

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE MICROONDA PUNTO A PUNTO
EN LOS DISTRITOS DE VALERA – SAN JERÓNIMO DE LA REGIÓN DE
AMAZONAS”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

VELARDE TORRES EDYNSON RIDER

**Villa El Salvador
2018**

Dedicatoria:

A mis padres

A mis seres queridos

A mi universidad

AGRADECIMIENTO.

Primero agradezco a Dios por darme salud y felicidad. También agradezco a mis padres Alejandro Velarde y Máxima Torres por darme su apoyo incondicional y su esfuerzo para que nada me faltara.

A mis tíos, hermanos, a mi pareja Diana Calapuja y mi hijo Aldair Carrión que me inspiran a ser mejor persona y me brindaron su apoyo para seguir adelante.

A mis profesores, que me apoyaron en el transcurso de mi carrera profesional. A mis compañeros que pasamos por adversidades pero que con perseverancia logramos avanzar.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Delimitación del proyecto	4
1.3.1 Teórico	4
1.3.2 Temporal	4
1.3.3 Espacial	4
1.4 Formulación del problema	5
1.4.1 Problema general	5
1.4.2 Problemas específicos	5
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedente de la investigación	6
2.1.1 Antecedentes nacionales	6
2.1.2 Antecedentes internacionales	6
2.2 Bases teóricas	8
2.2.1 Concepto de comunicaciones por microondas	8
2.2.1.1 Microondas	8
2.2.1.2 Estructura de un radioenlace	8
2.2.1.3 Gestión de las frecuencias radioeléctricas	9
2.2.1.4 Espectro Electromagnético	9
2.2.1.5 Definición de onda electromagnéticas	10
2.2.1.6 Clasificación de las ondas de radiocomunicación	10
2.2.1.7 Refracción	11
2.2.1.8 Interferencia	12
2.2.3 Elementos que forman un enlace microonda	12
2.2.3.1 Antena	12
2.2.3.2 Torre	12
2.2.3.3 IDU	13
2.2.3.4 ODU	14
2.2.4 Diseño de radio enlace	14
2.2.4.1 Pérdidas en trayectoria por el espacio libre	14
2.2.4.2 Zona de Fresnel	14
2.2.4.3 Margen de desvanecimiento	15
2.2.4.4 Umbral del receptor	15

2.2.4.5	Ángulos visuales de una antena	15
2.2.4.6	Diversidad de polarización.....	15
2.2.5	Técnicas de ingeniera	16
2.2.5.1	Cancelador de interferencia de polarización cruzada (XPIC)	16
2.2.5.2	Modulación adaptativa.....	17
2.3	Definición de términos básicos	17
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL OBJETIVO DE TRABAJO DE SUFICIENCIA		
.....		18
3.1	Perfil topográfico y simulación del enlace.....	18
3.1.1	Perfil topográfico del trayecto en los distritos de Valera – San Jerónimo de la región de amazonas	18
3.1.2	Coordenada de los sitios a realizar un radio enlace	19
3.1.3	Simulación del enlace AMA0019 – AMA0020	20
3.2	Estudio de factibilidad del enlace	24
3.2.1	Cálculos	24
3.2.2	Características de la antena COMMSCOPE MODELO VHLPX2-7W/C	24
3.2.3	Características de ODU	25
3.2.4	Características IDU iPasolink400A.....	26
3.2.5	Presupuesto de potencia: AMA0019-AMA0020	27
3.2.6	Perdidas en el espacio libre AMA0019-AMA0020	27
3.2.7	Potencia en el receptor	28
3.2.8	Margen de desvanecimiento	28
3.2.9	Umbral del Receptor	28
3.2.10	Margen de Umbral	28
3.2.11	Calculo de la primera zona de fresnel	29
3.2.12	Angulo de elevación.....	29
3.2.13	Angulo de apuntamiento y azimut	29
3.2.14	Banda a utilizar	30
3.3	Tipo de torre Usado	31
3.3.1	Torre arriostrada	31
3.4	Instalación del enlace AMA0019-AMA0020.....	32
3.5	Alineamiento	35
3.4	Configuración de equipos NEC iPasolink400A 1+0 XPIC.....	36
3.4.1	Configuración de los equipos NEC iPasolink400A	36
3.4.2	Prueba de interferencia del enlace AMA0020-AMA0019.....	43
3.5	Configuración AMR	44
3.5	Costo del enlace AMA0019-AMA0020	46
3.6	Prueba de capacidad	46
3.6.1	Prueba saturación	48
3.6.2	Prueba por redundancia.....	49

3.8 Resultado.....	51
3.8.1 Resultados esperados	51
CONCLUSIÓN	52
RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	56
Anexo 1 Modelos Nec	56
Anexo 2 Especificaciones modelo iPasolink400A	56
Anexo 3 Característica iPasolink400A	57
Anexo 4 Especificaciones IDU	57
Anexo 5 Rendimiento IDU iPASOLINK	58
Anexo 6 IDU Diagrama de Bloque	59
Anexo 7 ODU	59
Anexo 8 Especificación ODU	60
Anexo 9 Rendimiento ODU IAP CS 56Mhz.....	61
Anexo 10 ODU, Diagrama de Bloque.....	62
Anexo 11 Concepto de AMR	62
Anexo 12 Capacidad, modulación y ancho de banda	63
Anexo 13 XPIC Configuración, Diagrama de Bloque	63
Anexo 14 Cable de tierra y RF	64
Anexo 15 Conexión de ODU a la antena	64
Anexo 16 Relación de nivel de Rx con V	65
Anexo 17 Impermeabilidad conexión ODU	66
Anexo 18 Antena VHLPX2-7W/C	66
Anexo 19 Información de Dimensiones y Montaje	67
Anexo 20 Especificación eléctrica	67

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Capacidad del enlace Enero-Febrero 2018.	2
Figura 2 Distrito San Jerónimo y Distrito Valera.....	4
Figura 3 Enlace terrestre de microonda.	8
Figura 4 Representación de un Radio enlace.	9
Figura 5 Espectro Electromagnético.	10
Figura 6 Onda Electromagnética.....	10
Figura 7 Haz de onda para varios factores de K	11
Figura 8 Antena Blindada.....	12
Figura 9 Torre arriostrada	13
Figura 10 Partes Torre arriostrada	13
Figura 11 Zona de Fresnel.....	15
Figura 12 Sistema sin XPIC	16
Figura 13 Sistema doble polarización XPIC	16
Figura 14 Perfil topográfico Valera (AMA0019) – San Jerónimo (AMA0020).....	18
Figura 15 Vista de obstáculo AMA0019-AMA0020	19
Figura 16 Detalle del enlace AMA0019-AMA0020	20
Figura 17 Zona de Fresnel configurado	21
Figura 18 Multitrayecto visto desde AMA0019 (Distrito de Valera)	21
Figura 19 Multitrayecto visto desde AMA0020 (Distrito de San Jerónimo).....	22
Figura 20 ODU IAP	26
Figura 21 Presupuesto de potencia enlace AMA0019-AMA0020	27
Figura 22 Topología realizada por pathloss	30
Figura 23 Torre arriostrada	31
Figura 24 Instalación de OMT a la Antena	32
Figura 25 Instalación de ODU en el OMT polarización Vertical y Horizontal.....	33
Figura 26 ODU en Sub-banda D	33
Figura 27 Instalación de equipos a torre.	34
Figura 28 Instalación vista en torre	34
Figura 29 Conexión a ODU	35
Figura 30 Nivel de Rx (V) vs Rx entrada (dBm)	36
Figura 31 Instalación del equipo NEC iPasolink400A	36
Figura 32 Puerto LCT.....	37
Figura 33 Interface iPasolink400A	37
Figura 34 Configuración de gestión	38
Figura 35 Opción Equipment Configuration	39
Figura 36 Detección de las ODU's en IDU	39
Figura 37 Nombre de enlace microonda	39
Figura 38 1+0 XPIC habilitado	40
Figura 39 Configuración de Parámetros.....	40
Figura 40 Configuración de parámetros en AMA0019 distrito de Valera	41
Figura 41 Configuración de parámetros en AMA0020 distrito de San Jerónimo	42
Figura 42 Parámetros de Rx y Tx	43
Figura 43 Prueba de interferencia	44
Figura 44 Configuración AMR en iPASOLINK 400	45
Figura 45 Topología del anillo AGG_AMA0005-AGG_AMA0008.....	47
Figura 46 Geográfica del anillo AGG_AMA0005-AGG_AMA0008	47
Figura 47 Prueba por saturación.....	48

Figura 48 Resultado de prueba de saturación, capacidad utilizada vs capacidad disponible	49
Figura 49 Prueba por redundancia.....	49
Figura 50 Resultado de prueba de redundancia, capacidad utilizada vs capacidad disponible	50
Figura 51 Capacidad del enlace microondas antes vs después	52

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Muestra la clasificación de las Ondas Electromagnéticas.....	11
Tabla 2 Interfaces de la unidad ODU	14
Tabla 3 Coordenadas AMA0020-AMA0019	19
Tabla 4 MSNM y distancia Km.	20
Tabla 5 AMA0019-AMA0020.....	23
Tabla 6 Características específicas principales	24
Tabla 7 Especificación ODU	25
Tabla 8 Plan de canalización MTC.....	25
Tabla 9 Frecuencia asignada	25
Tabla 10 Especificación IDU	26
Tabla 11 Elevación y azimut	35
Tabla 12 Ip AMA0019-AMA0020.....	38
Tabla 13 Tabla de frecuencia en la banda D 28Mhz.....	41
Tabla 14 Tabla de frecuencia en la banda D 28Mhz.....	41
Tabla 15 Capacidad configurada en el radio enlace microonda.....	43
Tabla 16 Costo de enlace	46
Tabla 17 Prueba saturación y redundancia.....	50

INTRODUCCIÓN

El trabajo de este informe lleva como nombre “Propuesta de diseño mejora de un enlace microonda punto a punto entre distritos de Valera – San Jerónimo de la región de Amazonas”, con la necesidad de incrementar la capacidad basado en los servicios brindados por la empresa vietnamita Viettel que en nuestro país se le conoce como Bitel, este incremento de capacidad se trabajara con la marca NEC modelo iPasolink400A. Eliminando de esta manera la deficiencia de capacidad del enlace microondas punto a punto.

La empresa Viettel S.A.C posee un enlace microondas de modelo iPasolink100E, con una capacidad de 364Mbps, capacidad que actualmente no es suficiente dado el aumento de los servicios que se tiene con la llegada del Internet, con el pasar de los años esta capacidad no ha sido suficiente y llega a ocasionar saturación en el enlace punto a punto. Para este problema se optó a migrar con nuevos equipos iPaolink400A de doble capacidad para ello se diseñó acuerdo a las necesidades de la empresa con los parámetros ya obtenido tanto como coordenadas, de estación base y altura de las torres por parte de ambos puntos. El proceso de instalación del nuevo enlace de modelo iPasolink400A se realiza sin perjudicar el enlace ya con servicio de modelo iPasolink100E con fin de no perder servicio 3G y 4G. Al instalarse los equipos de microondas se realizan pruebas de interferencia con frecuencias no dañinas al enlace actual. Una vez terminadas las pruebas de interferencia se procede a la configuración del enlace microondas con los parámetros correctos y puesta en marcha finalizando la configuración.

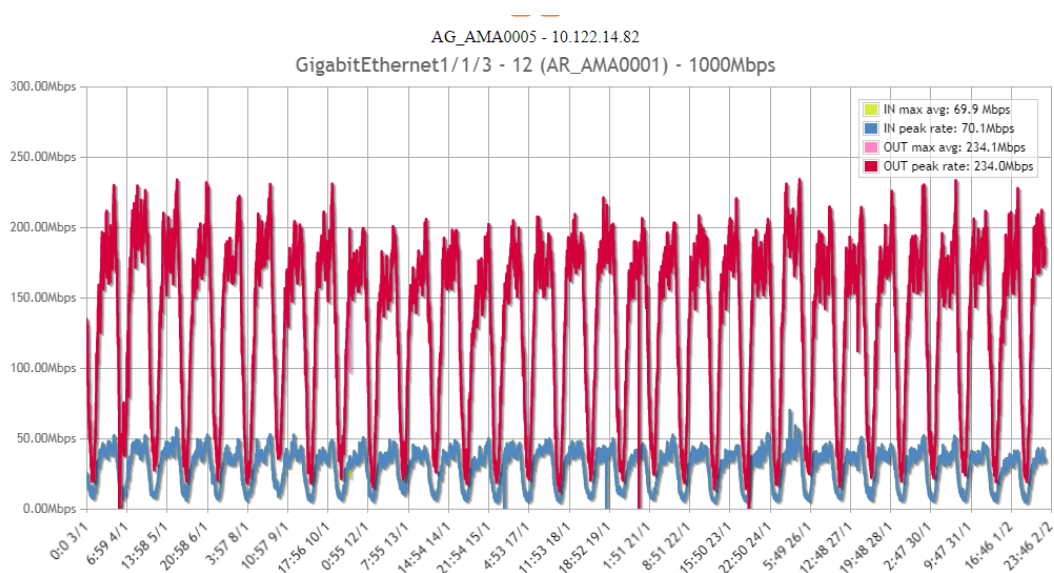
El propósito de este trabajo consiste es el incremento de clientes sin saturar el enlace, esta solución es para una mayor rentabilidad para la empresa.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El problema principal que se presentan en los enlaces microondas de punto a punto es el incremento de los usuarios además del continuo aumento de aplicaciones que requieren de una mayor capacidad que puedan solventar las necesidades del cliente. Así mismo la aparición de nuevos servicios en la actualidad depende mucho de la capacidad del operador que puede dar en sus servicios. Los enlaces microondas de la red de Bitel no deben exceder del 70% de su capacidad, con esta forma se asegura de forma continua el tráfico de los clientes. En la actualidad la capacidad del enlace entre ambos puntos es de 364Mbps y el 70% de su capacidad es el 254.8 Mbps. En la Figura 1 se muestra la capacidad del enlace actual un pico de con ancho de banda de 234Mbps. Bitel se ve en le necesidad de aumentar la capacidad y seguir brindando un mejor servicio al usuario final.

