5152	29.572	16.6288
17	PAKUY	38.192	20.0768	15.548	11.0192
18	LA PECA	400.704	165.0816	106.176	47.2704
19	ARRAYAN	68.256	28.5024	18.564	8.6256
20	CHOMZA ALTA	52.224	23.2896	16.056	8.8224
21	SAN FRANCISCO	14.128	8.0512	6.532	5.0128
Total		2130.4	919.36	616.6	313.84

De la misma forma, se ha establecido los enlaces con las localidades de Tolopampa y San Francisco que tienen línea de vista con el nodo de distribución de El Parco y las localidades de Chomza Alta y Arrayan que tienen línea de vista con el nodo de distribución de La Peca, ademas la localidad de Lluhuana tiene acceso al nodo de distribución de La Peca a través de la localidad de Chomza Alta, como repetidora. El caso de la localidad de Copallin, este tiene conexión directa con el nodo de distribución de la misma localidad,

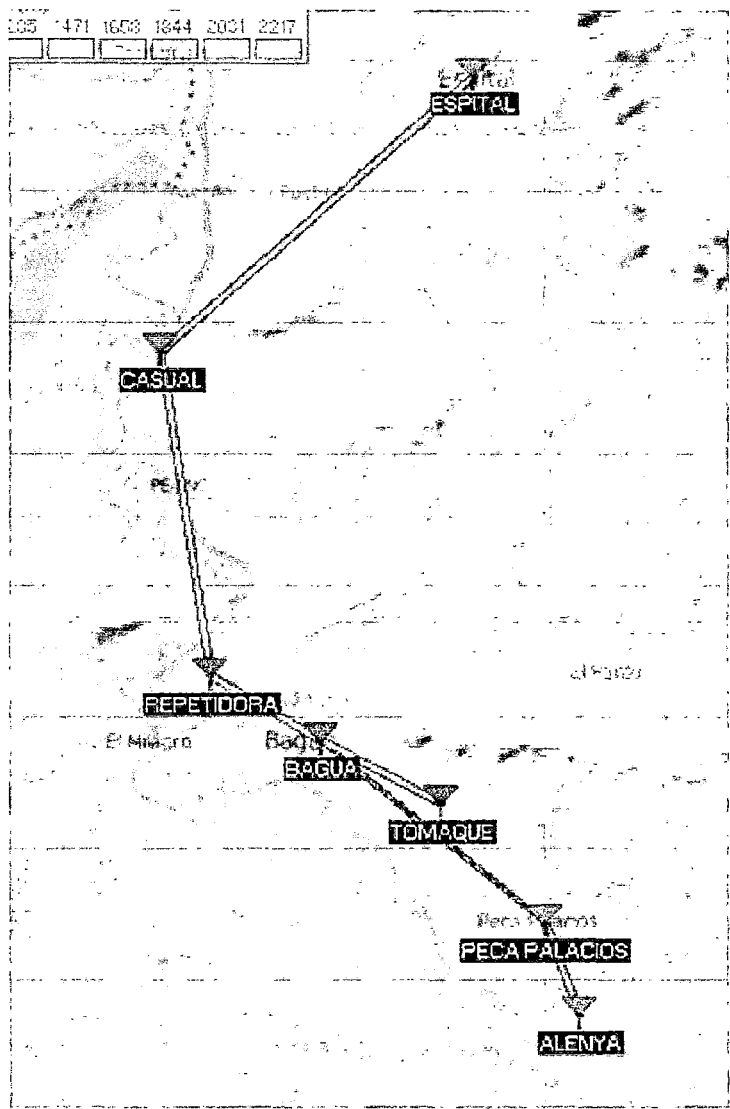


Figura 4.12 Localidades con Línea de Vista desde Bagua.

como se nota en la figura 4.13

Para el nodo de distribución de Aramango, ha sido necesario la inclusión de una estación repetidora con la que se ha logrado tener línea de vista con las localidades de Tutumberos y el Muyo. Desde El Muyo se obtiene línea de vista con La Libertad y existe línea de vista con Numparque desde Aramango. El resultado se muestra en la figura 4.14.

Para el nodo de distribución de Imaza (Chiriaco), se obtiene línea de vista con las localidades de Nazareth y Pakuy. (Ver figura 4.15).

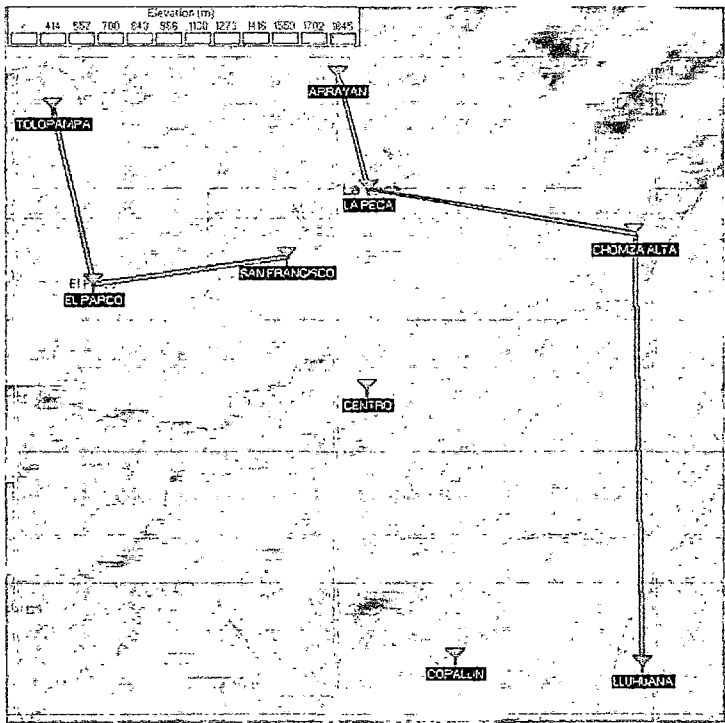


Figura 4.13 Localidades con Linea de Vista desde El Parco y La Peca.

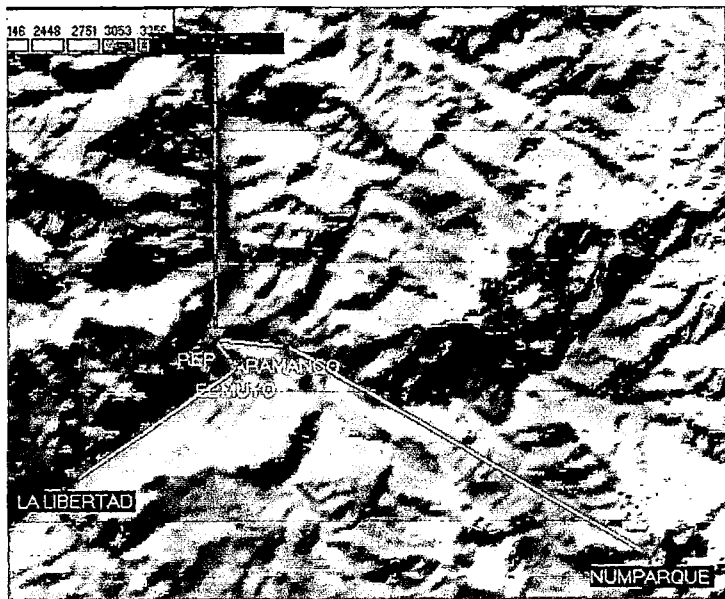


Figura 4.14 Localidades con Linea de Vista desde Aramango.

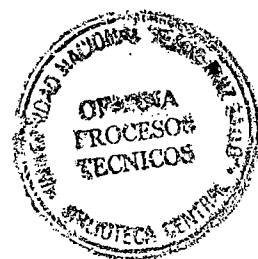
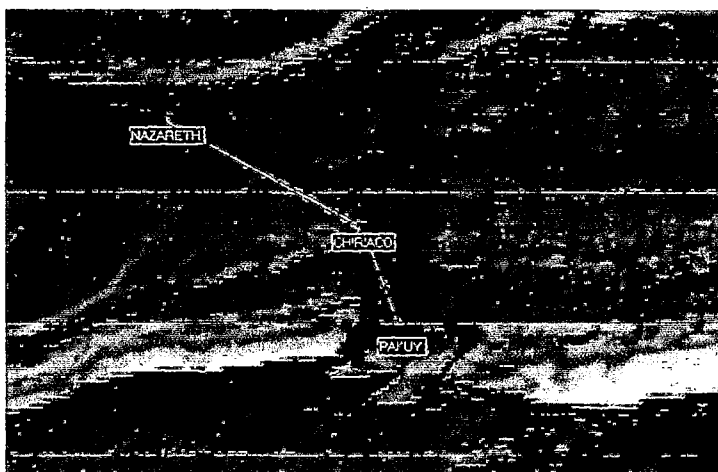


Figura 4.15 Localidades con Linea de Vista desde Chiriaco.

4.2.1 Selección de Equipos

Para obtener la capacidad que demanda cada una de las localidades, en los enlaces se ha considerado la utilización de los equipos de Cambium Networks, en particular el PTP 650 que puede brindar hasta una throughput agregado de 450Mbps, en una solución espectralmente eficiente, auto optimizada. PTP 650 es un puente Ethernet Inalámbrico que ofrece una variedad de características que le dan una mayor capacidad, flexibilidad operativa y la mayor eficiencia espectral de la industria. PTP 650 proporcionan flexibilidad multi banda en el rango de 4.9GHz a 6.05GHz y operar en tamaños de canal de 5MHz a 45MHz. y en la tabla 4.8, detallamos las características mas resaltantes.

Estos equipos tienen la posibilidad de establecer la potencia de transmisión dentro de un rango amplio que va desde 3dBm hasta 25dBm con saltos de 1dBm, lo que da gran flexibilidad a la hora de dimensionar los enlaces.

Para garantizar las velocidades necesarias en cada enlace, se ha tenido que seleccionar cuidadosamente la potencia de transmision, la ganancia de la antena, el ancho de banda a utilizarse y la sensibilidad del receptor de acuerdo a las tablas obtenidas del manual de usuario del equipo PTP650.(Se reproducen en el anexo las de interés para el proyecto).

Enlace Bagua - Espital

Para este enlace se requiere una velocidad de transmisión de 40.192 Mbps de Download y 11.548 Mbps de Upload, dandonos un trafico agregado de 51.775 Mbps con esta velocidad

Tabla 4.8 Capacidad de los Enlaces y Perdidas de LOS.

Banda de Rf	5.1 GHz: 5150 a 5250 MHz, 5.4 GHz: 5470 a 5725 MHz
Tamaño de Canal	5,10,15,20,30, 40 y 45 MHz
Eficiencia Espectral	10 bps/Hz Maximum
Selección de Canal	Optimización espectral dinámica, o asignación de frecuencia fija, selección automática en el inicio y continua auto optimización para evitar interferencia
Máxima Potencia Transmisora	Hasta 27 dBm a BPSK, hasta 23 dBm a 256 QAM
Ganancia del Sistema	Integrada: Hasta 160dB con canales de 20MHz de ancho de banda y con antenas integradas de 19dBi; varia con el modo modulación, tamaño del canal y el espectro.
Sensibilidad del Receptor	-98 dBm con un canal de 5MHz
Esquema Duplex	TDD, HD-FDD
Antena	Panel Plano Integrado: -23dBi
Rango	Hasta 200Km
Puente Ethernet	
Protocolo	IEEE 802.3
Throughput de usuario	Dinamicamente variable hasta 450MBps
Latencia	1ms-3ms en una dirección
QoS	8 colas
Clasificación de Paquetes	Capa 2 y Capa 3 IEEE802.1p, MPLS.
Desempeño de Paquetes	Velocidad de Linea (>850 paquetes por segundo)
Soporte de Tramas	Tramas Jumbo de 9600 bytes.

se cubre la demanda de la localidad Espital. Podemos Observar que no existe simetría en el enlace y se debe usar un enlace con una relación 3:1, tal como se muestra en la figura 4.16.

En la figura 4.16 se observa que se han seleccionado 04 opciones: Si se usa un ancho de banda de 45 MHz la modulación seleccionada seria 64 QAM 0.92, si se usa un ancho de banda de 40 MHz se usara 256 QAM 0.81, para 30 MHz con 64 QAM 0.75 y 20 MHz con 256 QAM 0.81. Seleccionar cualquiera de estas determinara el valor mínimo de señal en el receptor de acuerdo a la figura 4.17.

Lo que se lee de la figura 4.17 es que por ejemplo si se selecciona 45 MHz con 64 QAM 0.92, se debe tener un nivel de umbral en el receptor de -67.2 dBm, la potencia máxima del transmisor puede ser 24dBm y las pérdidas máximas en el enlace puede ser de 137.2 dB. Vamos ha optar por esta selección y mostrar como se complementa en los enlaces con el Radio Mobile. Espital es a una localidad que llegamos mediante tres saltos el primer salto es de Bagua a la Repetidora, a Casual y finalmente a Espital. En la figura 4.18 se puede ver el primer enlace y en donde estamos cumpliendo con el nivel de señal recibido para poder tener la capacidad establecida anteriormente.