Figura 1
Capacidad del enlace Enero-Febrero 2018.



Fuente: "Elaboración propia"

La empresa vietnamita con filial en Perú Viettel Perú S.A.C de nombre comercial "Bitel" en su necesidad de brindar un mejor servicio y llegar a todas partes del Perú, requiere expandir su cobertura hacia distintos rincones del Perú, esto se ve reflejado en estos últimos años, el número de usuarios y empresas privadas que

Bitel brinda servicio sigue en aumento, esto es una buena señal para realizar mejoras en la red de Bitel.

En los últimos años en la región de Amazonas desde el año 2009 con 50,6% al 2015 con 80,2% un crecimiento en uso de telefonía celular del 29,6% y no solo en lo que respecta en telefonía sino también en el servicio de internet en la población. El enlace sirve como anexo con los demás distritos de Pedro Ruiz, Chachapoyas, Huancas y Lamud. En el año 2015 la población era de 422 629 habitantes y en el 2016 esta cantidad aumento a 423 898 y se estima para el 2020 un crecimiento de 2.20%. (Fuente INEI)

Basándose en datos se realiza la propuesta de diseñar un enlace microonda de punto a punto de capacidad 728Mbps, buscando reducir las deficiencias en el servicio de voz y datos.

1.2 Justificación del problema

Los enlaces microondas en redes de acceso ayuda mucho en la superficie geográfica que tiene el Perú este nos permite acceder a diferentes servicios de comunicación, así como la telefonía celular e Internet. Teniendo en cuenta la diversidad geográfica del Perú lugares donde es dificultoso el desplegar infraestructura cableada lleva a considerar un radio enlace de punto a punto de esta manera anulara los problemas mencionados en el inicio de este informe es por ello que es necesario y pertinente realizar el incremento de capacidad del enlace. Si no además sacar provecho con la expansión de cobertura hacia pueblos aledaños, esta tecnología permite llegar a lugares poco accesible sin tener que realizar complicadas configuraciones de equipos.

A comparación con el despliegue de infraestructura el tiempo de trabajo para establecer enlace de un punto a otro y sumado a la geografía de los puntos, el precio de instalación y la activación del enlace y el rápido incremento de clientes. Esa más factible un enlace microondas en estos casos de esta forma no se perjudicará la empresa con la expansión de red en la región de Amazonas.

1.3 Delimitación del proyecto

1.3.1 Teórico

Tecnología de enlace microonda punto a punto y la aplicación que se le puede dar para una implementación en una red de acceso.

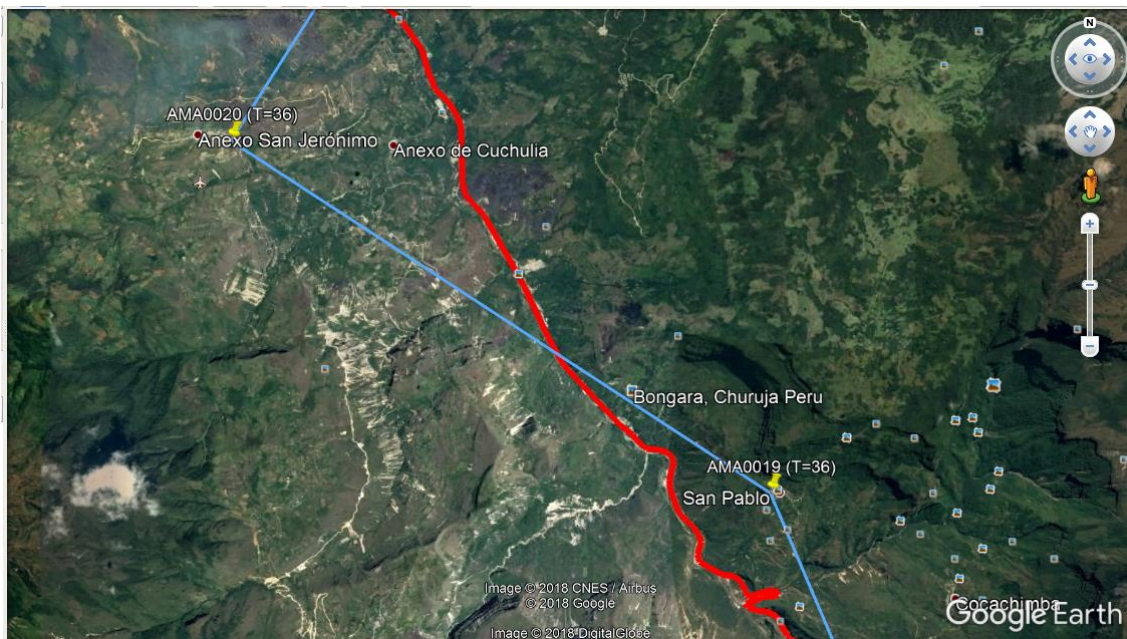
1.3.2 Temporal

Comprende entre los periodos de Setiembre 2017 – Enero del 2018.

1.3.3 Espacial

La presente investigación se realizó en el departamento de Amazonas entre los distritos de Valera provincia de Bongará y el distrito de San Jerónimo provincia de Luya (Ver Figura 2).

Figura 2
Distrito San Jerónimo y Distrito Valera.



Fuente: "Elaboración propia"

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

- ¿Cómo implementar el enlace microondas punto a punto entre los distritos de Valera – San Jerónimo distritos de la región Amazonas?

1.4.2 Problemas específicos

- ¿Cómo realizar el apuntamiento del enlace microondas punto a punto entre los distritos de Valera – San Jerónimo distritos de la región Amazonas?
- ¿De qué manera se corrige la interferencia del enlace microondas punto a punto entre los distritos de Valera – San Jerónimo distritos de la región Amazonas?
- ¿Cómo diseñar mediante el programa Pathloss el enlace microondas punto a punto entre los distritos de Valera – San Jerónimo distritos de la región Amazonas?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Implementar el enlace microondas punto a punto entre los distritos de Valera – San Jerónimo distritos de la región Amazonas.
- Diseñar un enlace microondas entre ambos distritos que permita el incremento de capacidad para nuevos servicios y expansión de la red.

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar el apuntamiento del enlace microondas punto a punto entre los distritos de Valera – San Jerónimo distritos de la región Amazonas.
- Corregir la interferencia del enlace microondas punto a punto entre los distritos de Valera – San Jerónimo distritos de la región Amazonas.
- Diseñar mediante el programa Pathloss el enlace microondas punto a punto entre los distritos de Valera – San Jerónimo distritos de la región Amazonas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedente de la investigación

En este trabajo encontramos las siguientes investigaciones relacionados con este tema.

2.1.1 Antecedentes nacionales

Muñoz, V. H. y Soto, J. G. (2008) **“Diseño de una plataforma de telecomunicaciones para un entorno rural”**. URP, Lima. Recuperado de: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/59>

Las actuales condiciones no permiten un despliegue masivo de las plataformas de telecomunicación, la solución que se elabora es un radio enlace una solución orientada a áreas rurales, debido a que las soluciones a comparación que otras son más complejas y costosas para su instalación, administración y mantenimiento. Esta tecnología permite ser adaptado en este tipo de geografía. (Muñoz y Soto, 2008)

Moscoso, M. R. (2015). **“Diseño de una red de área local mediante tecnología power line communication indoor que permita la distribución de Internet en un edificio habitacional ubicado en el distrito de villa el salvador”**. UNTELS, Lima. Recuperado de: <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/111>

Es recomendable tener en cuenta los servicios que nos ofrecen las empresas en el mercado, la decisión será acorde a las necesidades. La implementación e instalación debe ser una persona con conocimientos básico en redes de comunicaciones o informática. Es necesario tener una contraseña de la red; sistema encriptado. (Moscoso, 2015)

2.1.2 Antecedentes internacionales

Flores, M. A., Hernández, M. A. y Martínez W. (2007). **“Diseño de un enlace de microondas dedicado entre las radio base de Acajete, Cuacnopala, Esperanza y una central en Puebla”**. IPN, México. Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/464>

Con el propósito de expandir la red de telefonía celular radica en la funcionalidad, rentabilidad y fácil difusión; también se debe considerar de no tener dificultades para

poder migrar a nuevas tecnologías. Es importante cuando un enlace microonda se implemente teniendo como función de poder llegar a sitios alejados y administrado de forma remota. El fundamento de la teoría de electromagnética, se desprende mucho el progreso de la telefonía que tiene como premisa adecuar a un país para adentrarse a nuevas tecnologías. (Flores, Hernández, Martínez, 2007)

Leal, A. A. (2005). “**Estudio de radioenlace para red celular de Ericsson**”. TEC, Costa Rica. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/2238/178>

El enlace San José – Paseo Colon que trabaja a 7 GHz no representa ningún problema por desvanecimiento ya que este fenómeno se considera como insignificante a frecuencias menores de 10Ghz. Para los enlaces San José – Zapote, San José – Bellavista y san José – Cinco Esquinas no se encuentran dentro de los niveles adecuados. Todos los enlaces cumplen con las predicciones de calidad y disponibilidad recomendada por la IUT. El planteamiento actual de los enlaces se encuentra propenso a la interferencia agregado al sobre alcance podrían presentar algunos enlaces, los enlaces se encuentran propenso a obstáculos y fue establecido por medio del estudio de línea para cada enlace. (Leal, 2005)

2.2 Bases teóricas

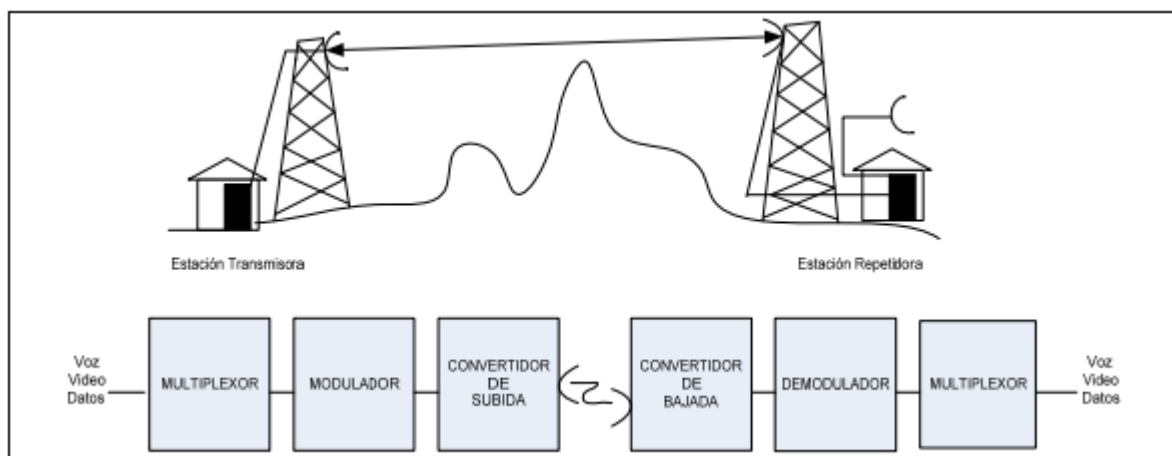
2.2.1 Concepto de comunicaciones por microondas

2.2.1.1 Microondas

Las microondas son ondas electromagnéticas (OEM) el rango de frecuencias es entre 300 MHz y 300GHz que se desplazan en línea. (Flores, Hernández & Martínez, 2007).

En la Figura 3 se muestra las partes que conforman un radio enlace microonda.

Figura 3
Enlace terrestre de microonda.



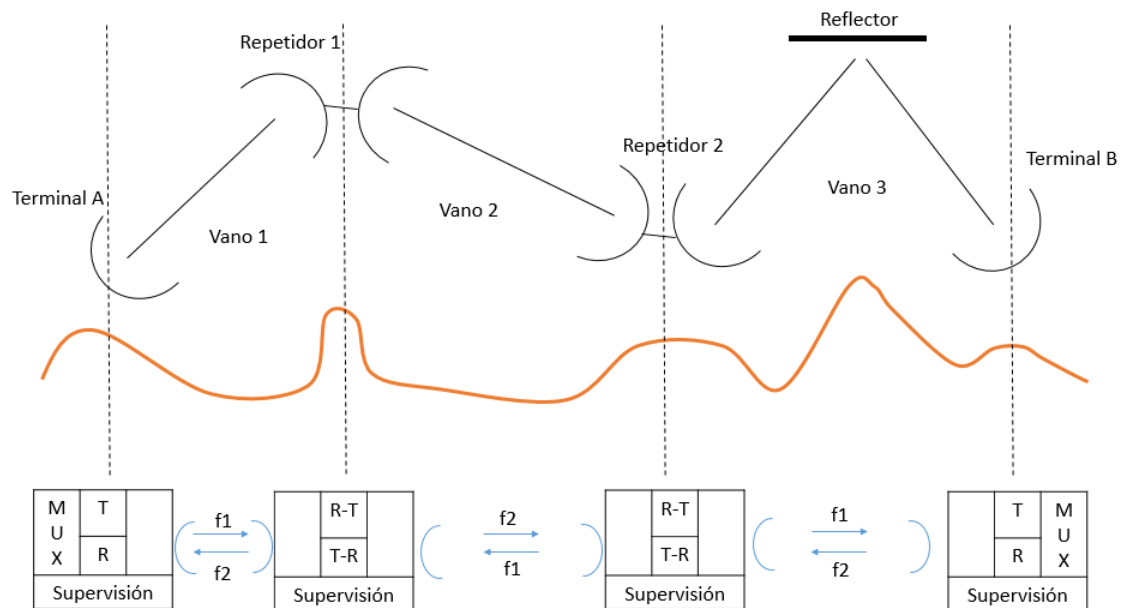
Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/464>

2.2.1.2 Estructura de un radioenlace

Un radioenlace tiene una estructura formada por estaciones terminales y estaciones repetidoras cada uno de estos con equipos transceptores y antena; a esto se agrega repetidores. Como se observa en la Figura 4, los radioenlaces son sistemas de comunicación en serie, teniendo problema el desvanecimiento que causa falla en la comunicación. A fin de evitar estos problemas un radioenlace debe tener una alta disponibilidad y un sistema de redundancia para mantener la continuidad ante posibles averías. (Collantes, 2016)

En la Figura 4 se presenta un ejemplo de un radio enlace de un punto A hacia el punto B.

Figura 4
Representación de un Radio enlace.



Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10251/80439>

2.2.1.3 Gestión de las frecuencias radioeléctricas

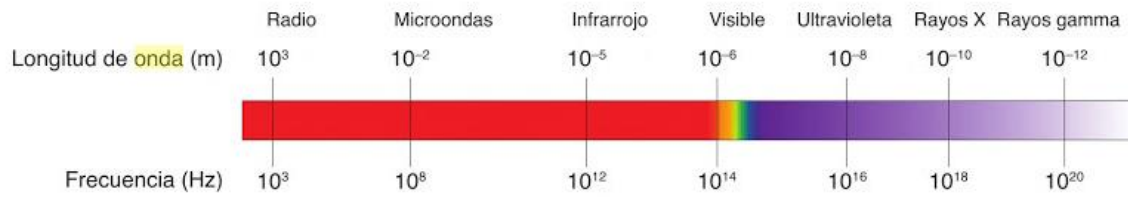
La radiación electromagnética es el flujo que emana una fuente en forma de onda electromagnética. Al conjunto de frecuencias que producen radiación electromagnética se le denomina espectro electromagnético; este es utilizado para las radiocomunicaciones que va desde la banda Low Frequency (LF, 30-300 KHz) hasta la banda Extremely High Frequency (EHF, 30-300 GHz), para radioenlaces microondas se utiliza la banda entre los 300 MHz hasta 300 GHz. (Collantes, 2016)

2.2.1.4 Espectro Electromagnético

Se le denomina a la distribución de las radiaciones electromagnéticas en función de la longitud de onda y la frecuencia. Abarca desde las radiaciones con mayor longitud de onda hasta y mayor frecuencia hasta una mayor longitud de onda con una menor frecuencia. (Martin, 2010)

En la Figura 5 se muestra las longitudes de onda que tiene el espectro electromagnético.

Figura 5
Espectro Electromagnético.



Recuperado de:

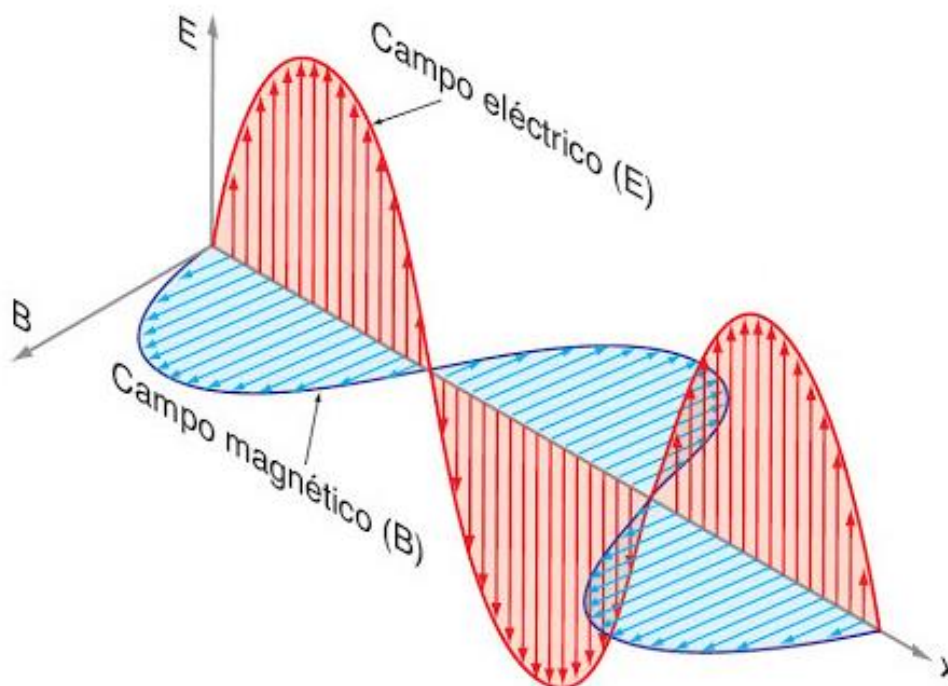
<https://books.google.com.pe/books?id=Kfln72XLyQgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

2.2.1.5 Definición de onda electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas están formadas por un campo magnético (B) y campo eléctrico (E) estando en fase y perpendicularmente (ver Figura 6). (Martin, 2010)

Figura 6

Onda Electromagnética.



Recuperado de:

<https://books.google.com.pe/books?id=Kfln72XLyQgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

2.2.1.6 Clasificación de las ondas de radiocomunicación

En la Tabla 1 se muestra la clasificación ondas electromagnéticas basándose en la longitud de la onda.

Tabla 1
Muestra la clasificación de las Ondas Electromagnéticas.

Nombre	Nombre Ingles	Abreviatura inglesa	Banda ITU	Frecuencia	Longitud de onda
				<3 Hz	>100 000 km
Frecuencia extremadamente baja	Extremely low frequency	ELF	1	3-30 Hz	100 000-10 000 km
Súper baja frecuencia	Super low frequency	SLF	2	30-300 Hz	10 000-1000 km
Ultra baja frecuencia	Ultra low frequency	ULF	3	0.3 a 3 Hz	1000 a 100 km
Muy baja frecuencia	Very low frequency	VLF	4	3 a 30 kHz	100 a 10 km
Media Frecuencia	Low frequency	LF	5	30 a 300 kHz	10 a 1 km
Media frecuencia	Medium frequency	MF	6	300 a 3000 hHz	1000 a 100m
Alta frecuencia	High frequency	HF	7	3 a 30 Mhz	100 a 10 m
Muy alta frecuencia	Very high frequency	VHF	8	30 a 300 Mhz	10 a 1 m
Ultra alta frecuencia	Ultra high frequency	UHF	9	300 a 3000 Mhz	1m a 10 cm
Súper alta frecuencia	Super high frequency	SHF	10	3 a 30 Ghz	10 a 1 cm
Frecuencia extremadamente alta	Extra-high frequency	EHF	11	30 a 300 Ghz	10 a 1mm
			12	>300 Ghz	< 1 mm

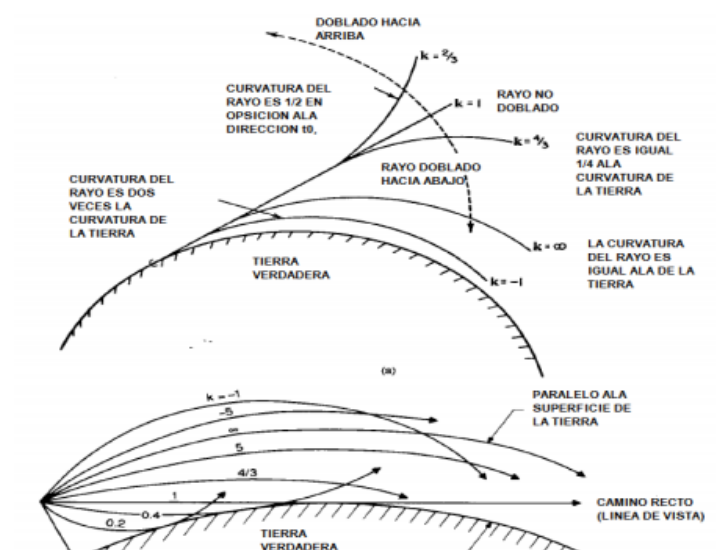
Recuperado de: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12762>

2.2.1.7 Refracción

La refracción se da cuando las ondas de radio viajan con distintas velocidades por distintos caminos en un medio de propiedades eléctricas variables. La parte superior del frente de la onda tiende a viajar más rápido que la parte baja, ocasionando una desviación en la onda continúa llegando a capas más gruesas en la atmósfera, siguiendo la curvatura de la tierra (ver Figura 7). En la práctica en las regiones templadas el factor de la tierra es aproximadamente $4/3 = 1,33$ en radio no menos de 8500 km. (Leal, 2005)

Figura 7

Haz de onda para varios factores de K



Recuperado de: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21519>

2.2.1.8 Interferencia

La planificación es importante ya sirve en caso de posibles interferencias de sistemas ya instalados o del propio sistema la cuales podrían degradar la calidad del radioenlace. (Collantes, 2016)

2.2.3 Elementos que forman un enlace microonda

2.2.3.1 Antena

Una antena se define como un conductor eléctrico capaz de radiar energía electromagnética, la energía eléctrica que emana el transmisor se transforma en la antena en energía electromagnética llega al equipo receptor y éste hace lo inverso; convierte la energía electromagnética y la transforma en energía eléctrica llegando al receptor. Las antenas blindadas ofrecen alto rendimiento omitiendo los lóbulos laterales y una especificación de patrón de radiación optimizada. (Pineda, 2014)

En la Figura 8 se muestra una antena blindada con un radomo que cubre por completo la antena.

Figura 8
Antena Blindada.



Recuperado de: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21519>

2.2.3.2 Torre

El costo de torres es significante en cuanto la construcción para antenas de microondas, mientras la torre más alto más largo será el salto, si se presenta

obstáculos como árboles o colinas es necesario torres con más de 100 metros o más que sea necesario para proporcionar un enlace óptimo. Una Torre arriostrada se denomina a aquella que presenta arriostres para poder sustentarse, riendas o cables que sujeten cada una de las aristas. (Pineda, 2014)

En la Figura 9 se muestra una torre arriostrada observado desde la parte inferior donde se muestra el antirrotor las cuales son sujetas al anclaje de la base.

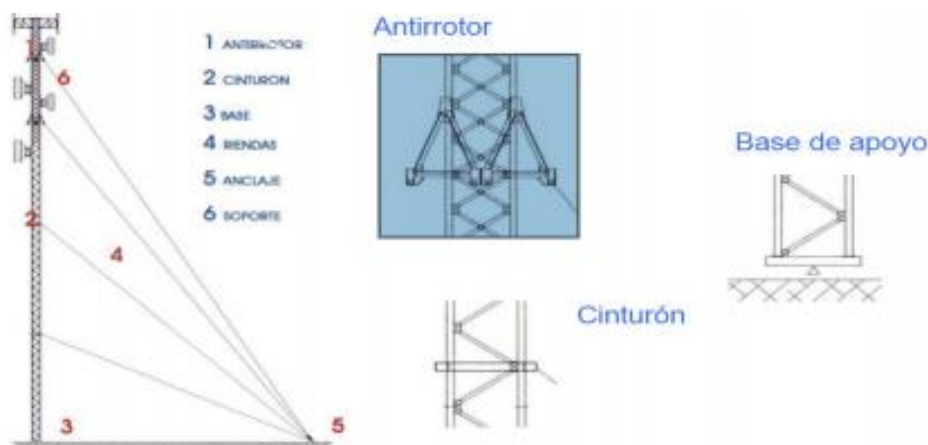
Figura 9
Torre arriostrada



Recuperado de: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21519>

En la Figura 10 se muestran las partes de una torre arriostrada

Figura 10
Partes Torre arriostrada



Recuperado de: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21519>

2.2.3.3 IDU

El IDU es la parte fundamental del sistema, las principales funciones son la corrección de errores, proporcionar la interfaz de datos, modulación demodulación,

gestionar alarmas y comunicación de sitio a sitio. Este es independiente de cualquier banda de frecuencia, pero dependiente de capacidad sobre la ODU. (Pineda, 2014)

2.2.3.4 ODU

La ODU constituida por una unidad RF, la unidad de RF se ubica en la intemperie directamente conectada a la antena en la parte posterior, eliminando la necesidad de usar una guía de onda. La ODU se conecta a la IDU mediante un cable coaxial la cual transporta la señal, las funciones de la ODU son la generación de señal de microondas, el filtrado, la conversión de RD a FI, amplificación. (Pineda, 2014)

En la Tabla 2 se muestra las interfaces que una ODU para poder realizar un radio enlace microonda.