Table 105 Throughput at zero link range (Mbit/s), Lite, symmetry 3:1, optimization IP

Modulation mode	45 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			40 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	94.00	31.00	125.00	86.00	29.00	115.00
64QAM 0.92 dual	80.00	27.00	107.00	73.00	24.00	97.00
64QAM 0.75 dual	65.00	22.00	87.00	59.00	20.00	79.00
16QAM 0.87 dual	51.00	17.00	68.00	46.00	15.00	61.00
16QAM 0.63 dual	36.00	12.00	48.00	33.00	11.00	44.00
256QAM 0.81 single	47.00	16.00	63.00	43.00	14.00	57.00
64QAM 0.92 single	40.00	13.00	53.00	36.00	12.00	48.00
64QAM 0.75 single	33.00	11.00	44.00	30.00	10.00	40.00
16QAM 0.87 single	25.00	8.00	33.00	23.00	8.00	31.00
16QAM 0.63 single	18.00	6.00	24.00	17.00	6.00	23.00
QPSK 0.87 single	13.00	5.00	18.00	12.00	5.00	17.00
QPSK 0.63 single	9.00	5.00	14.00	8.00	5.00	13.00
BPSK 0.63 single	5.00	5.00	10.00	5.00	4.94	9.94

Modulation mode	30 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			20 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	63.00	21.00	84.00	42.00	14.00	56.00
64QAM 0.92 dual	53.00	18.00	71.00	35.00	12.00	47.00
64QAM 0.75 dual	43.00	14.00	57.00	29.00	10.00	39.00
16QAM 0.87 dual	34.00	11.00	45.00	22.00	7.00	29.00
16QAM 0.63 dual	24.00	8.00	32.00	16.00	5.00	21.00
256QAM 0.81 single	32.00	11.00	43.00	21.00	7.00	28.00
64QAM 0.92 single	27.00	9.00	36.00	18.00	6.00	24.00
64QAM 0.75 single	22.00	7.00	29.00	14.00	5.00	19.00
16QAM 0.87 single	17.00	6.00	23.00	11.00	5.00	16.00
16QAM 0.63 single	12.00	5.00	17.00	8.00	5.00	13.00
QPSK 0.87 single	8.00	5.00	13.00	6.00	5.00	11.00
QPSK 0.63 single	6.00	5.00	11.00	5.00	4.76	9.76
BPSK 0.63 single	5.00	3.61	8.61	5.00	2.38	7.38

Figura 4.16 Opciones de Selección de Ancho de Banda y Modulación para Espital.

En la figura 4.19, se observa el segundo enlace, donde se cumplen también los niveles esperados.

Finalmente en la figura 4.20, se corrobora también los niveles esperados.

Consolidado de Red de Distribución Inalámbrica

En la tabla 4.9, se detalla el Ancho de Banda del Canal en Hz, tipo de modulación, Nivel de umbral del receptor y Potencia del transmisor, deducidos por un procedimiento similar al detallado, en la sección 4.2.1 para las demás localidades beneficiadas y para las cuales se realizo el estudio de línea de vista en la sección 4.2.

Table 76 5.4 GHz IP mode: system threshold per channel bandwidth and output power (P) (dBm)

Modulation mode	5 MHz	10 MHz	16 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	45 MHz	P (all bands)
BPSK 0.63 single	-96.6	-94.6	-92.8	-91.5	-89.8	-88.5	-88.0	27
QPSK 0.63 single	-93.5	-91.5	-89.7	-88.4	-86.7	-85.4	-84.9	26
QPSK 0.87 single	-89.4	-87.4	-85.7	-84.4	-82.7	-81.4	-80.9	26
16QAM 0.63 single	-87.1	-85.1	-83.4	-82.1	-80.3	-79.1	-78.6	25
16QAM 0.63 dual	-83.2	-81.2	-79.4	-78.2	-76.4	-75.2	-74.6	25
16QAM 0.87 single	-82.6	-80.6	-78.9	-77.6	-75.9	-74.6	-74.1	25
16QAM 0.87 dual	-79.6	-77.6	-75.8	-74.6	-72.8	-71.6	-71.0	25
64QAM 0.75 single	-79.6	-77.6	-75.8	-74.6	-72.8	-71.6	-71.1	24
64QAM 0.75 dual	-76.5	-74.5	-72.7	-71.5	-69.7	-68.5	-68.0	24
64QAM 0.92 single	-75.8	-73.8	-72.0	-70.7	-69.0	-67.7	-67.2	24
64 QAM 0.92 dual	-72.5	-70.5	-68.8	-67.5	-65.8	-64.5	-64.0	24
256QAM 0.81 single	-72.6	-70.6	-68.8	-67.6	-65.8	-64.6	-64.0	23
256QAM 0.81 dual	-69.1	-67.1	-65.3	-64.1	-62.3	-61.1	-60.6	23

Table 77 5.4 GHz IP mode: maximum link loss per channel bandwidth (dB)

Modulation mode	5 MHz	10 MHz	16 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	45 MHz
BPSK 0.63 single	169.6	167.6	165.8	164.5	162.8	161.5	161.0
QPSK 0.63 single	165.5	163.5	161.7	160.4	158.7	157.4	156.9
QPSK 0.87 single	161.4	159.4	157.7	156.4	154.7	153.4	152.9
16QAM 0.63 single	158.1	156.1	154.4	153.1	151.3	150.1	149.6
16QAM 0.63 dual	154.2	152.2	150.4	149.2	147.4	146.2	145.6
16QAM 0.87 single	153.6	151.6	149.9	148.6	146.9	145.6	145.1
16QAM 0.87 dual	150.6	148.6	146.8	145.6	143.8	142.6	142.0
64QAM 0.75 single	149.6	147.6	145.8	144.6	142.8	141.6	141.1
64QAM 0.75 dual	146.5	144.5	142.7	141.5	139.7	138.5	138.0
64QAM 0.92 single	145.8	143.8	142.0	140.7	139.0	137.7	137.2
64 QAM 0.92 dual	142.5	140.5	138.8	137.5	135.8	134.5	134.0
256QAM 0.81 single	141.6	139.6	137.8	136.6	134.8	133.6	133.0
256QAM 0.81 dual	138.1	136.1	134.3	133.1	131.3	130.1	129.6

Figura 4.17 Sensibilidad del Receptor para Espital.

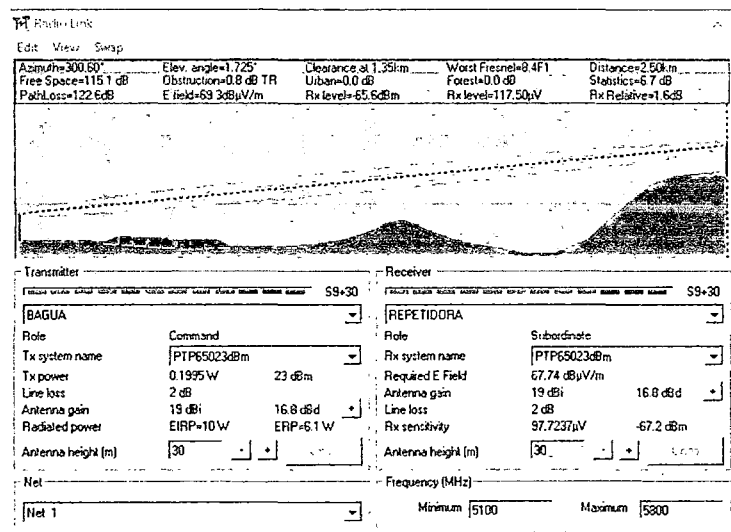


Figura 4.18 Enlace Bagua a Repetidora para llegar a Espital.

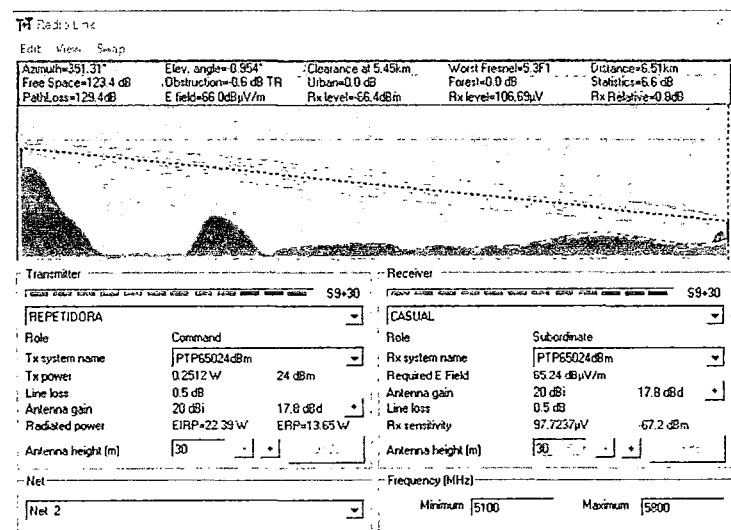


Figura 4.19 Enlace Repetidora a Casual para llegar a Espital.

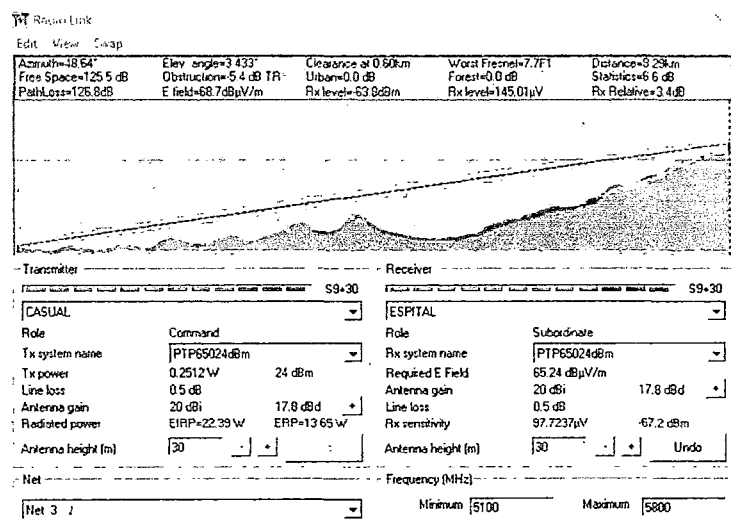


Figura 4.20 Enlace Casual Espital.

Tabla 4.9 Ancho de Banda, Modulación, Nivel de Rx, Potencia de Tx, Pérdidas de Red Inalambrica.

Nro	Localidad	Ancho de Banda	Modulación	Nivel Rx	Potencia Tx	Pérdidas Totales
1	ESPITAL	45 MHz	64 QAM	-67.2 dBm	24 dBm	137.2 dB
2	CASUAL	40 MHz	0.92 single 64 QAM	-71.6 dBm	24 dBm	141.6 dB
3	TOMAQUE	30 MHz	0.75 single 64 QAM	-69.7 dBm	24 dBm	139.7 dB
4	PECA PALACIOS	45 MHz	0.75 dual 64 QAM	-68.0 dBm	24 dBm	138 dB
5	TUTUMBEROS	45 MHz	0.75 dual 256 QAM	-60.3 dBm	23 dBm	129.6 dB
6	EL MUYO (C.P.L.)	45 MHz	0.81 dual 16 QAM	-73.8 dBm	25 dBm	145.4 dB
7	LA LIBERTAD (C.P.L.)	40 MHz	0.87 dual 64 QAM	-71.6 dBm	24 dBm	141.6 dB
8	NUMPARQUE	40 MHz	0.75 single 64 QAM	-79.1 dBm	25 dBm	150.1 dB
9	LLIHUANA	45 MHz	0.75 single 16 QAM	-74.1 dBm	25 dBm	145.1 dB
10	ALENYA	40 MHz	0.87 single 16 QAM	-79.1 dBm	25 dBm	150.1 dB
11	TOLOPAMPA	20 MHz	0.63 single 16 QAM	-77.6 dBm	25 dBm	149.2 dB
12	NAZARETH	30 MHz	0.87 single 64 QAM	-69.0 dBm	24 dBm	139.0 dB
13	PAKUUY	40 MHz	0.92 single 16 QAM	-79.1 dBm	25 dBm	150.1 dB
14	ARRAYAN	30 MHz	0.63 single 64 QAM	-72.8 dBm	24 dBm	142.8 dB
15	CHOMZA ALTA	40 MHz	0.75 single 16 QAM	-79.1 dBm	25 dBm	150.1 dB
16	SAN FRANCISCO	30 MHz	0.63 single QPSK 0.63	-86.7 dBm	26 dBm	158.7 dB



5 Conclusiones

Se ha diseñado una red de transporte por fibra óptica, que interconecta el nodo de Agregación de Bagua con los nodos de distribución considerados dentro del área de influencia del proyecto en la Provincia de Bagua, también se ha diseñado la red de acceso que utilizando enlaces inalámbricos se ha interconectado todas las localidades beneficiadas, logrando de esta manera la conectividad integral de los distritos de la provincia de Bagua, garantizando un ancho de banda adecuado a las necesidades estimadas de la población y de las instituciones públicas beneficiadas proyectadas a 10 años, que asegura calidad de transmisión y calidad de servicio.