Tabla 2
Interfaces de la unidad ODU

Descripción	Notas
Placa de Interfaz, control y distribución	Interfaz IDU/ODU, distribución de E/S de señales de datos y alimentación DC
VCO transmisor	Fuente generadora de RF sintonizable en la totalidad de la banda
VCO receptor	Oscilador local, sintonizable en la totalidad de la banda (815 MHz por debajo de la frecuencia de la portadora de RF)
Sintetizador	Proporciona control del enganche en fase tanto del VCO transmisor como del VCO receptor
Atenuador variable	Controlado a través de la IDU, permite al usuario variar la potencia de salida de RF de la ODU (atenuación de 0 a 30 dB)
Primer módulo de FI	Traslada la señal de RF a la primera FI de 815 MHz
Segundo módulo de FI	Traslada la primera FI a la segunda FI de 70 MHz
Amplificador de FI	Amplifica la señal de FI hasta un nivel constante de +5 dB. También proporciona la referencia del CAG
Fuente de alimentación de la unidad de RF	Recibe la alimentación DC de la IDU y proporciona alimentación DC regulada a toda la circuitería

Recuperado de: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21519>

2.2.4 Diseño de radio enlace

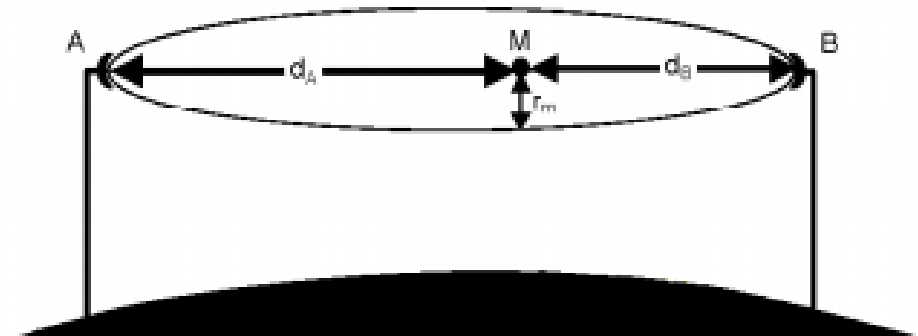
2.2.4.1 Pérdidas en trayectoria por el espacio libre

La pérdida en trayectoria por el espacio libre es la pérdida que reparte al propagarse cuando se aleja de la fuente, produciendo una menor densidad de potencia. El termino más adecuado es perdida por dispersión. (Wayne, 2003)

2.2.4.2 Zona de Fresnel

Las zonas de Fresnel se representan por medio de un número ordinario que representar la disimilitud entre un enlace directo y uno por propagación de ondas de radio. Cada zona concéntrica corresponde a un camino distinto dado por $(\lambda/2)$, $2(\lambda/2)$, $3(\lambda/2)$, etc. Para el caso de la transmisión las zonas de Fresnel son elipsoides que se ubican en puntos focales de las antenas ubicadas en A y B como se ilustra en la

Figura 11. (Leal, 2005)

Figura 11
Zona de Fresnel

Recuperado de: <http://hdl.handle.net/2238/178>

2.2.4.3 Margen de desvanecimiento

Las radiocomunicaciones requieren de la propagación de señales electromagnéticas que al propagarse en la atmósfera puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, sin contar la pérdida normal por trayectoria. Estas pérdidas pueden ser ocasionadas por diferentes problemas ya sea desvanecimiento, a trayectorias múltiples de transmisión y a una geografía irregular. En esencia, el margen de desvanecimiento es un factor que se incluye en la ecuación de ganancia del sistema. El margen de desvanecimiento tiene en cuenta la confiabilidad de sistema para una disponibilidad anual. (Wayne, 2003)

2.2.4.4 Umbral del receptor

El umbral de recepción, es un valor referencial de potencia que tiene el equipo receptor, Una señal es confiable cuando el valor de la señal está por encima del umbral del receptor. (Vela, 2015)

2.2.4.5 Ángulos visuales de una antena

Para asegurar que este alineado la antena se debe determinar el azimut y la elevación. Estos dos tienen como nombre ángulos de visuales de la antena. El ángulo vertical es el ángulo de elevación la cual sigue a la dirección de movimiento de una onda electromagnética, y en el plano horizontal el azimut, que se define como el apuntamiento de una antena terrestre. (Wayne, 2003)

2.2.4.6 Diversidad de polarización

Por este método dos señales procedentes de un radiotransmisor se envían de forma simultánea mediante dos antenas con polaridad vertical y horizontal. Este método resulta útil para la transmisión, pero no da resultados en la transmisión ya que

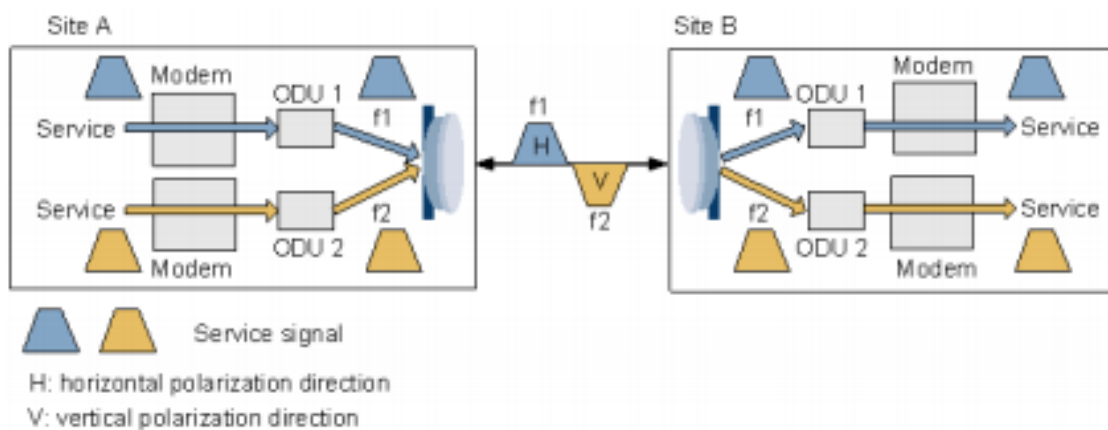
ambas señales polarizadas se desvanecen al mismo tiempo. (Collantes, 2016)

2.2.5 Técnicas de ingeniera

2.2.5.1 Cancelador de interferencia de polarización cruzada (XPIC)

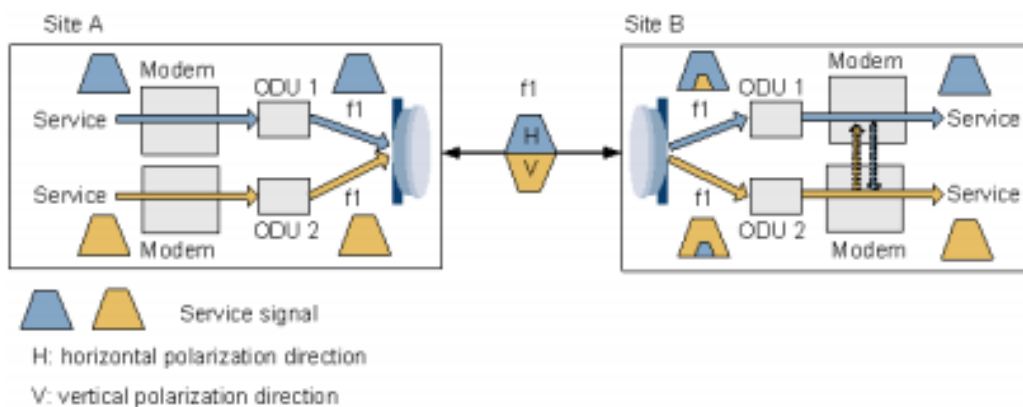
XPIC trabaja con el co-channel y dual-polarization (CCDP), el transmisor emana dos ondas electromagnéticas con polaridades vertical y horizontal en un mismo canal, el receptor rescata la señal original después de cancelar la interferencia, se puede observar el funcionamiento en las siguientes figures, la Figura 12 y Figura 13 muestra el trabajo sin utilización de XPIC, para pasar el servicio se utiliza dos polaridades distintas estas deben ser diferentes canales f1 y f2. (Rodríguez y Achahue, 2015)

Figura 12
Sistema sin XPIC



Recuperado de: <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/URP/2134>

Figura 13
Sistema doble polarización XPIC



Recuperado de: <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/URP/2134>

2.2.5.2 Modulación adaptativa

Esta estrategia adaptativa aprovecha las condiciones favorables del canal para enviar tasas de datos mayores o disminuir la potencia transmitida, y de igual manera reducir la tasa de datos enviada o incrementar la potencia cuando el canal degrada su calidad; lo cual permite mejorar la eficiencia de energía e incrementar la tasa media de transmisión sobre canales con desvanecimiento. En un canal de comunicaciones la información enviada se ve afectada por desvanecimientos, provocando que el nivel de señal esté durante intervalos más o menos largos por debajo del nivel mínimo de umbral que permite la utilización de un servicio, y no será posible recuperar la información sin errores. (Clemente, 2013)

2.3 Definición de términos básicos

- **QPSK:** Modulación por desplazamiento cuadrafásica.
- **QAM:** Modulación de amplitud en cuadratura.
- **dB:** Es una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos potencias acústicas o eléctricas.
- **S/N:** La relación señal/ruido.
- **AMR:** Radio modulación adaptativa.
- **XPIC:** Es el arte de duplicar la capacidad de un canal de comunicación radio utilizando dos polarizaciones ortogonales.
- **OEM:** Se utiliza para describir la forma en la que desplaza la radiación electromagnética a través del espacio.
- **BW:** La cantidad de datos transferidos hacia o desde el sitio web a través de un tiempo previamente determinado.
- **Mbps:** Es una unidad de transmisión de datos equivalentes a 1.000 kilobits por segundo o 1.000.000 bits.
- **Frecuencia:** Número de veces que se repite la onda por unidad de tiempo.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL OBJETIVO DE TRABAJO DE SUFICIENCIA

3.1 Perfil topográfico y simulación del enlace

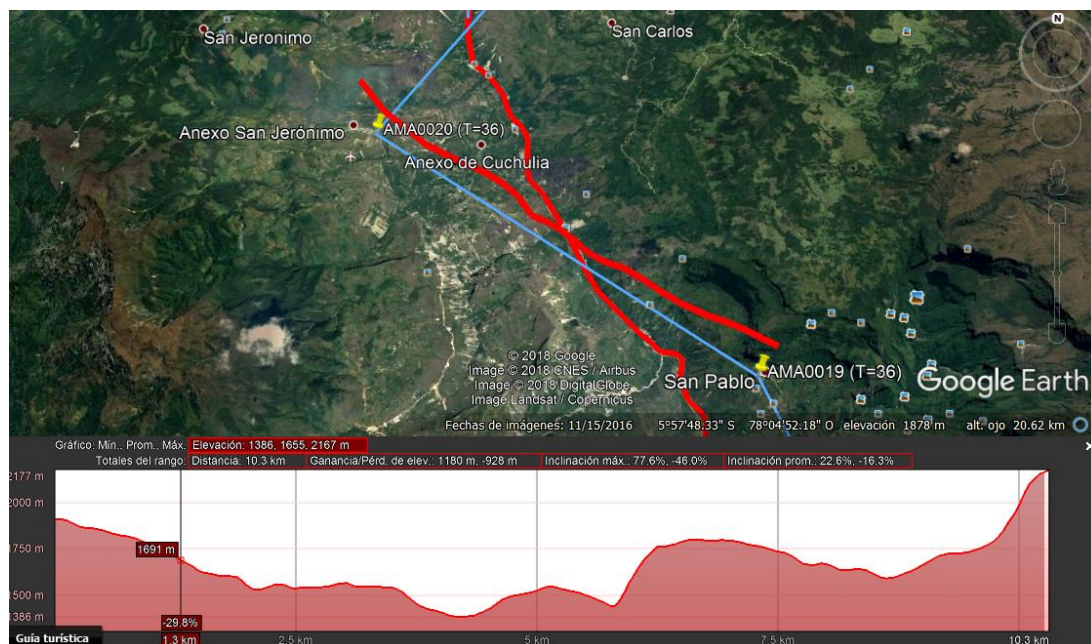
3.1.1 Perfil topográfico del trayecto en los distritos de Valera – San Jerónimo de la región de amazonas

Las coordenadas de los para los puntos de Valera y San Jerónimo fueron proporcionado por el departamento de infraestructura de Bitel. Estas coordenadas simuladas por google earth se puede dar a conocer una anticipación del enlace, debido a la situación geográfica de la zona se optó por un enlace microonda ya que es imposible del despliegue de fibra.

Con los datos obtenido empezamos a analizar el perfil topográfico entre los sitios Valera – San Jerónimo en google earth nos permite simular si existe algún obstáculo que impide la línea de vista entre estos dos sitios, así se obtendrá la visualización de cualquier obstáculo entre ambos puntos.

Figura 14

Perfil topográfico Valera (AMA0019) – San Jerónimo (AMA0020)

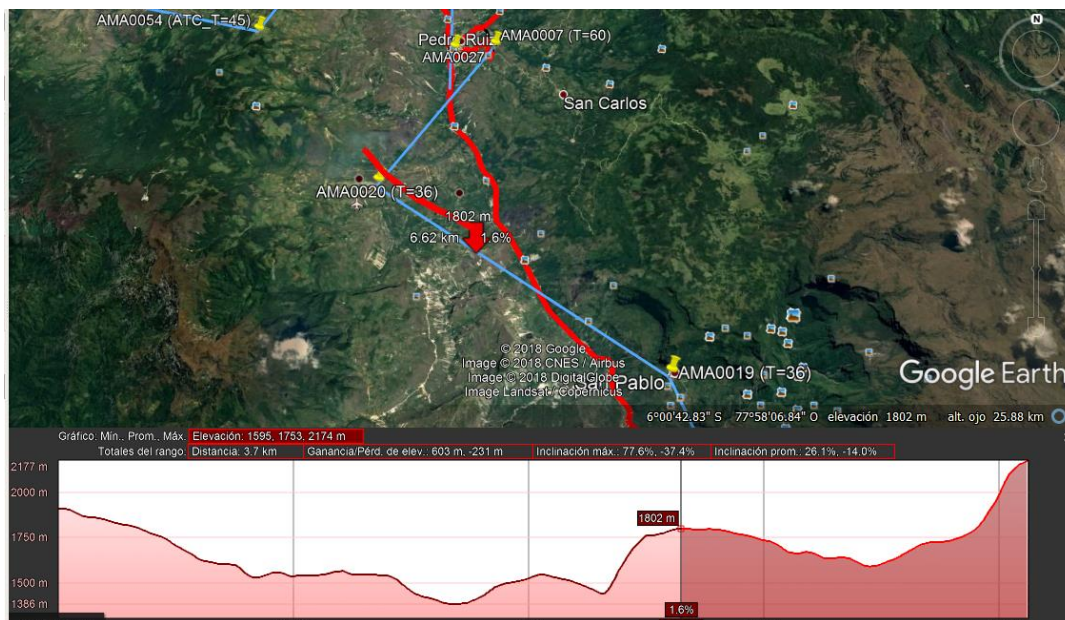


Fuente: "Elaboración propia"

Desde ahora los Distritos de Valera y San Jerónimo se denomina como **AMA0019** y **AMA0020** respectivamente como se puede ver en la Figura 14. Con aplicación de google earth se puede visualizar una elevación a 372 metros desde AMA0020 como muestra la Figura 15, esta elevación podría ser un obstáculo para la zona de fresnel,

se tendrá en consideración en el diseño para esto se trabajó con la aplicación Pathloss versión 4.

Figura 15
Vista de obstáculo AMA0019-AMA0020



Fuente: "Elaboración propia"

Con la aplicación Pathloss se puede simular radioenlaces que operan desde el rango de 20 Mhz a 20 Ghz, la operadora Bitel cuenta con equipos configurables de 7 GHz, Pathloss versión 4 se utilizara sin ningún problema, el aplicativo Pathloss brinda simulaciones de radioenlaces a toda la red de Bitel.

3.1.2 Coordenada de los sitios a realizar un radio enlace

En la Tabla 3 se muestran las coordenadas geográficas de San Jerónimo y Valera del departamento de Amazonas.

Tabla 3
Coordenadas AMA0020-AMA0019

CODIGO	DISTRITO	LONGITUD	LATITUD	ALTURATORRE
AMA0020	San Jerónimo	-77.995380	-5.9945	36
AMA0019	Valera	-77.920530	-6.04319	36

Fuente: "Elaboración propia"

En la Tabla 4 se muestra la altitud que se toma sobre el nivel del mar (MSNM) y la distancia del radio enlace microonda de punto a punto.

Tabla 4
MSNM y distancia Km.

CODIGO	MSNM	DISTANCIA
AMA0020	2164	9.88 Km
AMA0019	1913	

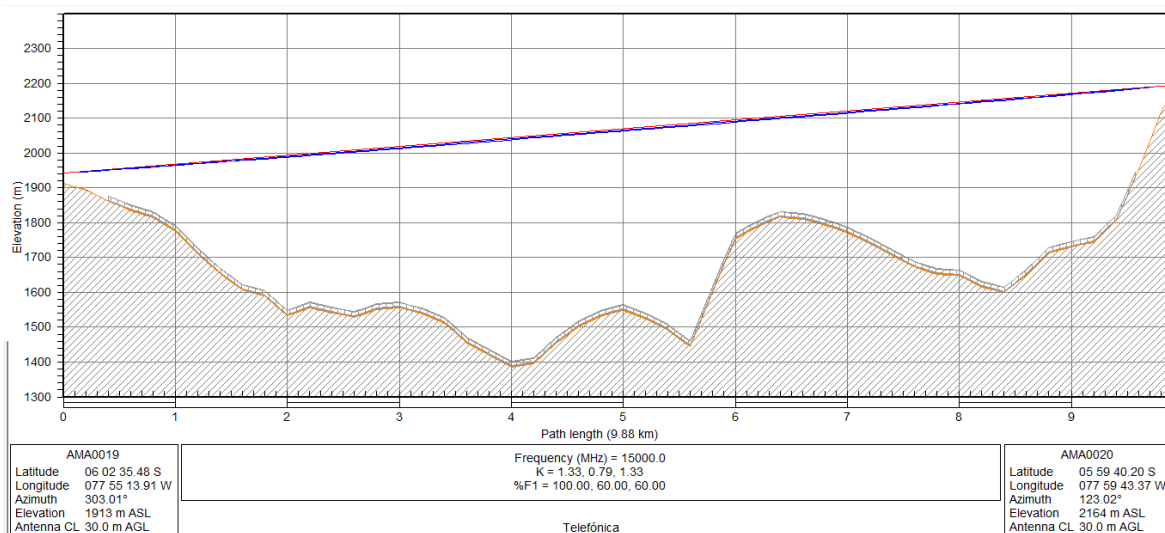
Fuente: "Elaboración propia"

3.1.3 Simulación del enlace AMA0019 – AMA0020

Con los datos de coordenada (longitud y latitud) y altura de torre se puede simular el enlace microonda en Pathloss versión 4. Como se muestra en la

Figura 16 la primera zona de fresnel una delgada línea roja entre AMA0019 (Distrito de Valera) – AMA0020 (Distrito de San Jerónimo), las antenas a instalar se realizarán a una distancia del suelo a 30m. En la práctica en la cima de las torres se instala las antenas que brindan servicio de 3G y 4G debajo de estos equipos se instala los equipos de transmisión para unir cada ciudad, este espacio es alrededor de 6m.

Figura 16
Detalle del enlace AMA0019-AMA0020



Fuente: "Elaboración propia"

En la Figura 17 se muestra la primera zona de Fresnel con el factor de curvatura 4/3 como primera zona.

Figura 17
Zona de Fresnel configurado

Referencia de Zona de Fresnel		Factor de Curvatura K		
1	100.00	Principal	1	1.33
2	60.00	Principal	2	0.79
3	60.00	Principal	3	1.33
4		Principal	4	0.79

Expresada Como

- % Primera Zona de Fresnel
- Número de Zona de Fresnel (Fn)

Tipo

- Entre Terminales
- Entre Horizontes

Use clearance criteria

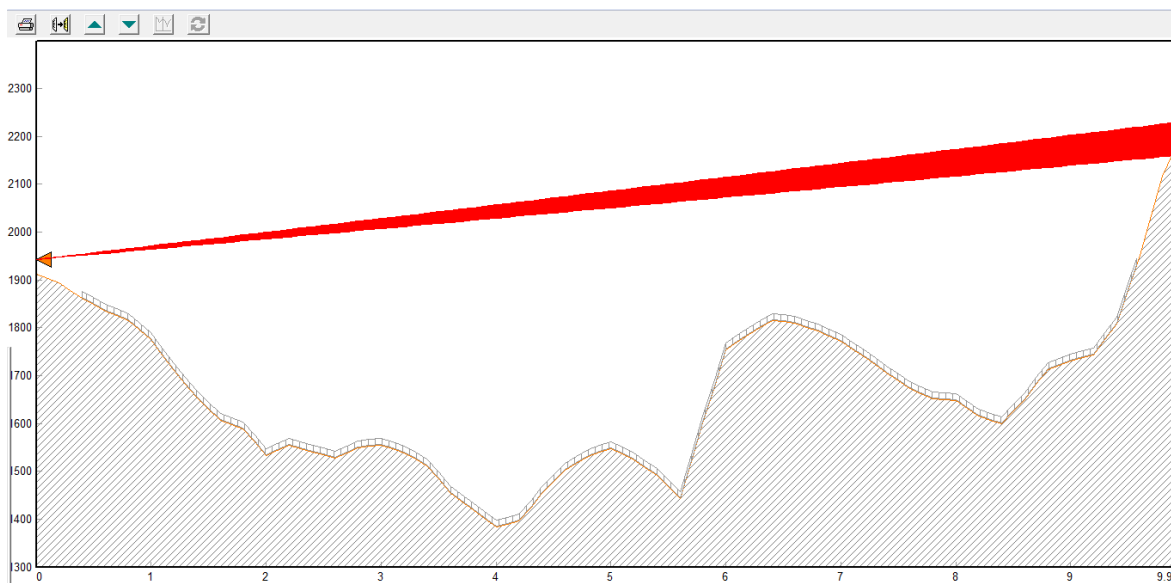
Draw Grid

Draw rays

Fuente: "Elaboración propia"

En la Figura 18 se muestra la vista de desde el Distrito de Valera a San Jerónimo.

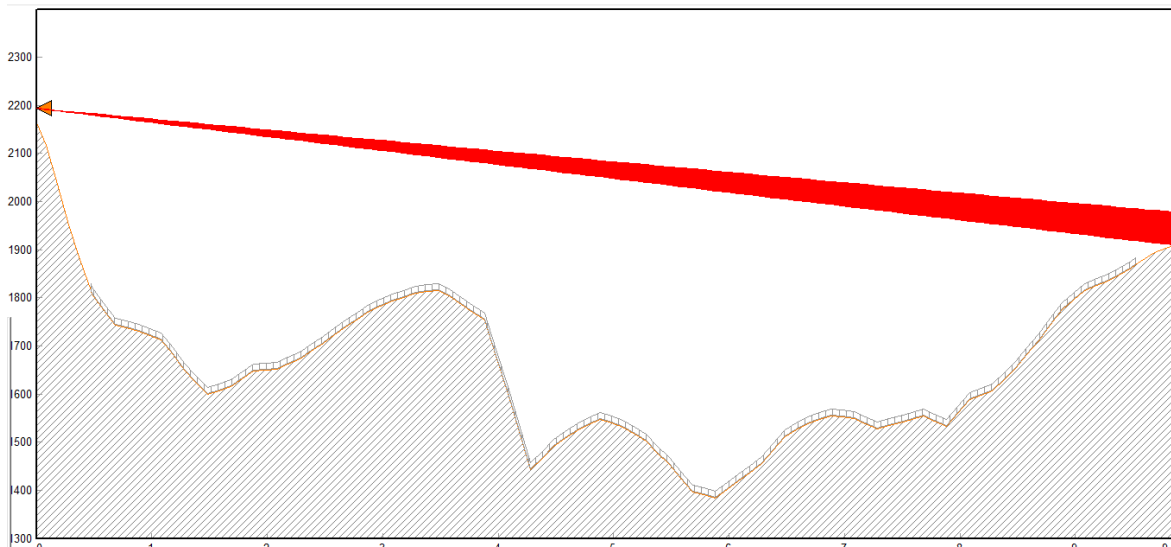
Figura 18
Multitrayecto visto desde AMA0019 (Distrito de Valera)



Fuente: "Elaboración propia"

En la Figura 19 se aprecia el multitrayecto que puede emitir el enlace entre ambos distritos AMA0019 (Distrito de Valera) y AMA0020 (Distrito de San Jerónimo).