Se ha estimado la demanda de capacidad de cada localidad beneficiada, haciendo uso de la información de la población del censo del 2007 proyectada al 2016 y 2026 con los índices de crecimiento dados por el INEI¹ y respetando los nuevos parámetros de Banda Ancha, luego las localidades han sido asignadas a alguno nodo de distribución y al nodo de agregación lo que ha permitido estimar el ancho de banda de cada nodo de distribución. Adicionalmente con la información de la infraestructura eléctrica y vial ha utilizarse se obtiene las distancias de los nodos de distribución al nodo de agregación, entonces se ha determinado las interfaces ópticas adecuadas que aseguren la calidad del canal de comunicación que garantice las velocidades de transmisión estimadas. Ha sido necesario inclusive la utilización de un amplificador óptico para el nodo de distribución de Chiriaco.

¹ Instituto Nacional de Estadística e Informática

Se ha diseñado la red de acceso Inalámbrica que permita la conectividad con Línea de Vista de las localidades beneficiadas con los nodos de distribución. Acá también se ha tomado en cuenta la demanda estimada de cada localidad para un dimensionamiento correcto de los equipos de transmisión que pasa por determinar el ancho de banda en Hz, el esquema de modulación a usarse, El nivel de umbral de receptor, la potencia del transmisor y las pérdidas totales. Todos los enlaces diseñados garantizan la velocidad de transmisión con un porcentaje de disponibilidad del 70%.

Se ha diseñado este acceso inalámbrico para 16 localidades beneficiadas, puesto que las otras 05 localidades son las capitales de distrito y/o son nodos de distribución y la demanda es cubierta por la red de transporte óptico que se interconecta al nodo de agregación.

Apéndice A

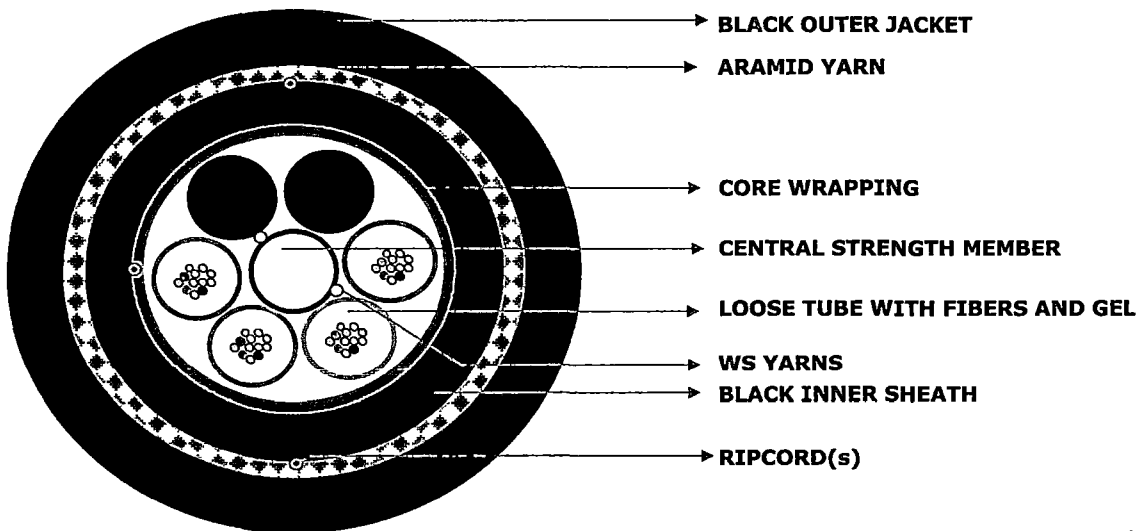
Datasheet de Equipos

SM (G.652) Multi Tube Double Jacket ADSS Optical Fiber Cable

PRODUCT INFORMATION

Fiber	
Single Mode Optical Fiber	Sterlite Fiber ITU.T - G.652 D
Maximum Cabled Fiber Attenuation dB/Km	1310nm : 0.35 & 1550nm : 0.25
PMDq	$\leq 0.2 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$
Loose Tube	
Water Blocking Element	Thixotropic gel to prevent water ingress in loose tube
Tube	Thermoplastic Material
Core	
Central Strength Member	Fiber Reinforced Plastic to provide tensile strength and antibuckling properties.
Filler	Polyethylene Black
Water blocking elements	Water Swellable Yarns is added to prevent water ingress in the core of cable.
Core Wrapping	Binder and Water Blocking Tape.
Cable	
Rip Cord	Twisted yarns
Inner Sheathing	UV Proof Black MDPE
Peripheral Strength Member	Aramid Yarns to meet the required tensile strength
Outer Sheathing	UV Proof Black HDPE

CONSTRUCTIONAL DETAILS



Typical construction Diagram - Not to Scale

OPTICAL FIBER CABLE PERFORMANCE

MECHANICAL				ENVIRONMENTAL	
Crush Resistance		3000N/ 100mm		Temp. Performance	
Minimum Bend Radius		Impact strength	25Nm	Installation	-30°C to + 70°C
-During Installation	20 D	Torsion	$\pm 180^\circ$	Operation	-40°C to + 70°C
-After Installation	15 D	Cable Bend	20 D x 4 Turns x 3cycles	Storage	-40°C to + 70°C
Water Penetration		1m head, 3m samples, 24 hrs.(Over Inner PE)			

Tests shall be carried out as per IEC Standards. Change in attenuations shall be $< 0.05 \text{ dB}$.

PRINTING DETAILS

Printing details (White - Hot Foil Emb.)	STERLITE SM Fiber Count G652D ADSS 200m OFC Laser Symbol Telephone Symbol FITEL Year of Production Cable ID Meter Marking
---------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

The accuracy of marking shall be $\pm 0.5\%$. Occasional loss of printing & remarking shall be as per Bell core GR 20 and this supercedes the earlier markings.

Prepared By:- N. Nitesh Approved By:- Doc. No.:- XX/12-F-D-S3-2-AA-200mtr Rev.:-1.0 Date:- 05-09-2013



SM (G.652) Multi Tube Double Jacket ADSS Lite Optical Fiber Cable

CABLE CONSTRUCTION								
Fiber Count	Fibers Per Tube	Tubes	Fillers	Color of Loose Tubes In Sequence	Fiber Color	Diameter of Cable (±5%)	Weight of Cable (±10%)	Max. Tensile Strength
Nos.	Nos.	Nos.	Nos.			mm	Kg/Km	kN
24	12	2	4	Blue,Orange,Filler, Filler,Filler,Filler.	Blue,Orange,Green, Brown,Slate,White, Red,Black,Yellow, Violet,Pink,Aqua.	12.9	125	6.3
48	12	4	2	Blue,Orange,Green, Brown,Filler,Filler.	Blue,Orange,Green, Brown,Slate,White, Red,Black,Yellow, Violet,Pink,Aqua.	12.9	125	6.3

Filler Color:	Black
Sheath Color:	Black
Jacket Color:	Black

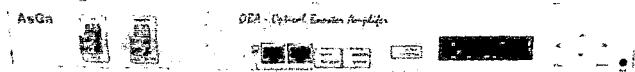
LOADING CONDITION					
	Span Length	Sag %		Excess Load	
	mtr	Installation Sag	Vector Sag	Ice Load	Wind Speed
	200	1.0%	4.1%	10 mm	60 Km / Hr

Spacing : Cable shall be install at minimum distance of 1 mtr from 23kV Power Line.

<u>Standard Length Details</u>	
Cable length (Km)	4 ± 5%
Order Tolerance:	± 5 %
Short Lengths :	Max 5 %, Customer Approval.

Amplificador Óptico EDFA

AsGa



Presentación

Los Amplificadores EDFA AsGa son utilizados en comunicación óptica de gran capacidad y larga distancia en sistemas DWDM para amplificar señales ópticos en la banda C (~1528 a 1561nm). Son equipos destinados a amplificar señales ópticos dañados por la atenuación del medio de transmisión con proceso de amplificación independiente de la tasa de transmisión y del protocolo utilizado.

AsGa desarrollo tres modelos de amplificadores para diferentes aplicaciones:

OPA (Optical PreAmplifier): Utilizado en el final del enlace, antes de los receptores. Pose alta sensibilidad de entrada, bajo ruido y baja potencia de salida.

OLA (Optical Line Amplifier): Utilizado en el medio del enlace, responsable por amplificar un señal dañado viendo de una línea y enviarlo con potencia suficiente para vencer la segunda parte del enlace.

OBA (Optical Booster Amplifier): Es el amplificador booster o de potencia, posee alta potencia de salida. Posee baja sensibilidad de entrada y el nivel de ruido es relativo alto.

1. Aplicaciones:

- Sistemas de larga distancia;
- Aumento de distancia en enlaces ópticos existentes;
- Actualización de sistemas operando en 10Gbps para operación en 40Gbps.

2. Características:

- Cubre la banda C, de 1528 a 1562nm;
- Apagamiento automático de los lasers de bombeo para protección del operador, caso el señal de entrada sea perdido;
- Equilibrio Automático do Ganho;
- Interfaz RS232 para monitoreo y configuración;
- Interfaz eléctrica para información de alarmas;
- Disponibles en 3 modelos: Booster, Línea y Pre-amplificador.



Figura 1 – Amplificador Óptico Booster



Figura 2 – Pre-amplificador Óptico



Figura 3 – Amplificador Óptico de Línea

3. Características Ópticas:

• Unidad Booster

Parámetro	Especificación		Unid.	Nota
	Mínimo	Máximo		
Pista Espectral	1528	1562	nm	Banda C
Potencia de Entrada	-15	-3	dBm	
Ganho		25	dB	Modo AGC
Potencia de Salida	15	25	dBm	
Uniformidad Ganho @ -5dBm de Entrada		0.5	dB	Modo AGC
Figura de Ruido		5	dB	
Perdida de Retorno @ Entrada		40	dB	Bombeo apag.
Perdida de Retorno @ Salida		40		
PDG		0.3	dB	
PMD		0.5	dB	

• Unidades Línea e Pre-amplificador

Parámetro	Especificación		Unid.	Nota
	Mínimo	Máximo		
Pista Espectral	1528	1562	nm	Banda C
Potencia de Entrada	-29	-17	dBm	
Ganho	10	25	dB	Modo AGC
Potencia de Salida	5	15	dBm	
Uniformidad Ganho @ -5dBm de Entrada		0.5	dB	Modo AGC
Figura de Ruido		5	dB	
Perdida de Retorno @ Entrada		40	dB	Bombeo apag.
Perdida de Retorno @ Salida		40		
PDG		0.3	dB	
PMD		0.5	dB	

Amplificador Óptico EDFA

4. Definiciones de los Puertos Electricos:

Puerta	Pinos	Nota
DB3		-48VDC
RS-232	2 - RXD	Recepción de datos serial
RS-232	3 - TXD	Transmisión de datos serial
RS-232	5 - GND	Comunes
RJ-45	1	Alarma de entrada de señal
RJ-45	2	Alarma de salida de señal
RJ-45	3	Alarma de falla en el laser de bombeo
RJ-45	4	Alarma de temperatura interna
RJ-45	5, 6, 7	No conectado
RJ-45	8	Comunes
Ethernet		Interfaz Ethernet 10/100M

5. Definiciones de los Puertos Ópticos:

Puerta	Terminación	Nota
Input	Óptica, conector FC/LC/PC	Entrada del Señal
Output	Óptica, conector FC/LC/PC	Salida del Señal

6. Informaciones en el Painel Frontal:

Nombre	Funcionalidad
Chave on/off	Enciende y apaga el equipamiento
LEDs de status	Indicación de alarmas
Conector RS232	Interfaz para configuración
Llave para Reset	Ejecuta Reset del equipamiento
Conector para monitoreo	Señales digitales correspondientes a las alarmas
Entrada y salida óptica	Conectores ópticos para entrada y salida del señal

7. Parámetros Mecánicos:

- L×P×A = 481mm x 200mm x 44mm (19").

8. Alimentación:

- Full-Range (36VDC à 60VDC e 90VAC à 250VAC).

9. Consumo Máximo:

- 25W.

10. Conector Eléctrico:

- Conector DB3 (DC IN).

11. Temperatura de Operación:

- De 0°C a 50°C

12. Especificación para Adquisición:

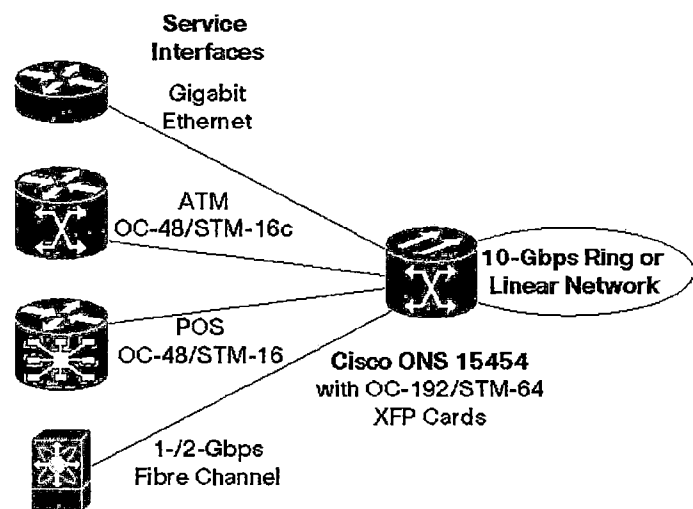
El código del modelo del equipamiento es definido por los datos de la tabla que sigue: modelo (MD), gaño (GA), número de canales (CH), potencia de entrada (IN), potencia de salida (OUT), tipo de conector (CT) y tipo de fuente (FT).

AOP - MD GA CH IN OUT CT FT ASG

MODELO DEL AMPLIFICADOR ÓPTICO		
AOP	-	Linea de Amplificadores WDM
MD	B	Amplificador Óptico Booster
	L	Amplificador Óptico de Linea
	P	Pre-amplificador Óptico
GA	1	Gaño de 10dB
	2	Gaño de 15dB
	3	Gaño de 20dB
	4	Gaño de 25dB
	x	Otro
CH	C	Canales da banda C
	L	Canales da banda C + L
	S	Single
IN	1	Potencia de entrada - 29 dBm
	2	Potencia de entrada - 29 dBm
	3	Potencia de entrada - 24 dBm
	4	Potencia de entrada - 15 dBm
	5	Potencia de entrada - 10 dBm
	6	Potencia de entrada - 8 dBm
	7	Potencia de entrada - 5 dBm
	8	Potencia de entrada - 3 dBm
	x	Otro
OUT	A	Potencia de salida - 5 dBm
	B	Potencia de salida - 10 dBm
	C	Potencia de salida - 14 dBm
	D	Potencia de salida - 15 dBm
	E	Potencia de salida - 17 dBm
	F	Potencia de salida - 18 dBm
	G	Potencia de salida - 20 dBm
	H	Potencia de salida - 21 dBm
	I	Potencia de salida - 22 dBm
	J	Potencia de salida - 25 dBm
CT	1	Conector LC/APC
	2	Conector LC/PC
	3	Conector SC/APC
	4	Conector SC/PC
	5	Conector FC/APC
	6	Conector FC/PC
FT	A	Fuente Single
	B	Fuente Dual
ASG	-	Fabricante

Las especificaciones estan sometidas a cambios sin aviso previo

Figure 2
 High-Capacity Multiservice Transport over OC-192/STM-64



The Cisco ONS 15454 also supports lower-speed service interfaces as well, starting at 1.5 Mbps/2.0 Mbps (DS-1/E1), Ethernet, Fast Ethernet, and others to offer a complete multiservice transport solution.

Key Features and Benefits

Table 1 outlines some of the key features and benefits of the OC-192/STM-64 XFP card.

Table 1. Features and Benefits

Feature	Benefits
XFP module-based	More cost-effective sparing of XFPs versus fixed card alternatives. Suitable for all metro applications between central offices, colocation offices, or enterprise and campus facilities with span lengths from 2 km to 80 km. Allows common carrier card to support many user applications through plug-in devices and simplifies support for system changes.
Full complement of performance management features including 15-minute and 24-hour statistics, SONET/SDH alarms and conditions, threshold crossing alerts (TCAs), loopbacks, J0 section/regenerator section trace, and J1 path trace	Enhances network maintenance and troubleshooting activities.
SDH tunneling over SONET support	Allows transport for SDH terminal equipment over installed optical network.
User-defined automatic in-service (AINS) of ports	Allows service port and path to be created awaiting valid signal without creating invalid system alarms.
Telcordia Technologies OSMINE	Support for Telcordia TIRKS for both card and XFP optics in card.

Summary/Conclusion

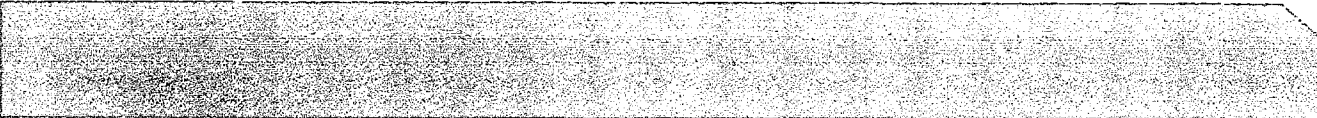
The Cisco ONS 15454 OC-192/STM-64 XFP-Based Optics Card adds significant value to user networks by enhancing system flexibility and lowering operational costs.

Regulatory Compliance

Table 2 outlines the regulatory compliance specifications that are met by the OC-192/STM-64 XFP card.

Table 2. Regulatory Compliance

Regulatory Compliance	
Homologation	
SONET/ANSI System	SDH/ETSI Systems
Canada	Australia
European Union (EU)	China
Japan	EU
Korea	Hong Kong
Mexico	Korea
United States	Mexico
	New Zealand
	Singapore
Electromagnetic Compliance	
ETSI 300-386-TC	
NEBS Telcordia Technologies GR-1089-CORE, Issue 3 (Level 3, Type 2 and Type 4)	
IEC CISPR 22, CISPR 24	
ICES-003, Issue 3, 1997	
FCC 47CFR15	
EU EN55024, EN55022	
EN6100-6-1	
Resolution 237 (Brazil)	
VCCI-V-3/2000.04 (Japan)	
Product Safety	
CSA CAN/CSA-C22.2 No. 950-95, 3rd Edition	
NEBS Telcordia Technologies GR-1089-CORE, Issue 3, (Level 3, Type 2 and Type 4)	
IEC 60950-1 / EN 60950-1, 1st edition	
UL and cUL / CSA 60950-1, 1st edition	
Laser Safety	
UL / CSA 60950-1 or IEC 60950-1 / EN60950-1	
21CFR1040	
EN or IEC 60825-1	
EN or IEC 60825-2	
Environmental	
NEBS Telcordia Technologies GR-63-CORE, Level 3	
ETS 300 019-2-1 (Storage, Class 1.1)	
ETS 300 019-2-2 (Transportation, Class 2.3)	
ETS 300 019-2-3 (Operational, Class 3.1E)	



Regulatory Compliance	
Telecom	
Telcordia Technologies GR-253-CORE (OC-192)	
European Union G.707, G.825, G.957	
Japan JATE Technical Requirements (Green Book)	
Other	
AT&T Network Equipment Development Standards (NEDS) Generic Requirements	
SBC TP76200MP	
Verizon TCG Checklist	
MCI ESD	

Product Specifications

Table 3 outlines the OC-192/STM-64 XFP product specifications. Table 4 outlines the optical specifications for the XFP modules.

Table 3. Product Specifications

Parameter	Value
XFP Capacity	1 module
Supported Payloads	
SONET	VT-1.5, VT-2, STS-1, and STS-Nc; where N = 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 192
SDH	VC-11, VC-12, VC-3, VC-4, and VC-4-Nc; where N = 2, 3, 4, 8, 16, 64
Management	
Card LEDs	
Failure (FAIL)	Red
Active/standby (ACT/STBY)	Green/Amber
Signal fail (SF)	Yellow
Port LEDs	
Operational state (bi-color)	
Operational, ready to carry traffic	Green
Line condition present	Red
Power	
Card Power Draw, Maximum (with XFP)	40W
Operating Environment	
Temperature	
Standard (with CWDM and DWDM XFP optics)	–23 to 131 F (–5 to 55 C)
Humidity	5 to 95% noncondensing
Storage Environment	
Temperature	–40 to 185 F (–40 to 85 C)
Humidity	5 to 95% noncondensing
Physical Dimensions	
Size	1 card slot
Weight (Including XFP)	1.78 lbs. (without XFP) 0.81 kg

Table 4. XFP Optical Specifications

XFP Type (Part Number)	Attenuation Range (dB)	Transmit Output Power, Minimum (dBm)	Transmit Output Power, Maximum (dBm)	Receiver Sensitivity, Minimum (dBm)	Receiver Sensitivity, Maximum (dBm)	Dispersion Tolerance (ps/nm)	Optical Power Penalty, Maximum (dB)
OC-192/STM-64 SR/I64 (ONS-XC-10G-S1)	0–4	–6	–1	–11	–1	6.6	1
OC-192/STM-64 IR-2/S64.2b (ONS-XC-10G-I2)	3–11	–1	2	–14	2	800	2
OC-192/STM-64 LR2/P1L1- 2D2 ² (ONS-XC-10G-L2)	11–22	0	4	–24	–7	1600	2

1. Bit Error Rate = 1x10⁻¹²
2. ITU-T G.959.1 long-haul specification

System Requirements

Table 5 outlines the minimum requirements to operate the OC-192/STM-64 XFP card.

Table 5. System Requirements

Parameter	Cisco ONS 15454 SONET/ANSI System	Cisco ONS 15454 SDH/ETSI System
Shelf assembly	SA-HD, SA-ANSI	SA-ETSI
Timing, communications, and control card	TCC2 or TCC2P	TCC2 or TCC2P
Cross-connect card	XC-VXC-10G, XC-10G	XC-VXC-10G, XC-VXL-10G
Cisco ONS 15454 system software	Release 6.0 or greater	Release 6.0 or greater
Slot compatibility	Slots 5, 6, 12, 13	Slots 5, 6, 12, 13

Ordering Information

To place an order, visit the [Cisco Ordering Home Page](#). Table 6 outlines the orderable part numbers for the OC-192/STM-64 XFP card. Table 7 outlines the orderable part numbers for the XFP modules that are qualified for the OC-192/STM-64 XFP card.

Table 6. Ordering Information

Product Name	Part Number
OC-192 XFP-based multiple-reach optics card, 1 ckt., SONET systems	15454-10G-XR
STM-64 XFP-based multiple-reach optics card, 1 ckt., SDH systems	15454E-10G-XR
OC-192 XFP-based optics card, supports short-reach only, XFP included, SONET systems	15454-10G-S1
STM-64 XFP-based optics card, supports intra-office reach only, XFP included, SDH systems	15454E-10G-I1

Table 7. Ordering Information: XFP Modules

Product Name	Part Number
XFP, OC-192/STM-64, short-reach/intra-office, 1310 nm, SMF	ONS-XC-10G-S1
XFP, OC-192/STM-64, intermediate-reach/short-haul, 1550 nm, SMF	ONS-XC-10G-I2
XFP, OC-192/STM-64, long-reach/long-haul, 1550 nm, SMF	ONS-XC-10G-L2

Cisco ASR 903 Router Overview

The Cisco ASR 903 Router is a fully-featured aggregation platform designed for the cost-effective delivery of converged mobile and business services. With shallow depth, low power consumption, and an extended temperature range, this compact 3-rack-unit (RU) router provides high service scale, full redundancy, and flexible hardware configuration.

The Cisco ASR 903 Router expands the Cisco service provider product portfolio by providing a rich and scalable feature set of Layer 2 VPN (L2VPN) and Layer 3 VPN (L3VPN) services in a compact package. It also supports a variety of software features, including Carrier Ethernet features, Timing over Packet, and pseudowire.

The Cisco ASR 903 Router is positioned as a pre-aggregation router in IP RAN (GSM, UMTS, iMAX, CDMA, and LTE) networks or an aggregation router in Carrier Ethernet networks.

Cisco ASR 903 Router Features

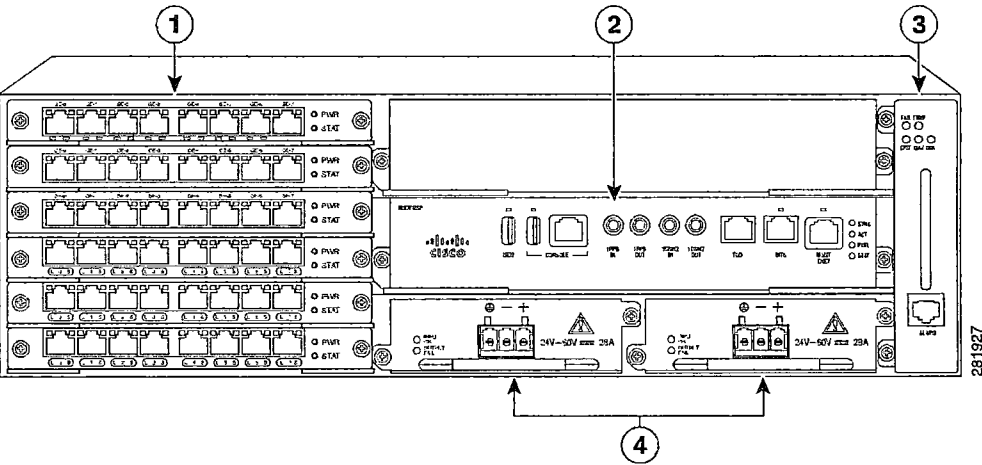
The Cisco ASR 903 Router has the following hardware features:

- 3-RU modular chassis designed for installation in a 300 mm European Telecommunications Standards Institute (ETSI) cabinet
- Dedicated slots in the chassis that support the following:
 - Up to six interface modules
 - Up to two Route Switch Processors (RSP)
 - Up to two DC power supply units
 - One fan tray
- Network frequency, phase, and time inputs and outputs for network interfaces (SyncE and TDM), BITS, 1 PPS or 10 MHz and Timing over Packet (IEEE 1588-2008)
- Adjustable front and rear rail mounting locations
- Front panel access to power supplies, fan tray, RSPs, and interface modules
- Online insertion and removal (OIR) of RSP, interface modules, power supplies, and fan tray
- Discrete status LEDs on power supply, interface module, RSP, and fan tray units
- Four alarm dry contact inputs (either normally open or normally closed)
- Environmental monitoring and reporting functions
- LED indicators for critical, major, and minor alarms

- Side-to-side forced air cooling
- Temperature range of –40 to 149 degrees F (-40 to 65 degrees C) with DC power supply
- Temperature range of 32 to 104 degrees F (0 to 40 degrees C) with AC power supply

Figure iv-1 illustrates the Cisco ASR 903 Router chassis design.