Figura 19
Multitrayecto visto desde AMA0020 (Distrito de San Jerónimo)



Fuente: "Elaboración propia"

En la Tabla 5 se muestra el presupuesto del enlace microonda de los distritos de Valera y San Jerónimo donde se aprecia datos de los sitios, cálculo de pérdidas y ganancias.

Tabla 5
AMA0019-AMA0020

SITIO	AMA0019	AMA0020
Elevación (m)	1912.9	2163.77
Latitud	06 02 35.48 S	05 59 40.20 S
Longitud	077 55 13.91 W	077 59 43.37 W
Azimut Verdadero (°)	303.01	123.02
Ángulo Vertical (°)	1.42	-1.49
Altura de Antena (m)	30	30
Ganancia de Antena (dBi)	36.6	36.6
Pérdida en Conectores (dB)	1.5	1.5
Frecuencia (MHz)	7000	
Polarización	Vertical/ Horizontal	
Longitud de la Trayectoria (km)	9.88	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	135.89	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.86	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	66.55	66.55
Modelo de Radio	AS15-ALPlus2 86M 256QAM	AS15-ALPlus2 86M 256QAM
Potencia de Transmisión (w)	0.2	0.2
Potencia de Transmisión (dBm)	23	23
PIRE (dBm)	58.1	58.1
Designador de Emisor	14M00D7WET	14M00D7WET
TX Channels	7610.0000 V/H	7456.0000 V/H
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-70.5	-70.5
Señal Recibida (dBm)	-43.55	-43.55
Margen de Desv. - Térmico (dB)	26.95	26.95
Factor Geoclimático	6.16E-05	
Inclinación del Trayecto (mr)	25.38	
Fade occurrence factor (Po)	2.68E-04	
Temperatura Anual Promedio (°C)	25	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99995	99.99995
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99998	99.99998
(% - sec)	99.99996 - 12.82	
Región de Precipitación	ITU Región N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	26.95	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	99.14	
Atenuación por Lluvia (dB)	26.95	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99105 - 2823.32	
Total Anual (%-seg)	99.99101 - 2836	

Fuente: "Elaboración propia"

3.2 Estudio de factibilidad del enlace

Se aprecia en la simulación que se realizó por la aplicación Pathloss, esta aplicación combina mapas proporcionados por la NASA (SRTM) (Misión Topográfica Shuttle Radar) y DEM (Mapas de Elevación Digital), la primera zona de fresnel y con el factor de curvatura 4/3 alcanzo el 100% sin problemas en relación con el resultado se puede continuar con el diseño del enlace microonda, las instalaciones de las antenas en AMA0019 (distrito de Valera) y AMA0020 (distrito de San Jerónimo) se instalaron alrededor de los 30m en cada sitio.

3.2.1 Cálculos

El proyecto planteado para este trabajo de incremento de capacidad con un bajo costo. La red de enlace microonda de la operadora Bitel se basa en dos marcas muy prestigiosa SIAE Microelectrónica y NEC corporation. Para este proyecto se realizó en la marca NEC modelo iPasolink400A, debido a la capacidad que ofrece sus equipos alrededor de 800Mbps, duplicando la capacidad de un canal de comunicación radio utilizando dos polarizaciones ortogonales (vertical y horizontal) con la técnica XPIC.

XPIC es un procesador de señal ubicado en el componente receptor que permite cancelar la interferencia entre dos señales recibidas polarización vertical y horizontal.

3.2.2 Características de la antena COMMSCOPE MODELO VHLPX2-7W/C

En la Tabla 6 se muestra las principales características de la antena modelo VHLPX2-7W/C. (Ver

Anexo 18-20)

Tabla 6
Características específicas principales

Especificación	Característica
Tipo de antena	Alto rendimiento
Modelo	VHLPX2-7W/C
Polarización	Dual
Banda de frecuencia de trabajo	7100 - 8500 MHz
Ganancia	32.2 dBi
Tamaño de antena	0.6m
Peso	8kg

Fuente: "Elaboración propia"

3.2.3 Características de ODU

En la Tabla 7 se muestra la especificación de ODU IAP que se requiere para este proyecto, el rango de frecuencia a utilizar es de 7GHz en frecuencia alta y baja. (Ver Anexo. 7-10)

Tabla 7
Especificación ODU

Especificación	Descripción
Compatibilidad	6 ~ 11 GHz
Tecnología	GaN
Rango de modulación	QPSK a 4096QAM
Ancho de banda	112 MHz
Sistema	XPIC
Peso	3kg

Fuente: "Elaboración propia"

Las frecuencias en la Tabla 9 se muestran por cada sitio que frecuencia debe ser configurado de acuerdo al Plan de canalización del MTC Tabla 8.

Tabla 8
Plan de canalización MTC

Canal N°	Frecuencia (MHz)	
	BW: 56 MHz	
	Ida	Retorno
1	7 456	7 610
2	7 484	7 638
3	7 512	7 666
4	7 540	7 694

Recuperado de:

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3791.pdf

Tabla 9
Frecuencia asignada

Sitio	Frecuencia MHz
AMA0019 – Distrito de Valera	7610
AMA0020 – Distrito de San Jerónima	7456

Fuente: "Elaboración propia"

En la Figura 20 se muestra una ODU de la marca NEC de sub-banda D modelo IAP.

Figura 20
ODU IAP



Fuente: "Elaboración propia"

3.2.4 Características IDU iPasolink400A

En la Tabla 10 se muestra las especificaciones de una IDU iPasolink400A. (Ver Anexo. 1-6)

Tabla 10
Especificación IDU

Especificación	Descripción
Rendimiento	Enlace optimizado, escalable de alta capacidad y polarización cruzada
Consumo de energía	-48 VDC
Peso	58 kg
Interface	4x10/100/1000 Base-T(x), 2x1000-SX/LX SFP
Modulación adaptativa (AMR)	QPSK/15/32/64/128/512/1024/2048 QAM: 9 Modulación programado intercambiable.
XPIC(CCDP)	QPSK a 512QAM (MODEM-A en CS 25/40/56MHz)
AMR, 1+1 y combinación XPIC	AMR and 1+1, AMR and XPIC combinación disponible
Tamaño de Trama	Soporta hasta 9600 byte
Fácil adición de funcionalidad	Actualizaciones de software de pago según lo necesite
Flexibilidad de aplicación	Con ranuras para tarjetas universales y una gama de módulos funcionales

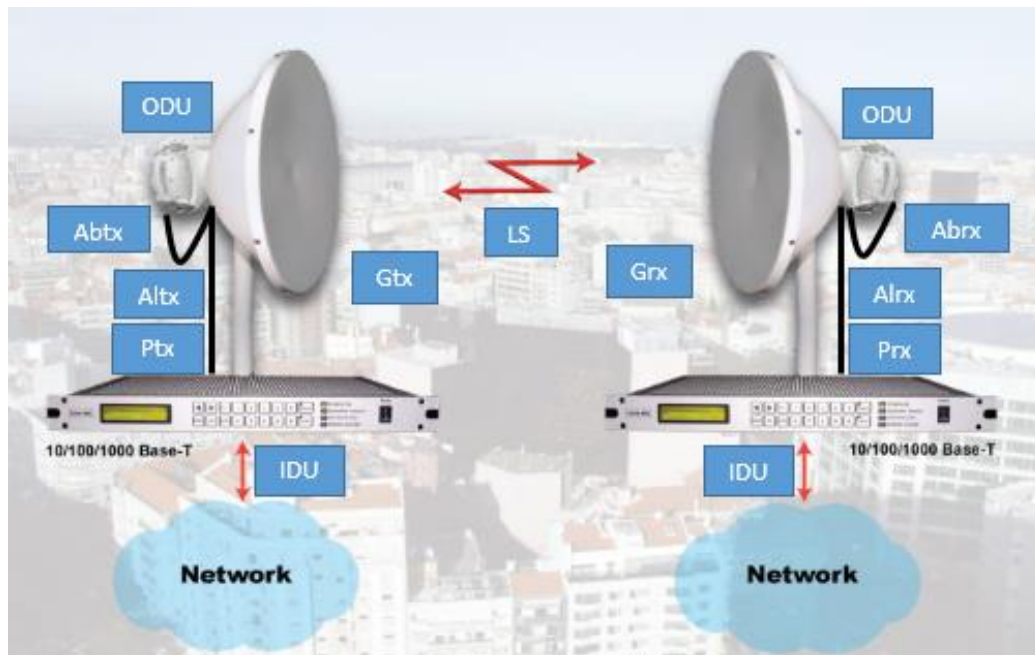
Fuente: "Elaboración propia"

3.2.5 Presupuesto de potencia: AMA0019-AMA0020

En la Figura 21 se muestra las partes con las que se realiza el cálculo para poder realizar un radio enlace microonda.

Figura 21

Presupuesto de potencia enlace AMA0019-AMA0020



Fuente: "Elaboración propia"

$$Prx = Ptx - Abtx - Altx + Gtx - Ls + Grx - Alrx - Abrx$$

- Prx= Potencia en la entrada de los terminales del equipo receptor
- Ptx= Potencia entregada por el transmisor
- Abtx= Abrx = Atenuación por branching.
- Altx= Alrx= Atenuación en el cable de bajada
- Gtx= Grx= Ganancia de la antena
- Ls= Perdidas por trayectoria en el espacio libre
-

3.2.6 Perdidas en el espacio libre AMA0019-AMA0020

$$Ls = 32,44 + 20\log(7610\text{Mhz}) + 20\log(9,88\text{km})$$

- $Ls = 32,44 + 77,63 + 19,90$
- $Ls = 129,97$

Con este cálculo se podrá encontrar la potencia en el receptor en base a los

resultados obtenidos.

3.2.7 Potencia en el receptor

$$Prx = Ptx - Abtx - Altx + Gtx - Ls + Grx - Alrx - Abrx$$

Para COMMSCOPE modelo VHLPX2-7W/C

- $Prx = 25\text{dBm} - 0\text{dB} - 1.5\text{dB} + 32.2\text{dBi} - 129.97 + 32.2\text{dBi} - 2\text{dB} - 0\text{dB}$
- $Prx = -44.07$

Una vez concluido cálculo matemático para el enlace microonda, se puede verificar que los resultados son favorables en cuanto se refiere a niveles de potencia del receptor, con esto se corrobora que es posible realizar enlace con los equipos de comunicación. Es recomendable realizar un margen de umbral mayor para que el enlace esté en funcionamiento a pesar de los factores climáticos como la lluvia y niebla que pueda afectar el rendimiento.

3.2.8 Margen de desvanecimiento

$$Fm(dB) = 30 \cdot \text{Log}D + 10 \cdot \text{log}(6A \cdot B \cdot F) - 10 \cdot \text{Log}(1 - R) - 70$$

- $A = 1$
- $B = 0.125$
- $Fm(dB) = 30 \cdot \text{Log}9.88 + 10 \cdot \text{log}(6 \cdot 1 \cdot 0.125 \cdot 7610) - 10 \cdot \text{Log}(0.00001) - 70$
- $Fm = 37,41\text{dB}$

3.2.9 Umbral del Receptor

$$Ur = Pr - Fm$$

- $Ur = -44.07 - 37,41\text{dB}$
- $Ur = -84,81\text{ dBm}$

Este valor es igual a la sensibilidad del equipo en el receptor

3.2.10 Margen de Umbral

$$Mu = Pr - Sr$$

- $Mu = -44,07 - (-96)$
- $Mu = 51,93$
- $Mu = -84,81 - (-96\text{ dBm}) = 11.19$

Como resultado se obtiene un excelente Marguen de Umbral.

3.2.11 Cálculo de la primera zona de fresnel

La fórmula genérica de cálculo de la zona de fresnel es:

$$n = 548 \sqrt{\frac{n * d1 * d2}{f * d}}$$

Si se considera las distancias $d1=d2$, la fórmula permite determinar el radio de la primera zona de fresnel:

$$Rn = 548 \sqrt{\frac{n * d}{4 * f}}$$

$$Rn = 548 \sqrt{\frac{n * d}{4 * f}}$$

$$Rn = 9,87 \text{ metros}$$

3.2.12 Angulo de elevación

Para el enlace AMA0020-AMA0019

AMA0020= H1= 2164m + 30m = 2194, San Jerónimo

AMA0019= H2= 1913m + 30m = 1943, Valera

$\Delta H = H1 - H2 = 251\text{m}$

$\text{Sen}\alpha = \Delta H / D$

$\alpha = \text{sen}^{-1} (\Delta H / D)$

$\alpha = \text{sen}^{-1} (251 / 9880)$

$\alpha = 1.46^\circ$

3.2.13 Angulo de apuntamiento y azimut

Para el enlace AMA0020-AMA0019

$\Theta 1 = (\Delta \text{latitud} / \Delta \text{longitud})$

$\Theta 1 = (0.04869 / -0.07485)$

$\Theta 1 = -33,04^\circ$

Azimut1 = $90 + [-33,04] = 123,04^\circ$, AMA0020

Azimut2 = $270 + [-33,04] = 303,04^\circ$, AMA0019

3.2.14 Banda a utilizar

Para el enlace de AMA0019-AMA0020 se escogió la sub banda D.