Figure iv-1 Cisco ASR 903 Router Chassis Design



1	Interface modules
2	RSP unit
3	Fan tray
4	Redundant power units (two DC power units are shown)

System Specifications

Table iv-1 summarizes the system specifications and environmental requirements for the Cisco ASR 903 Router.

Table iv-1 Cisco ASR 903 Router System Specifications

Dimensions (Height x Width x Depth)	5.22 in. x17.44 in. x 10.565 in. (132.588 x 442.976 x 268.351 mm) Note This measurement includes handles from the power supply, fan tray, and interface modules installed in the chassis.
Weight	27.117 pounds (12.3 kg) Note This weight includes a redundant RSP and power supply.

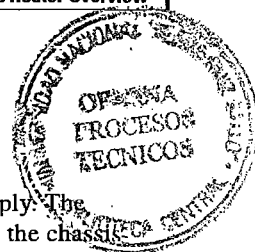
Table iv-1 Cisco ASR 903 Router System Specifications

Operating Temperature	<p>The Cisco ASR 903 Router supports the following temperature ranges with the DC power supply:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -60–4000 meters: -40 to 104 degrees F (-40 to + 40 degrees C) • -60–1800 meters: -40 to 149 degrees F (-40 to + 65 degrees C) <p>The Cisco ASR 903 Router supports the following temperature ranges with the AC power supply:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -60–4000 meters: 32 to 104 degrees F (0 to 40 degrees C) • -60–1800 meters: 23 to 140 degrees F (-5 to 55 degrees C)
Nonoperating Temperature	-40°F to 185°F (-40°C to +85°C) storage temperature
Operating Humidity	5–95% operating noncondensing relative humidity
Operating Altitude	-60m to 1800m operating altitude for full operating temperature range; up to 4000m at up to 40°C.
Nonoperating Altitude	4572 m storage altitude
Vibration	1.0 g from 1.0 to 150 Hz
Shock	30 G half sine 6 ms and 11 ms
Nonoperating Vibration	<p>Random: 1.15 gRMS 3 to 200 Hz, 30 minutes/axis</p> <p>Sine: 10 to 500 Hz @ 0.8 G peak / 5 sweep cycles/axis</p>
Operating Acoustics	< 55 dBa @ 27 degrees C

Power Supply Features

The Cisco ASR 903 Router support AC and DC power supplies. For more information about installing the Cisco ASR 903 Router power supplies, see the Installing the Power Supply, page 2-20 section. The power sections provide more information about the power supply:

- Redundancy, page iv-4
- Dying Gasp, page iv-4
- Status LEDs, page iv-4
- DC Power Specifications, page iv-4
- AC Power Specifications, page iv-6



Redundancy

The Cisco ASR 903 Router chassis includes a slot for an optional redundant power supply. The redundant power supply option provides a second power supply to ensure that power to the chassis continues uninterrupted if one power supply fails or input power on one line fails. Redundancy is supported either with identical power supplies or a combination of AC and DC power supply. The Cisco ASR 903 Router supports current sharing between the power supplies.

If you install a redundant power supply on the Cisco ASR 903 Router, we recommend that you connect each power supply to a separate input power source in order to ensure that the router maintains power in the event of a power interruption caused by an electrical failure, a wiring fault, or a tripped circuit breaker.

Dying Gasp

The Cisco ASR 903 Router DC power supply supports the Dying Gasp feature, which allows the router to provide an input power loss notification to the RSP so that the RSP can send appropriate SNMP traps or OAM messages and update log files on the router. With the DC power supply, the router supports a minimum input power loss detection time of 2 milliseconds (DC) and continued operation of at least 6 milliseconds (DC) after the notification.

**Note**

Continued DC power supply operation may vary for voltages other than +24/-48V.

Status LEDs

LEDs are also provided on each power supply to indicate the status of the input power and the health of the power supply. For more information about the LEDs on the Cisco ASR 903 Router, see Chapter 4, “Troubleshooting.”

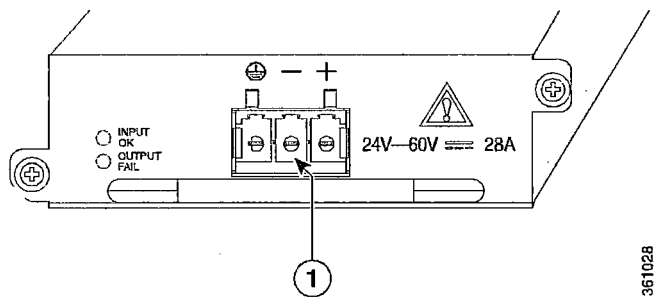
DC Power Specifications

The Cisco ASR 903 Router uses a +24/-48 Volts Direct Current (VDC) (-19 to -72 VDC supply tolerance) power supply. The power supply provides 550 W output power for system 12 V power. The power supply is field replaceable, hot-swappable, and operates separately from the fan tray. The power supply contains a front panel with mounting screws, a handle for insertion and removal, and two status LEDs. No ON/OFF switch is provided.

The two DC PEM models supported on the router are:

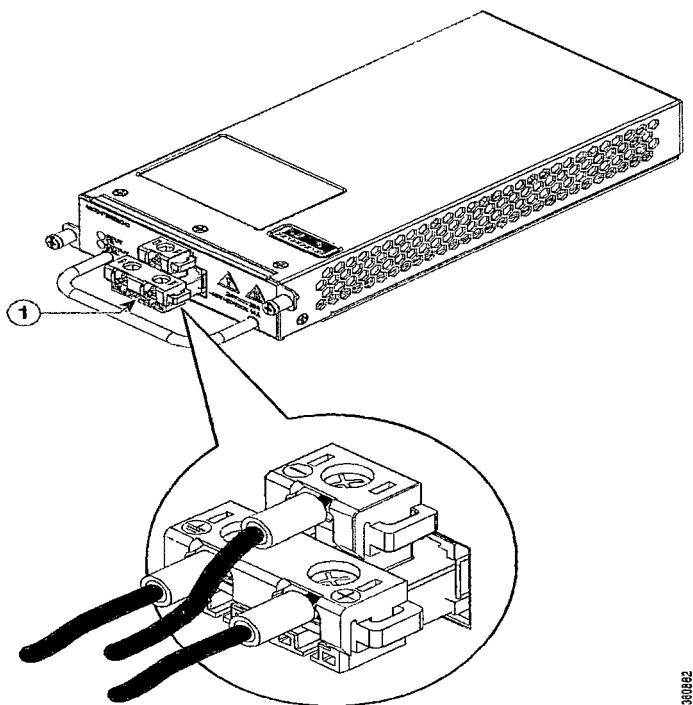
- A900-PWR550-D—Uses a euro-style three-position terminal block connector, Figure iv-2
- A900-PWR550-D-E—Uses a T-shaped connector, Figure iv-3

Figure iv-2 DC PEM Module (A900-PWR550-D) with Euro-style Connector



1 Euro-style connector

Figure iv-3 DC PEM Module (A900-PWR550-D-E) with T-Shaped Connector



1 T-shaped connector

Table iv-2 summarizes the input power specifications for the Cisco ASR 903 Router DC power supply units.

Table iv-2 DC Power Supply Specifications

Part numbers	A900-PWR550-D, A900-PWR550-D-E
Input power specification	+24/-48 VDC
Minimum input voltage	-19.2 VDC

Table 4. SFP Optical Specifications

SFP Type (Part Number)	Attenuation Range (dB)	Transmit Output Power – Minimum (dBm)	Transmit Output Power – Maximum (dBm)	Receiver Sensitivity – Minimum ¹ (dBm)	Receiver Sensitivity – Maximum (dBm)	Dispersion Tolerance (ps/nm)	Optical Power Penalty – Maximum (dB)
OC-3/STM-1 IR1/S-1.1 (ONS-SI-155-I1)	0–12	–15	–8	–28	–8	–	1
OC-3/STM-1 LR1/L-1.1 (ONS-SI-155-L1)	10–28	–5	0	–34	–10	–	1
OC-3/STM-1 LR2/L-1.2 (ONS-SI-155-L2)	10–28	–5	0	–34	–10	–	1
OC-3/STM-1 CWDM (ONS-SE-155- xxxx)	13–33	0	5	–34	–7	1600	1
Dual-Rate OC- 12/STM-4 and OC- 3/STM-1 SR/I-1/I- 4, IR1/S-1.1/S-4.1 (ONS-SI-622-I1)	0–12	–15	–8	–28	–8	–	1
OC-12/STM-4 LR1/L-4.1 (ONS-SI-622-L1)	10–24	–3	2	–28	–8	–	1
OC-12/STM-4 LR2/L-4.2 (ONS-SI-622-L2)	10–24	–3	2	–28	–8	–	1
OC-12/STM-4 CWDM (ONS-SE-622- xxxx)	13–27	0	5	–28	–7	1600	1
OC-48/STM-16 SR/I-16 (ONS-SI-2G-S1)	0–7	–10	–3	–18	–3	12	1
OC-48/STM-16 IR1/S-16.1 (ONS-SI-2G-I1)	0–12	–5	0	–18	0	–	1
OC-48/STM-16 LR1/L-16.1 (ONS-SI-2G-L1)	10–24	–2	3	–27	–9	–	1
OC-48/STM-16 LR2/L-16.2 (ONS-SI-2G-L2)	10–24	–2	3	–28	–9	1200–1600	2
OC-48/STM-16 DWDM100 (ONS-SC-2G-xx.x)	13–27	0	4	–28	–9	Power Ltd –800 to 2400	3 OSNR 21dB ²
				–22	–9	Noise Ltd –800 to 2400	3 OSNR=19 ³

1. Bit Error Rate = 1×10^{-12}

2. OSNR @ 0.1nmBW (Noise penalty = 0 dB)

3. OSNR @ 0.1nmBW (Power penalty = 0 dB)

PTP 650

Service providers, government public safety agencies, and critical infrastructure operators such as utilities and energy companies have experienced massive growth in data, voice, and video traffic over the past few years. This growth has imposed large bandwidth demands for reliable and secure broadband connectivity and backhaul worldwide.

Cambium Networks disrupts the performance-reliability continuum with the Cambium Point-to-Point (PTP) 650 Series solution. With up to 450 Mbps aggregate throughput, PTP 650 systems let you reliably and securely handle today's needs with scalability to meet future requirements.

FLEXIBLE, SPECTRALLY-EFFICIENT, SELF-OPTIMIZING SUB-6GHZ SOLUTION

Based on our widely-deployed, field-proven non-line-of-sight (NLOS) technology, PTP 650 wireless Ethernet bridges offer an ideal array of features that give you more capacity, greater operational flexibility, and the highest spectral efficiency in the industry. PTP 650 systems provide 4.9 to 6.05 GHz, multi-band flexibility in a single radio and operate in channel sizes from 5 to 45 MHz.

With Dynamic Spectrum Optimization (DSO), PTP 650 systems are constantly optimizing the channel of operation to maximize link reliability and performance. The systems can provide up to 99.999% availability in virtually any environment, including non-line-of-sight, long-distance line-of-sight, high interference, over water and desert, and through extreme weather conditions. As a result, you can deliver more throughput with less spectrum and less investment in even the most challenging environments

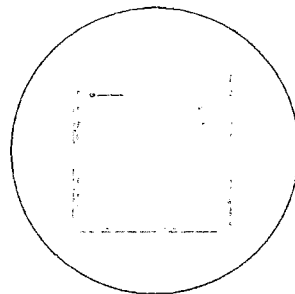
DESIGNED WITH YOU IN MIND

Whether your organization is an enterprise, government agency, or service provider, PTP 650 systems are ideal solutions for a wide array of applications such as T1/E1 and fiber replacements or extensions; video surveillance backhaul; LTE, macro-cell, and small-cell backhaul; lastmile access; disaster recovery; network redundancy; and building-to-building campus connectivity.

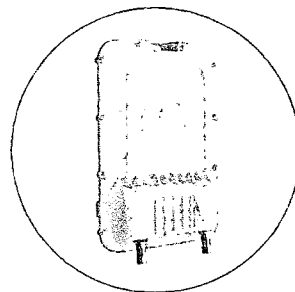
FIELD TESTED AND INDUSTRY CERTIFIED

PTP 650 radios meet industry standards with proven compliance to assure you of interoperability, security, and ruggedization.

- FIPS 197 128/256-bit AES encryption
- IEEE 1588v2 and Synchronous Ethernet (SyncE)
- IPv6/IPv4 dual-stack management support
- Ingress Protection rated (IP66/67) protective aluminum radio enclosures
- MEF9 certification



PTP 650 Integrated



PTP 650 Connectorized

RADIO TECHNOLOGY	
MODEL	PTP 50650
RF BANDS ¹	Wide-band operation 4.9 to 6.05 GHz (Allowable frequencies and bands are dictated by individual country regulations. The most common bands are listed here.) 4.940 – 4.990 GHz (Public Safety) 5.15 – 5.25 GHz 5.25 – 5.35 GHz 5.470 – 5.725 GHz 5.725 – 5.850 GHz 5.825 – 6.050 GHz
CHANNEL SIZES	5, 10, 15, 20, 30, 40, and 45 MHz channels Channel sizes depend on individual country regulations
SPECTRAL EFFICIENCY	10 bps/Hz maximum
CHANNEL SELECTION	By Dynamic Spectrum Optimization or manual intervention; automatic selection on start-up and continual self-optimization to avoid interference
MAXIMUM TRANSMIT POWER ²	Up to 27 dBm at BPSK; up to 23 dBm at 256 QAM
SYSTEM GAIN ²	Integrated: Up to 164 dB with 20 MHz channel and integrated 23 dBi antenna; varies with modulation mode, channel size and spectrum Connectorized: Varies with modulation mode and antenna type
RECEIVER SENSITIVITY	-98 dBm with 5 MHz channel
MODULATION / ERROR CORRECTION	Fast Preemptive Adaptive Modulation featuring 13 modulation / FEC coding levels ranging from BPSK to 256 QAM dual payload MIMO
DUPLEX SCHEME	Time Division Duplex (TDD) Adaptive or fixed transmit/receive duty cycles. Split frequency operation allows separate transmit and receive frequencies where allowed by regulation. Optional TDD synchronization using PTP-SYNC Module
ANTENNA	Integrated: Flat panel – 23 dBi Connectorized: Can operate with a selection of separately-purchased single- and dual-polarity antennas through 2 x N-type female connectors (local regulations should be checked prior to purchase)
RANGE	Up to 124 miles (200 km)
SECURITY	FIPS-197 compliant 128/256-bit AES Encryption (optional) HTTPS and SNMPv3 ³ Identity-based user accounts Configurable password rules User authentication and RADIUS support Event logging and management; optional logging via syslog Disaster recovery and vulnerability management
ETHERNET BRIDGING	
PROTOCOL	IEEE 802.3
USER DATA THROUGHPUT	Dynamically variable up to 450 Mbps Maximum conditions – 2x2, 45 MHz channel ¹ , 256 QAM Flexible spectral efficiency / capacity licensing model: Lite Capacity: Up to 125 Mbps Mid Capacity: Up to 250 Mbps Full Capacity: Up to 450 Mbps Also available with licenses limiting maximum channel bandwidth
LATENCY	1 – 3 ms one-direction latency
QoS	8 Queues
PACKET CLASSIFICATION	Layer 2 and Layer 3 IEEE 802.1p, MPLS, Ethernet priority
PACKET PERFORMANCE	Line rate (>850K packets per second)
TIMING TRANSPORT	Synchronous Ethernet; IEEE 1588v2
FRAME SUPPORT	Jumbo frame up to 9600 bytes
FLEXIBLE I/O	2 x Gigabit Ethernet copper ports: Gigabit Port 1: Data + PoE power input Gigabit Port 2: 802.3at PoE output port SFP port (single-mode fiber, multi-mode fiber, and copper Gigabit Ethernet options available)
T1/E1 TDM SUPPORT	8 x T1/E1 TDM (Network Indoor Unit (NIDU)) G.823-compliant timing DC power input (compatible with AC+DC Power Injector output)
T1/E1 LATENCY (ONE WAY)	1 to 3 ms typical depending on range, bandwidth, modulation mode and number of T1/E1 ports; accurate T1/E1 latency figures can be determined for any given configuration using the Cambium PTP LINKPlanner

MANAGEMENT & INSTALLATION	
LED INDICATORS	Power status, Ethernet link status, and activity on Extended Range PoE supply
NETWORK MANAGEMENT	In-band and out-of-band management (OOBM)
SYSTEM MANAGEMENT	IPv6/IPv4 dual-stack management support Web access via browser using HTTP or HTTPS/TLS ³ SNMP v1, v2c and v3, MIB-II and proprietary PTP MIB Cambium Wireless Manager, WM 4.0/SP4 or higher Online spectrum analyzer (no impact on payload traffic or network operation)
INSTALLATION	Built-in audio and graphical assistance for link optimization
CONNECTION	Distance between outdoor unit and primary network connection: up to 330 feet (100 meters) using Power-over-Gigabit Ethernet; longer distances up to 984 feet (300 meters) can be achieved using fiber interface
PHYSICAL	
DIMENSIONS	Integrated Outdoor Unit (ODU): Width 371mm (14.6"), Height 371mm (14.6"), Depth 81mm (3.2") Connectorized ODU: Width 204mm (8.0"), Height 318mm (12.5"), Depth 90mm (3.5")
WEIGHT	Integrated ODU: 4.1 kg (8.95 lbs) including bracket Connectorized ODU: 3.1 kg (6.8 lbs) including bracket
OPERATING TEMPERATURE	-40° to +140° F (-40° to +60° C), including solar radiation
DUST-WATER INTRUSION PROTECTION	IP66 and IP67
WIND SPEED SURVIVAL	200 mph (322 kph)
POWER SUPPLY	Two options: AC power injector: 32° to 104° F (0° to +40° C); 35 W; 90-240 VAC, 50/60 Hz Dimensions: Width 5.2" (132mm), Height 1.4" (36mm), Depth 2" (51mm) AC + DC power injector: -40° to 140° F (-40° to +60° C); 70 W; 90-240 VAC, 50/60 Hz Dimensions: Width 9.75" (250 mm), Height 1.5" (40 mm), Depth 3" (80 mm)
POWER CONSUMPTION	30 W maximum (up to 70 W with 802.3at device on auxiliary port)
ENVIRONMENTAL & REGULATORY	
PROTECTION AND SAFETY	UL60950-1; IEC60950-1; EN60950-1; CSA-C22.2 NO. 60950-1; CB approval for Global
RADIO	4.9 GHz: FCC Part 90Y, RSS-III 5.x GHz: FCC Part 15, sub-parts 15C and 15E; RSS 210 Issue 8; EN 302 502; EN 301 893 Eire ComReg 02/71RI, UK Approval to IR2007
EMC	Europe – EN 301 489-1 and -4

¹ Regulatory conditions for RF bands should be confirmed prior to system purchase. All bands use the same hardware. Individual bands and channel widths are available pending local regulatory approvals and region code licenses.

² Gain, maximum transmit power and effective radiated power may vary based on regulatory domain and region code license.

³ Web access via HTTPS/TLS is available on AES-enabled radios.

Table 84 5.9 GHz IP mode: system threshold per channel bandwidth and output power (P) (dBm)

Modulation mode	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	45 MHz	P (all bands)
BPSK 0.63 single	-95.8	-94.3	-92.5	-91.3	-89.5	-88.3	-87.8	27
QPSK 0.63 single	-92.7	-91.2	-89.4	-88.2	-86.4	-85.2	-84.7	26
QPSK 0.87 single	-88.7	-87.2	-85.4	-84.2	-82.4	-81.1	-80.6	26
16QAM 0.63 single	-86.3	-84.8	-83.1	-81.8	-80.1	-78.8	-78.3	25
16QAM 0.63 dual	-82.4	-80.9	-79.1	-77.9	-76.1	-74.9	-74.3	25
16QAM 0.87 single	-81.8	-80.3	-78.5	-77.3	-75.5	-74.3	-73.8	25
16QAM 0.87 dual	-78.7	-77.2	-75.5	-74.2	-72.4	-71.2	-70.7	25
64QAM 0.75 single	-78.7	-77.2	-75.4	-74.2	-72.4	-71.2	-70.7	24
64QAM 0.75 dual	-75.5	-74.0	-72.3	-71.0	-69.3	-68.0	-67.5	24
64QAM 0.92 single	-74.6	-73.1	-71.3	-70.1	-68.3	-67.1	-66.6	24
64 QAM 0.92 dual	-71.2	-69.7	-67.9	-66.7	-64.9	-63.7	-63.2	24
256QAM 0.81 single	-70.9	-69.4	-67.7	-66.4	-64.7	-63.4	-62.9	23
256QAM 0.81 dual	-67.0	-65.5	-63.7	-62.5	-60.7	-59.5	-58.9	23

Table 85 5.9 GHz IP mode: maximum link loss per channel bandwidth (dB)

Modulation mode	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	45 MHz
BPSK 0.63 single	168.8	167.3	165.5	164.3	162.5	161.3	160.8
QPSK 0.63 single	164.7	163.2	161.4	160.2	158.4	157.2	156.7
QPSK 0.87 single	160.7	159.2	157.4	156.2	154.4	153.1	152.6
16QAM 0.63 single	157.3	155.8	154.1	152.8	151.1	149.8	149.3
16QAM 0.63 dual	153.4	151.9	150.1	148.9	147.1	145.9	145.3
16QAM 0.87 single	152.8	151.3	149.5	148.3	146.5	145.3	144.8
16QAM 0.87 dual	149.7	148.2	146.5	145.2	143.4	142.2	141.7
64QAM 0.75 single	148.7	147.2	145.4	144.2	142.4	141.2	140.7
64QAM 0.75 dual	145.5	144.0	142.3	141.0	139.3	138.0	137.5
64QAM 0.92 single	144.6	143.1	141.3	140.1	138.3	137.1	136.6
64 QAM 0.92 dual	141.2	139.7	137.9	136.7	134.9	133.7	133.2
256QAM 0.81 single	139.9	138.4	136.7	135.4	133.7	132.4	131.9
256QAM 0.81 dual	136.0	134.5	132.7	131.5	129.7	128.5	127.9

Table 88 Throughput at zero link range (Mbit/s), Full, symmetry 1:1, optimization IP

Modulation mode	45 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			40 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	226.1	226.1	452.2	206.3	206.3	412.6
64QAM 0.92 dual	190.5	190.5	381.0	173.8	173.8	347.6
64QAM 0.75 dual	155.7	155.7	311.3	142.0	142.0	284.1
16QAM 0.87 dual	121.1	121.1	242.2	110.5	110.5	221.0
16QAM 0.63 dual	87.1	87.1	174.1	79.4	79.4	158.9
256QAM 0.81 single	113.0	113.0	226.1	103.1	103.1	206.3
64QAM 0.92 single	95.2	95.2	190.5	86.9	86.9	173.8
64QAM 0.75 single	77.8	77.8	155.7	71.0	71.0	142.0
16QAM 0.87 single	60.5	60.5	121.1	55.2	55.2	110.5
16QAM 0.63 single	43.5	43.5	87.0	39.7	39.7	79.4
QPSK 0.87 single	30.3	30.3	60.5	27.6	27.6	55.2
QPSK 0.63 single	21.8	21.8	43.5	19.9	19.9	39.7
BPSK 0.63 single	10.9	10.9	21.8	9.9	9.9	19.9

Modulation mode	30 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			20 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	151.1	151.1	302.2	100.0	100.0	200.1
64QAM 0.92 dual	127.3	127.3	254.6	84.3	84.3	168.6
64QAM 0.75 dual	104.0	104.0	208.1	68.9	68.9	137.8
16QAM 0.87 dual	80.9	80.9	161.9	53.6	53.6	107.2
16QAM 0.63 dual	58.2	58.2	116.4	38.5	38.5	77.0
256QAM 0.81 single	75.5	75.5	151.1	50.0	50.0	100.0
64QAM 0.92 single	63.7	63.7	127.3	42.1	42.1	84.3
64QAM 0.75 single	52.0	52.0	104.0	34.4	34.4	68.9
16QAM 0.87 single	40.5	40.5	80.9	26.8	26.8	53.6
16QAM 0.63 single	29.1	29.1	58.2	19.3	19.3	38.5
QPSK 0.87 single	20.2	20.2	40.5	13.4	13.4	26.8
QPSK 0.63 single	14.5	14.5	29.1	9.6	9.6	19.3
BPSK 0.63 single	7.3	7.3	14.5	4.8	4.8	9.6