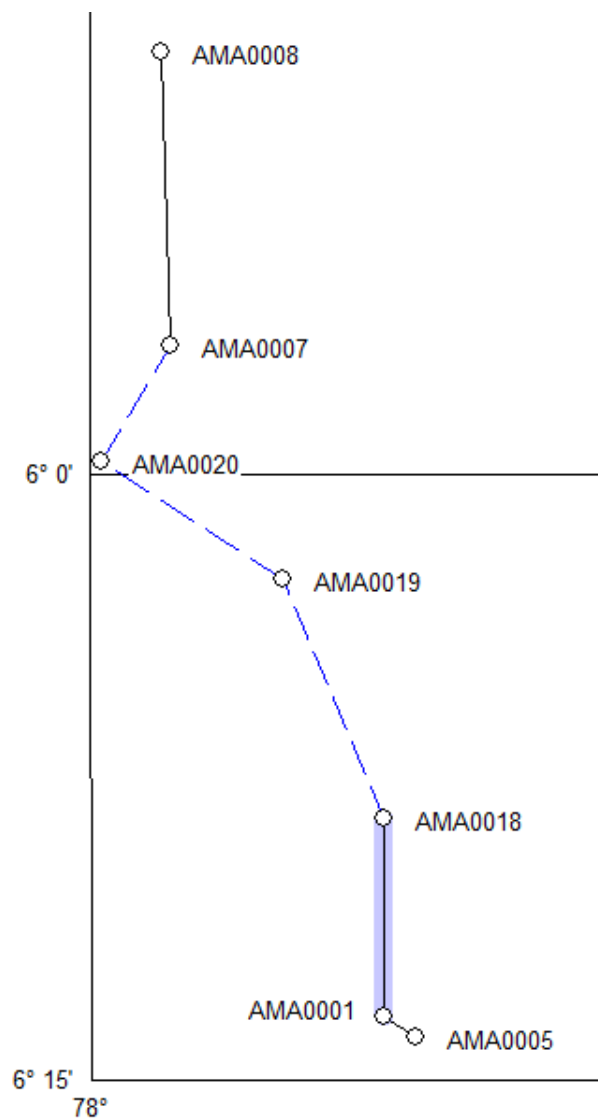
Frecuencia 7Ghz.

AMA0020 LOWER = 7456

AMA0019 HIGH = 7610

En la Figura 22 se muestra los distritos de Valera de San Jerónimo en base al programa Pathloss donde se aprecia toda la ruta la cual involucra el radio enlace microonda.

Figura 22
Topología realizada por pathloss



Fuente: "Elaboración propia"

3.3 Tipo de torre Usado

Existen 3 tipos de torres usadas en telecomunicación:

- Torres auto soportadas sección cuadrada
- Torres auto soportadas sección triangular
- Torres arriostrada o soportadas por tirantes

Para el enlace a realizarse se realizó con torres arriostrada. Se describirá acerca de este tipo de torre.

3.3.1 Torre arriostrada

Las bases de anclaje se ubican a 120° una de otra con esto se distribuye generado por el viento se distribuye de forma balanceada.

Los cables de tensión se ubican en grupos de tres con base de anclaje correspondiente, como se puede apreciar en la Figura 23.

Figura 23
Torre arriostrada



Fuente: "Elaboración propia"

3.4 Instalación del enlace AMA0019-AMA0020

El enlace AMA0019-AMA0020 realizará con una antena de 0.6m, material será armado en cada sitio y llevado a los distritos de Valera y San Jerónimo. En Figura 24 se visualiza la instalación de OMT y la antena de 0.6m.

Figura 24
Instalación de OMT a la Antena



Fuente: "Elaboración propia"

Luego se realiza la instalación de la ODU en la polarización vertical y horizontal en el OMT, en la **Figura 25** se muestra la instalación de OMT y en la Figura 26 se muestra la ODU sub-banda D. Esta instalación de equipos cumple la principal función para tener doble de capacidad que se obtiene por cada ODU, resultado es uno misma frecuencia con doble capacidad.

Figura 25

Instalación de ODU en el OMT polarización Vertical y Horizontal



Fuente: "Elaboración propia"

Figura 26

ODU en Sub-banda D



Fuente: "Elaboración propia"

Se realiza el despliegue de cable RF y la línea de tierra, la línea de tierra conecta con la IDU y a la ODU. (Ver Anexo 14)

Se realiza el levantamiento de equipo armado a torre e instalación ajuste de la antena con la torre (ver Figura 27 y 28).

Figura 27
Instalación de equipos a torre.



Fuente: "Elaboración propia"

Figura 28
Instalación vista en torre



Fuente: "Elaboración propia"

Se muestra en la Figura 29 las conexiones realizadas en la ODU impermeabilizando los conectores de esta manera no se tendrá corrosión en los conectores y no afectara el enlace.(Ver Anexo 17)

Figura 29
Conexión a ODU



Fuente: “Elaboración propia”

3.5 Alineamiento

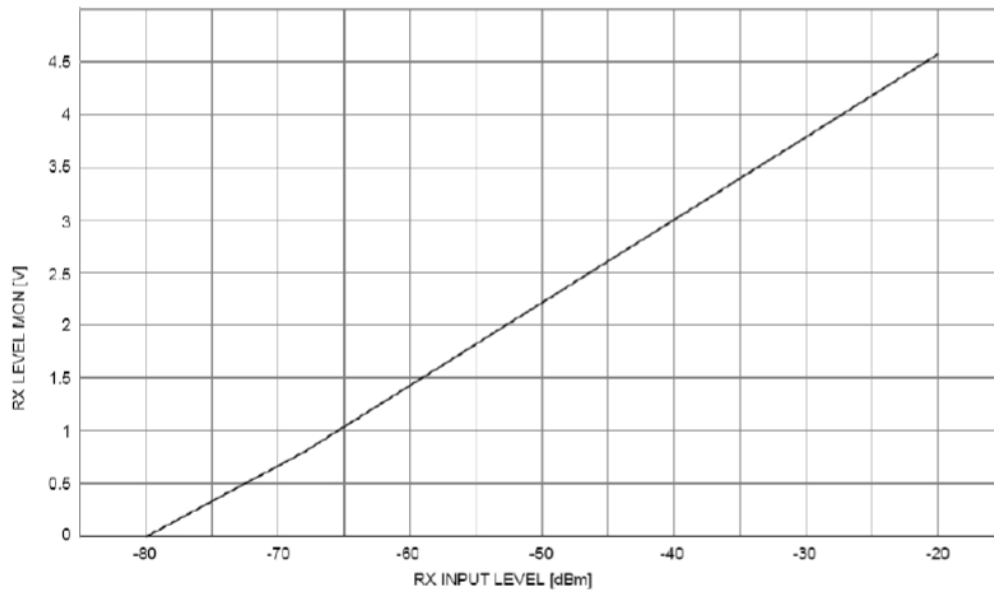
Se realiza el ajuste el azimut y el ángulo de elevación de la antena con los datos realizados en el cálculo del enlace como se aprecia en la Tabla 11, alternativamente para que el voltaje medido sea máximo (ver Figura 30). El procedimiento de alineación de la antena difiere en el caso de diferentes antenas, que fueron desarrolladas por diferentes proveedores. Asegúrate de mover la antena para encontrar el lóbulo principal. Entre los dos sub lóbulos (dos valores de voltaje más bajos) está el lóbulo principal.

Tabla 11
Elevación y azimut

SITIO	AMA0019	AMA0020
Elevación (m)	1912.9	2163.77
Azimut Verdadero (°)	303.01	123.02

Fuente: “Elaboración propia”

Figura 30
Nivel de Rx (V) vs Rx entrada (dBm)



Fuente: "Elaboración propia"

3.4 Configuración de equipos NEC iPasolink400A 1+0 XPIC

3.4.1 Configuración de los equipos NEC iPasolink400A

Ya instalado los equipos exteriores se realiza la instalación de la IDU NEC modelo iPasolink400A dentro de rack que se encuentra en la BTS como se muestra en la Figura 31.

Figura 31
Instalación del equipo NEC iPasolink400A



Fuente: "Elaboración propia"

Se procede a la gestión del equipo realizando la conexión entre del puerto LCT del equipo NEC iPasolink400A y la laptop mediante un cable ethernet como en la Figura 32. La ip por defecto para el acceso al equipo es 172.17.254.253.

Figura 32
Puerto LCT



Fuente: "Elaboración propia"

Se abrirá la ventana del equipo, se solicita usuario y contraseña para ingresar y poder acceder (ver Figura 33).

Figura 33
Interface iPasolink400A



Fuente: "Elaboración propia"

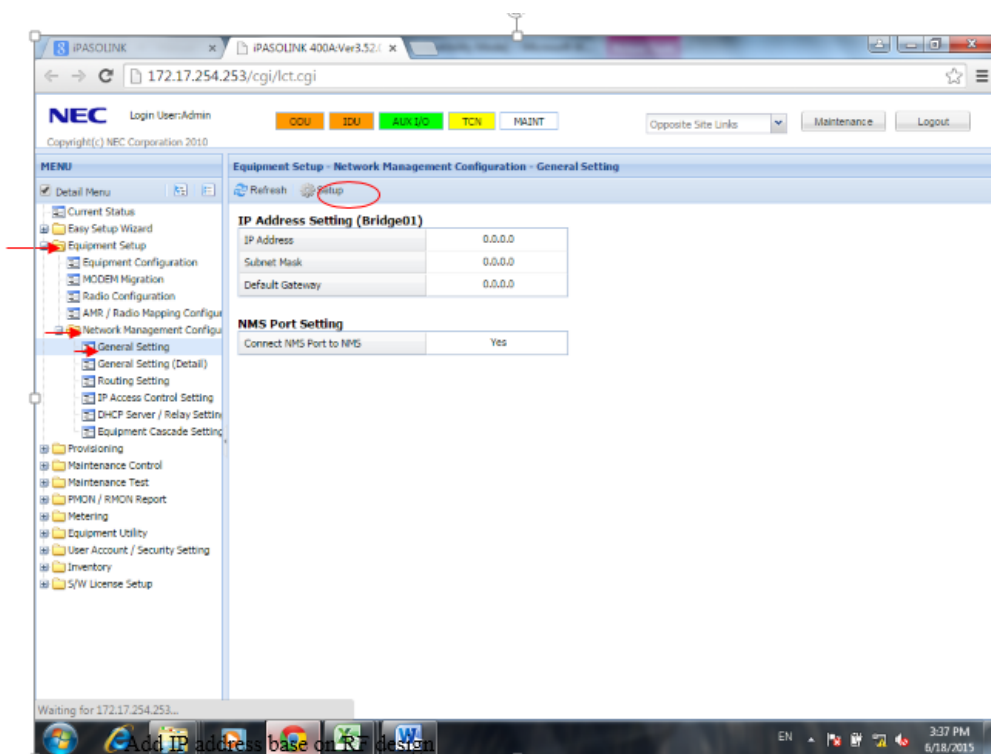
Se realiza la configuración de las Ip para la gestión del enlace microonda. En la Tabla 12 hace referencia a las Ip asignadas a cada sitio. Esta configuración se realiza en la opción que se muestra en la Figura 34.

Tabla 12
Ip AMA0019-AMA0020

ENLACE	SITE	IP ADDRESS	GATEWAY	MASK
AMA0019-AMA0020	AMA0019	172.20.58.196	172.20.58.254	255.255.255.192
AMA0019-AMA0020	AMA0020	172.20.58.197	172.20.58.254	255.255.255.192

Fuente: "Elaboración propia"

Figura 34
Configuración de gestión



Fuente: "Elaboración propia"

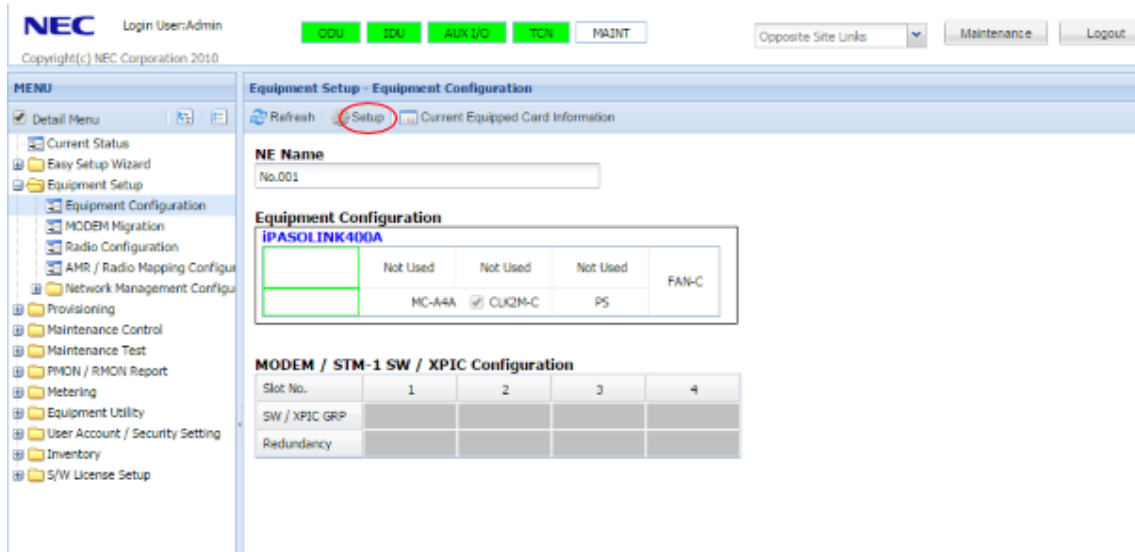
Finalizado ya la configuración de la gestión del equipo, se inicia la configuración del equipo de los parámetros del enlace microonda.