Modulation mode	15 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			10 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	75.4	75.4	150.7	50.1	50.1	100.2
64QAM 0.92 dual	63.5	63.5	127.0	42.2	42.2	84.4
64QAM 0.75 dual	51.9	51.9	103.8	34.5	34.5	69.0
16QAM 0.87 dual	40.4	40.4	80.7	26.8	26.8	53.7
16QAM 0.63 dual	29.0	29.0	58.0	19.3	19.3	38.6
256QAM 0.81 single	37.7	37.7	75.4	25.0	25.0	50.1
64QAM 0.92 single	31.7	31.7	63.5	21.1	21.1	42.2
64QAM 0.75 single	25.9	25.9	51.9	17.2	17.2	34.5
16QAM 0.87 single	20.2	20.2	40.4	13.4	13.4	26.8
16QAM 0.63 single	14.5	14.5	29.0	9.6	9.6	19.3
QPSK 0.87 single	10.1	10.1	20.2	6.7	6.7	13.4
QPSK 0.63 single	7.3	7.3	14.5	4.8	4.8	9.6
BPSK 0.63 single	3.6	3.6	7.2	2.4	2.4	4.8

Modulation mode	5 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	24.2	24.2	48.4
64QAM 0.92 dual	20.4	20.4	40.8
64QAM 0.75 dual	16.7	16.7	33.3
16QAM 0.87 dual	13.0	13.0	25.9
16QAM 0.63 dual	9.3	9.3	18.6
256QAM 0.81 single	12.1	12.1	24.2
64QAM 0.92 single	10.2	10.2	20.4
64QAM 0.75 single	8.3	8.3	16.7
16QAM 0.87 single	6.5	6.5	13.0
16QAM 0.63 single	4.7	4.7	9.3
QPSK 0.87 single	3.2	3.2	6.5
QPSK 0.63 single	2.3	2.3	4.7
BPSK 0.63 single	1.2	1.2	2.3

Table 89 Throughput at zero link range (Mbit/s), Full, symmetry 1:1, optimization TDM

Modulation mode	45 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			40 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	202.1	202.1	404.1	186.1	186.1	372.1
64QAM 0.92 dual	170.2	170.2	340.5	156.8	156.8	313.5
64QAM 0.75 dual	139.1	139.1	278.2	128.1	128.1	256.2
16QAM 0.87 dual	108.2	108.2	216.5	99.7	99.7	199.3
16QAM 0.63 dual	77.8	77.8	155.6	71.6	71.6	143.3
256QAM 0.81 single	101.0	101.0	202.1	93.0	93.0	186.1
64QAM 0.92 single	85.1	85.1	170.2	78.4	78.4	156.8
64QAM 0.75 single	69.6	69.6	139.1	64.0	64.0	128.1
16QAM 0.87 single	54.1	54.1	108.2	49.8	49.8	99.7
16QAM 0.63 single	38.9	38.9	77.8	35.8	35.8	71.6
QPSK 0.87 single	27.1	27.1	54.1	24.9	24.9	49.8
QPSK 0.63 single	19.4	19.4	38.9	17.9	17.9	35.8
BPSK 0.63 single	9.7	9.7	19.4	9.0	9.0	17.9

Modulation mode	30 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			20 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	140.9	140.9	281.7	96.0	96.0	192.0
64QAM 0.92 dual	118.7	118.7	237.4	80.9	80.9	161.7
64QAM 0.75 dual	97.0	97.0	194.0	66.1	66.1	132.2
16QAM 0.87 dual	75.5	75.5	150.9	51.4	51.4	102.8
16QAM 0.63 dual	54.2	54.2	108.5	37.0	37.0	73.9
256QAM 0.81 single	70.4	70.4	140.9	48.0	48.0	96.0
64QAM 0.92 single	59.3	59.3	118.7	40.4	40.4	80.9
64QAM 0.75 single	48.5	48.5	97.0	33.0	33.0	66.1
16QAM 0.87 single	37.7	37.7	75.4	25.7	25.7	51.4
16QAM 0.63 single	27.1	27.1	54.2	18.5	18.5	37.0
QPSK 0.87 single	18.9	18.9	37.7	12.8	12.8	25.7
QPSK 0.63 single	13.6	13.6	27.1	9.2	9.2	18.5
BPSK 0.63 single	6.8	6.8	13.6	4.6	4.6	9.2

Modulation mode	15 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			10 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	72.9	72.9	145.8	49.1	49.1	98.2
64QAM 0.92 dual	61.4	61.4	122.8	41.4	41.4	82.8
64QAM 0.75 dual	50.2	50.2	100.4	33.8	33.8	67.6
16QAM 0.87 dual	39.0	39.0	78.1	26.3	26.3	52.6
16QAM 0.63 dual	28.1	28.1	56.1	18.9	18.9	37.8
256QAM 0.81 single	36.4	36.4	72.9	24.6	24.6	49.1
64QAM 0.92 single	30.7	30.7	61.4	20.7	20.7	41.4
64QAM 0.75 single	25.1	25.1	50.2	16.9	16.9	33.8
16QAM 0.87 single	19.5	19.5	39.0	13.2	13.2	26.3
16QAM 0.63 single	14.0	14.0	28.1	9.5	9.5	18.9
QPSK 0.87 single	9.8	9.8	19.5	6.6	6.6	13.1
QPSK 0.63 single	7.0	7.0	14.0	4.7	4.7	9.5
BPSK 0.63 single	3.5	3.5	7.0	2.4	2.4	4.7

Modulation mode	5 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	24.2	24.2	48.4
64QAM 0.92 dual	20.4	20.4	40.8
64QAM 0.75 dual	16.7	16.7	33.3
16QAM 0.87 dual	13.0	13.0	25.9
16QAM 0.63 dual	9.3	9.3	18.6
256QAM 0.81 single	12.1	12.1	24.2
64QAM 0.92 single	10.2	10.2	20.4
64QAM 0.75 single	8.3	8.3	16.7
16QAM 0.87 single	6.5	6.5	13.0
16QAM 0.63 single	4.7	4.7	9.3
QPSK 0.87 single	3.2	3.2	6.5
QPSK 0.63 single	2.3	2.3	4.7
BPSK 0.63 single	1.2	1.2	2.3

Table 90 Throughput at zero link range (Mbit/s), Full, symmetry 2:1, optimization IP

Modulation mode	45 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			40 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	299.7	149.9	449.6	273.6	136.8	410.5
64QAM 0.92 dual	252.5	126.3	378.8	230.5	115.3	345.8
64QAM 0.75 dual	206.4	103.2	309.6	188.4	94.2	282.6
16QAM 0.87 dual	160.6	80.3	240.8	146.6	73.3	219.8
16QAM 0.63 dual	115.4	57.7	173.1	105.4	52.7	158.0
256QAM 0.81 single	149.9	74.9	224.8	136.8	68.4	205.2
64QAM 0.92 single	126.3	63.1	189.4	115.3	57.6	172.9
64QAM 0.75 single	103.2	51.6	154.8	94.2	47.1	141.3
16QAM 0.87 single	80.3	40.1	120.4	73.3	36.6	109.9
16QAM 0.63 single	57.7	28.9	86.6	52.7	26.3	79.0
QPSK 0.87 single	40.1	20.1	60.2	36.6	18.3	55.0
QPSK 0.63 single	28.9	14.4	43.3	26.3	13.2	39.5
BPSK 0.63 single	14.4	7.2	21.6	13.2	6.6	19.7

Modulation mode	30 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			20 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	200.5	100.2	300.7	133.4	66.7	200.1
64QAM 0.92 dual	168.9	84.5	253.4	112.4	56.2	168.6
64QAM 0.75 dual	138.0	69.0	207.1	91.8	45.9	137.8
16QAM 0.87 dual	107.4	53.7	161.1	71.5	35.7	107.2
16QAM 0.63 dual	77.2	38.6	115.8	51.4	25.7	77.0
256QAM 0.81 single	100.2	50.1	150.4	66.7	33.3	100.0
64QAM 0.92 single	84.5	42.2	126.7	56.2	28.1	84.3
64QAM 0.75 single	69.0	34.5	103.5	45.9	23.0	68.9
16QAM 0.87 single	53.7	26.8	80.5	35.7	17.9	53.6
16QAM 0.63 single	38.6	19.3	57.9	25.7	12.8	38.5
QPSK 0.87 single	26.8	13.4	40.3	17.9	8.9	26.8
QPSK 0.63 single	19.3	9.6	28.9	12.8	6.4	19.3
BPSK 0.63 single	9.6	4.8	14.5	6.4	3.2	9.6

Modulation mode	15 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			10 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	100.5	50.2	150.7	66.3	33.2	99.5
64QAM 0.92 dual	84.7	42.3	127.0	55.9	27.9	83.8
64QAM 0.75 dual	69.2	34.6	103.8	45.7	22.8	68.5
16QAM 0.87 dual	53.8	26.9	80.7	35.5	17.8	53.3
16QAM 0.63 dual	38.7	19.3	58.0	25.5	12.8	38.3
256QAM 0.81 single	50.2	25.1	75.4	33.2	16.6	49.8
64QAM 0.92 single	42.3	21.2	63.5	27.9	14.0	41.9
64QAM 0.75 single	34.6	17.3	51.9	22.8	11.4	34.3
16QAM 0.87 single	26.9	13.5	40.4	17.8	8.9	26.6
16QAM 0.63 single	19.3	9.7	29.0	12.8	6.4	19.2
QPSK 0.87 single	13.5	6.7	20.2	8.9	4.4	13.3
QPSK 0.63 single	9.7	4.8	14.5	6.4	3.2	9.6
BPSK 0.63 single	4.8	2.4	7.2	3.2	1.6	4.8



Table 91 Throughput at zero link range (Mbit/s), Full, symmetry 2:1, optimization TDM

Modulation mode	45 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			40 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	280.8	140.4	421.2	257.7	128.9	386.6
64QAM 0.92 dual	236.6	118.3	354.8	217.1	108.6	325.7
64QAM 0.75 dual	193.3	96.7	290.0	177.4	88.7	266.1
16QAM 0.87 dual	150.4	75.2	225.6	138.0	69.0	207.1
16QAM 0.63 dual	108.1	54.1	162.2	99.2	49.6	148.8
256QAM 0.81 single	140.4	70.2	210.6	128.9	64.4	193.3
64QAM 0.92 single	118.3	59.1	177.4	108.6	54.3	162.8
64QAM 0.75 single	96.7	48.3	145.0	88.7	44.4	133.1
16QAM 0.87 single	75.2	37.6	112.8	69.0	34.5	103.5
16QAM 0.63 single	54.1	27.0	81.1	49.6	24.8	74.4
QPSK 0.87 single	37.6	18.8	56.4	34.5	17.3	51.8
QPSK 0.63 single	27.0	13.5	40.5	24.8	12.4	37.2
BPSK 0.63 single	13.5	6.8	20.3	12.4	6.2	18.6

Modulation mode	30 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			20 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	193.1	96.5	289.6	130.6	65.3	195.9
64QAM 0.92 dual	162.7	81.3	244.0	110.1	55.0	165.1
64QAM 0.75 dual	132.9	66.5	199.4	89.9	45.0	134.9
16QAM 0.87 dual	103.4	51.7	155.1	70.0	35.0	104.9
16QAM 0.63 dual	74.3	37.2	111.5	50.3	25.1	75.4
256QAM 0.81 single	96.5	48.3	144.8	65.3	32.7	98.0
64QAM 0.92 single	81.3	40.7	122.0	55.0	27.5	82.5
64QAM 0.75 single	66.5	33.2	99.7	45.0	22.5	67.4
16QAM 0.87 single	51.7	25.8	77.5	35.0	17.5	52.5
16QAM 0.63 single	37.2	18.6	55.7	25.1	12.6	37.7
QPSK 0.87 single	25.8	12.9	38.8	17.5	8.7	26.2
QPSK 0.63 single	18.6	9.3	27.9	12.6	6.3	18.9
BPSK 0.63 single	9.3	4.6	13.9	6.3	3.1	9.4

Modulation mode	15 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			10 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	98.8	49.4	148.2	66.3	33.2	99.5
64QAM 0.92 dual	83.2	41.6	124.9	55.9	27.9	83.8
64QAM 0.75 dual	68.0	34.0	102.0	45.7	22.8	68.5
16QAM 0.87 dual	52.9	26.5	79.4	35.5	17.8	53.3
16QAM 0.63 dual	38.0	19.0	57.1	25.5	12.8	38.3
256QAM 0.81 single	49.4	24.7	74.1	33.2	16.6	49.8
64QAM 0.92 single	41.6	20.8	62.4	27.9	14.0	41.9
64QAM 0.75 single	34.0	17.0	51.0	22.8	11.4	34.3
16QAM 0.87 single	26.5	13.2	39.7	17.8	8.9	26.6
16QAM 0.63 single	19.0	9.5	28.5	12.8	6.4	19.2
QPSK 0.87 single	13.2	6.6	19.8	8.9	4.4	13.3
QPSK 0.63 single	9.5	4.8	14.3	6.4	3.2	9.6
BPSK 0.63 single	4.8	2.4	7.1	3.2	1.6	4.8

Table 92 Throughput at zero link range (Mbit/s), Full, symmetry 3:1, optimization IP

Modulation mode	45 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			40 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	337.21	112.40	449.62	307.87	102.62	410.49
64QAM 0.92 dual	284.11	94.70	378.81	259.39	86.46	345.85
64QAM 0.75 dual	232.17	77.39	309.56	211.97	70.66	282.63
16QAM 0.87 dual	180.62	60.21	240.83	164.90	54.97	219.87
16QAM 0.63 dual	129.84	43.28	173.12	118.55	39.51	158.06
256QAM 0.81 single	168.60	56.20	224.80	153.93	51.31	205.24
64QAM 0.92 single	142.05	47.35	189.40	129.69	43.23	172.92
64QAM 0.75 single	116.08	38.69	154.78	105.98	35.33	141.31
16QAM 0.87 single	90.31	30.10	120.41	82.45	27.48	109.93
16QAM 0.63 single	64.92	21.64	86.56	59.27	19.76	79.03
QPSK 0.87 single	45.15	15.05	60.20	41.22	13.74	54.96
QPSK 0.63 single	32.46	10.82	43.27	29.63	9.88	39.51
BPSK 0.63 single	16.23	5.41	21.63	14.81	4.94	19.75

Modulation mode	30 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			20 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	225.01	75.00	300.02	148.50	49.50	198.00
64QAM 0.92 dual	189.58	63.19	252.77	125.11	41.70	166.82
64QAM 0.75 dual	154.92	51.64	206.56	102.24	34.08	136.32
16QAM 0.87 dual	120.52	40.17	160.70	79.54	26.51	106.05
16QAM 0.63 dual	86.64	28.88	115.52	57.18	19.06	76.24
256QAM 0.81 single	112.51	37.50	150.01	74.25	24.75	98.99
64QAM 0.92 single	94.79	31.60	126.38	62.56	20.85	83.41
64QAM 0.75 single	77.46	25.82	103.28	51.12	17.04	68.16
16QAM 0.87 single	60.26	20.09	80.34	39.77	13.25	53.02
16QAM 0.63 single	43.32	14.44	57.76	28.59	9.53	38.12
QPSK 0.87 single	30.13	10.04	40.17	19.88	6.63	26.51
QPSK 0.63 single	21.66	7.22	28.88	14.29	4.76	19.05
BPSK 0.63 single	10.83	3.61	14.43	7.14	2.38	9.52

Modulation mode	15 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			10 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	112.09	37.36	149.45	75.14	25.04	100.18
64QAM 0.92 dual	94.44	31.48	125.91	63.30	21.10	84.40
64QAM 0.75 dual	77.17	25.72	102.89	51.73	17.24	68.97
16QAM 0.87 dual	60.04	20.01	80.05	40.24	13.41	53.66
16QAM 0.63 dual	43.16	14.38	57.54	28.93	9.64	38.57
256QAM 0.81 single	56.04	18.68	74.72	37.57	12.52	50.09
64QAM 0.92 single	47.22	15.74	62.95	31.65	10.55	42.20
64QAM 0.75 single	38.58	12.86	51.44	25.86	8.62	34.48
16QAM 0.87 single	30.02	10.00	40.02	20.12	6.71	26.83
16QAM 0.63 single	21.58	7.19	28.77	14.46	4.82	19.28
QPSK 0.87 single	15.01	5.00	20.01	10.06	3.35	13.41
QPSK 0.63 single	10.79	3.59	14.38	7.23	2.41	9.64
BPSK 0.63 single	5.39	1.80	7.19	3.61	1.20	4.82

Índice de Figuras

2.1.	Region Amazonas	7
2.2.	Distritos de Provincia de Bagua	8
2.3.	Sector en el que se Ubica la Actividad Económica en el que Labora(%)	12
3.1.	Red de Acceso	19
3.2.	Componentes Principales de la Red de Acceso	19
3.3.	Alternativas de Acceso a la Red	20
3.4.	Fibra Monomodo	21
3.5.	Fibra Multimodo	22
3.6.	Conectores de Fibra Óptica	23
3.7.	Tipos de Redes Inalambricas	24
3.8.	Estándares de Redes Inalámbricas	24
3.9.	Arquitectura de WiMAX	26
3.10.	Arquitectura de Protocolo de WiMAX	28
3.11.	Arquitectura de capas de WiMAX	28
3.12.	Modelo de Referencia de Gestión de Red definida en 802.16f	29
3.13.	Topologia PMP (Punto a multipunto)	29
3.14.	Topologia Mesh	30
3.15.	Sectorización Celdas con antenas Omnidireccionales y direccionales	30
3.16.	Estructura de red basada en IP	31

3.17.	Modulación adaptativa	33
3.18.	Modulación adaptativa	33
3.19.	Cadena de transmisión OFDM	36
3.20.	Generador de secuencias pseudo aleatorias para WiMAX OFDM	37
3.21.	Categorías de QoS y Aplicaciones	37
3.22.	Parámetros para capas físicas	38
3.23.	Procesamiento de segmento en TCP	40
3.24.	Velocidades en la Capa PHY en WiMAX.	40
4.1.	Red Provincial de Fibra Optica	44
4.2.	Infraestructura de Alta Tensión.	45
4.3.	Infraestructura de Media Tensión.	45
4.4.	Infraestructura Vial.	46
4.5.	Ubicación de Nodos de Distribución y Localidades beneficiadas	47
4.6.	Diagrama Unifilar de Nodos de Distribución con las distancias y Capacidad	48
4.7.	Cisco ONS 15454 M2 Plataforma de Transporte Multiservicio	48
4.8.	Esquema de Planta Interna en Nodo de Agregación Bagua	49
4.9.	Diagrama Unifilar de Nodos de Distribución, considerando la ubicación del amplificador Óptico	50
4.10.	Router Cisco ASR 903	50
4.11.	Esquema de Red de Transporte Regional	51
4.12.	Localidades con Linea de Vista desde Bagua	53
4.13.	Localidades con Linea de Vista desde El Parco y La Peca	54
4.14.	Localidades con Linea de Vista desde Aramango	54
4.15.	Localidades con Linea de Vista desde Chiriaco	55
4.16.	Opciones de Selección de Ancho de Banda y Modulación para Espital	57
4.17.	Sensibilidad del Receptor para Espital	58
4.18.	Enlace Bagua a Repetidora para llegar a Espital	59
4.19.	Enlace Repetidora a Casual para llegar a Espital	59
4.20.	Enlace Casual Espital	60

Índice de Tablas

2.1.	Distritos de Provincia de Bagua	8
2.2.	Poblacion por Distritos - Provincia de Bagua	9
2.3.	Población Según sexo y grupo edad	9
2.4.	Tasa de Analfabetismo, Según Grupos de Edad (%)	10
2.5.	Tasa Empleo según tipo (%)	11
2.6.	Numero de Localidades Beneficiadas, Instituciones y Población	12
2.7.	Nombre de Localidades Beneficiadas y Distritos	12
2.8.	Instituciones en Localidades Beneficiadas	13
2.9.	Penetración de Servicios de Telecomunicaciones	13
2.10.	Nuevos Criterios de Asignación de Banda Ancha	14
2.11.	Usuarios Potenciales de la Provincia de Bagua	14
2.12.	Trafico en Erlang de Telefonía Móvil, Fija y usuarios simultáneos de Internet	15
2.13.	Lineas necesarias para Telefonía Móvil y Fija	15
2.14.	Demanda en Mbps por localidad en la Provincia de Bagua	16
2.15.	Demanda en Mbps por localidad en la Provincia de Bagua - Considerando Instituciones	16
3.1.	Modulaciones y Codificaciones en WiMAX	34
3.2.	Interfaces Físicas WiMAX	35
4.1.	Demanda en Mbps por Distrito de la Provincia de Bagua	44
4.2.	Ubicacion del Nodo de Agregación y de los Nodos de Distribución	45

4.3.	Interfaces Opticas por Nodo de Distribución	46
4.4.	Presupuestos de Enlace - Nodos de Distribucion	48
4.5.	Presupuestos de Enlace - Considerando el Amplificador Optico	50
4.6.	Ubicacion de las Localidades	52
4.7.	Demanda en Mbps por localidad en la Provincia de Bagua	52
4.8.	Capacidad de los Enlaces y Perdidas de LOS	56
4.9.	Ancho de Banda, Modulación, Nivel de Rx, Potencia de Tx, Pérdidas de Red Inalambrica	60

Bibliografía

- [1] Jeffrey G. Andrews, *Fundamentals of wimax. understanding broadband wireless networking*, first ed., Prentice Hall, 2007.
- [2] INEI Instituto Nacional de Estadística e Informática, *Censos nacionales 2007 xi de población y vi de vivienda*, 2007.
- [3] Gobierno del Perú, *Plan nacional para el desarrollo de la banda ancha en el peru*, Informe de Comisión 1 (2012), 1–241.
- [4] ITU, *Telecommunications indicators update*, ITU Broadband (2004).
- [5] Louftu Nuaymi, *Wimax: Technology for broadband wireless access*, fst ed., Jhon Wiley & Sons, 2007.
- [6] AsGa S.A., *Amplificador optico edfa*, Tech. report, FURUKAWA. Tecnologia AsGA, 2015.
- [7] CISCO SYSTEMS, *Cisco ons 15454 oc-192/stm-64 xfp - based optics card*, Tech. report, CISCO SYSTEMS INC, 2005.

Glossary

A

ABS Advance Base Station.

AMC Adaptive Modulation and Coding - Modulación y Codificación Adaptativa.

AMS Advance Mobile Station.

ASN Access Serving Node.

B

backhaul Es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes.

Backhauling Es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes.

BAM Band Adaptive Modulation - Modulación Adaptativa de Banda.

Banda Ancha Se conoce como banda ancha en telecomunicaciones a la transmisión de datos simétricos por la cual se envían simultáneamente varias piezas de información, con el objeto de incrementar la velocidad de transmisión efectiva., p. 17.

BPSK Conmutación de Fase Binaria.

BS Base Station.

BWA Broadband Wireless Access.

C

CPE Consumer Premises Equipment.

CSN Core Serving Node.

D

DSL La línea de abonado digital o línea de suscripción digital, Digital Subscriber Line (DSL), es una familia de tecnologías que proporcionan el acceso a Internet mediante la transmisión de datos digitales a través de los cables de una red telefónica local. Es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada, a esta familia pertenecen las líneas de abonado: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2., p. 18.

E

ETHERNET Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones (CS-MA/CD).

F

FDD Frequency-Division Duplexing - Duplexación por división de frecuencia.

FDT Frequency Diverse Transmission - Transmisión por diversidad de Frecuencia.

FFR Fractional Frequency Reuse - Reutilización fraccional de frecuencia.

FFT Transformada Rápida de Fourier.

FST Frequency Selective Transmission - Transmisión por selección de Frecuencia.

FUSC Full Usage of Subchannels - Uso completo de Sub canales.

H

Handover Es el sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente en una de las estaciones.

HFC Es un término que define una red de fibra óptica que incorpora tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha., p. 18.

I

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers.

ISM Industrial, Scientific and Medical.

L

LAN Local Area Network.

LLC Logical Link Control.

log-normal Es una distribución de probabilidad de una variable aleatoria cuyo logaritmo está normalmente distribuido.

LOS Line-of-Sight.

M

MAC Media Access Control.

Mbps Un megabit por segundo (Mb/s, Mbit/s o Mbps) es una unidad que se usa para cuantificar un caudal de datos equivalente a 1024 kb/s., p. 18.

MIB Manegement Information Base.

MIMO Múltiples entradas Múltiples salidas.

MS Mobile Station.

N

NLOS Non-Line-of-Sight.

NMS Network Management System.

NRM Network Reference Model.

O

OFDM Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

OFDMA Acceso Múltiple por Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

OLOS Línea de vista Obstruida.

OSI Open System Interconnection.

P

PCMCIA Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria para Computadoras.

PMP Point-to-Multipoint.

PUSC Partial Usage of Subcahannels - Uso Parcial de Sub canales.

Q

QAM Modulacion de Amplitud en Cuadratura.

QPSK Conmutación de Fase en Cuadratura.

S

Scheduling Planificación de acciones que requieren el uso de recursos.

SNMP Single Network Management Protocol.

SOFDMA Acceso Múltiple por Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales Escalable.

SS Subscriber Stations.

T

TDD Time-Division Duplexing - Duplexación por división de tiempo.

V

VoD Video-on-Demand.

W

Wi-Fi Es una marca de la Wi-Fi Alliance, la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen las normas 802.11 relacionados a redes inalámbricas de área local.

WiMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas).

WLAN Wireless LAN.