Opción:

Equipment Setup/ Equipment Configuration/ Setup, Figura 35.

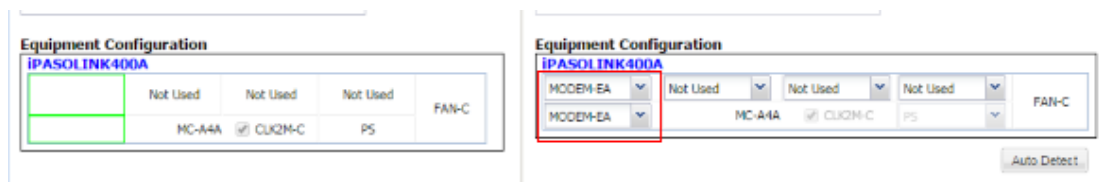
- Detección de las ODU's en la IDU, Figura 36.
- Nombre del enlace AMA0019-AMA0020, Figura 37.

Figura 35
Opción Equipment Configuration



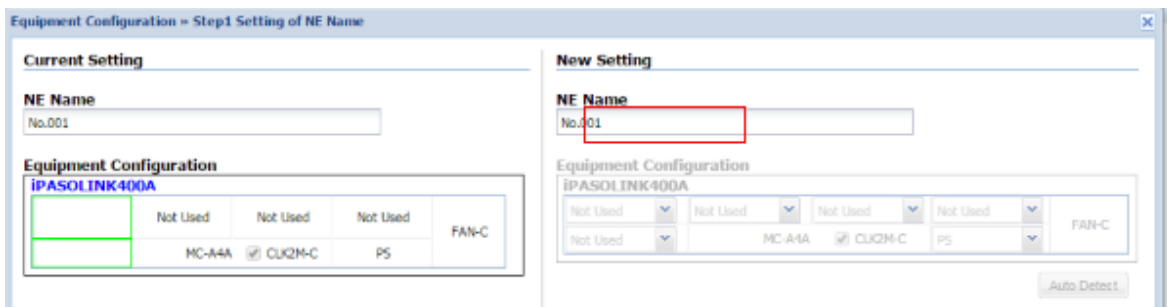
Fuente: "Elaboración propia"

Figura 36
Detección de las ODU's en IDU



Fuente: "Elaboración propia"

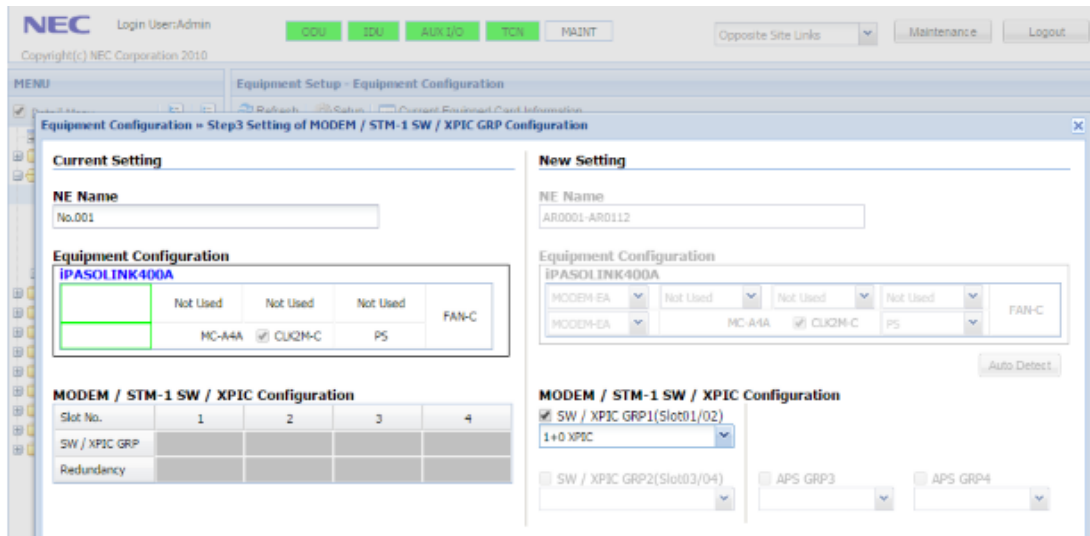
Figura 37
Nombre de enlace microonda



Fuente: "Elaboración propia"

Se procede a la configuración 1+0 XPIC en la IDU, de esta manera se habilita la polarización vertical y horizontal (ver Figura 38).

Figura 38
1+0 XPIC habilitado

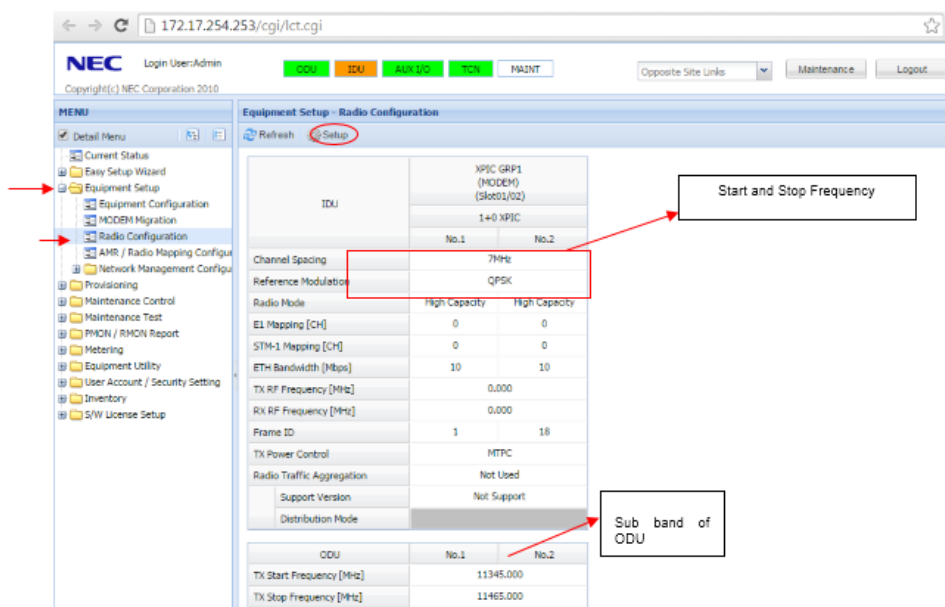


Fuente: "Elaboración propia"

Ahora se procede a la configuración de parámetros (ver Figura 39)

- Canal de esparcimiento 56Mhz
- Modulación 256QAM
- Frecuencia 7456Mhz/ 7610Mhz
- Potencia de transmisión 25dBm

Figura 39
Configuración de Parámetros



Fuente: "Elaboración propia"

Estos parámetros se realizan de acuerdo al diseño realizado para este caso se realizó en la Sub-banda D de la ODU NEC, se muestra en la Tabla 13 y Tabla 14 la Sub-banda D y las frecuencias en 28Mhz y 56Mhz siguiendo los canales asignado por el MTC.

Tabla 13

Tabla de frecuencia en la banda D 28Mhz

CANAL N°	Frecuencia (MHz)	
	BW:28Mhz	
	Ida	Retorno
1	7442	7596
2	7470	7624

Fuente: “Elaboración propia”

Tabla 14

Tabla de frecuencia en la banda D 28Mhz

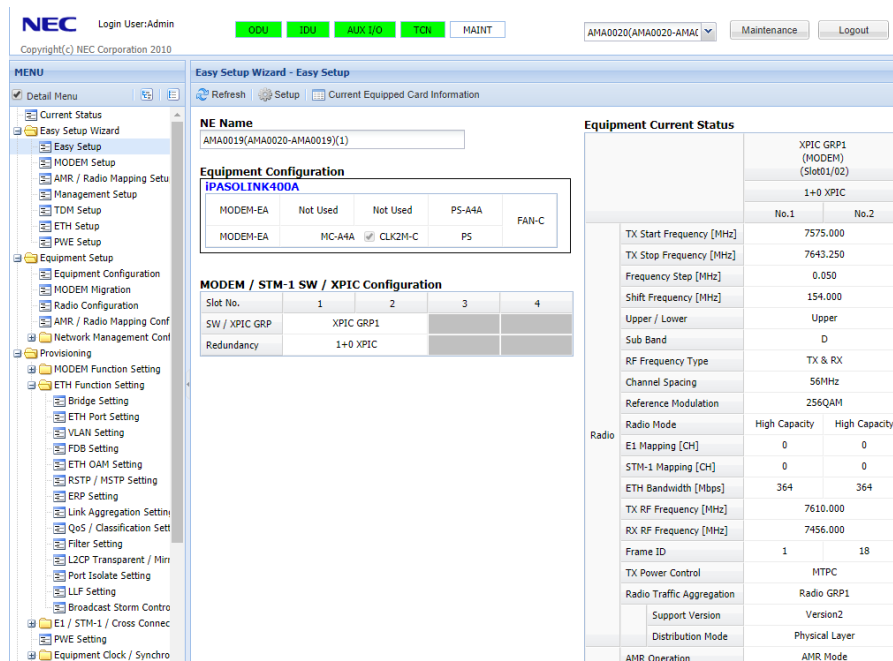
CANAL N°	Frecuencia (MHz)	
	BW:56Mhz	
	Ida	Retorno
1	7456	7610

Fuente: “Elaboración propia”

En la **Figura 40** y **Figura 41** se muestra la configuración de los sitios AMA0019 (Distrito de Valera) – AMA0020 (Distrito de San Jerónimo).

Figura 40

Configuración de parámetros en AMA0019 distrito de Valera



Fuente: “Elaboración propia”

Figura 41
Configuración de parámetros en AMA0020 distrito de San Jerónimo

The screenshot displays the NEC Easy Setup Wizard web interface. The browser address bar shows the URL `172.20.58.197/webtct/cgi/lct.cgi`. The interface includes a navigation menu on the left with options like 'Easy Setup Wizard', 'MODEM Setup', 'AMR / Radio Mapping Setup', 'Management Setup', 'TDM Setup', 'ETH Setup', 'PWE Setup', 'Equipment Setup', 'Equipment Configuration', 'MODEM Migration', 'Radio Configuration', 'AMR / Radio Mapping Configuration', 'Network Management Configuration', 'Provisioning', 'Maintenance Control', 'Maintenance Test', 'PMON / RMON Report', 'Metering', 'Equipment Utility', 'User Account / Security Setting', 'Inventory', and 'S/W License Setup'.

The main configuration area is titled 'Easy Setup Wizard - Easy Setup' and contains the following sections:

- NE Name:** AMA0020(AMA0020-AMA0019)(1)
- Equipment Configuration:** A table showing the status of various equipment components.

MODEM-EA	Not Used	Not Used	PS-A4A	FAN-C
MODEM-EA	MC-A4A	<input checked="" type="checkbox"/> CLK2M-C	PS	
- MODEM / STM-1 SW / XPIC Configuration:** A table showing the configuration for slots 1 through 4.

Slot No.	1	2	3	4
SW / XPIC GRP	XPIC GRP1			
Redundancy	1+0 XPIC			

The **Equipment Current Status** table on the right provides detailed parameters for the radio configuration:

		No.1	No.2
		XPIC GRP1 (MODEM) (Slot01/02)	
		1+0 XPIC	
		No.1	
		No.2	
TX Start Frequency [MHz]		7421.000	
TX Stop Frequency [MHz]		7489.250	
Frequency Step [MHz]		0.050	
Shift Frequency [MHz]		154.000	
Upper / Lower		Lower	
Sub Band		D	
RF Frequency Type		TX & RX	
Channel Spacing		56MHz	
Reference Modulation		256QAM	
Radio Mode		High Capacity	High Capacity
E1 Mapping [CH]		0	0
STM-1 Mapping [CH]		0	0
ETH Bandwidth [Mbps]		364	364
TX RF Frequency [MHz]		7456.000	
RX RF Frequency [MHz]		7610.000	
Frame ID		1	18
TX Power Control		MTPC	
Radio Traffic Aggregation		Radio GRP1	
Support Version		Version2	
Distribution Mode		Physical Layer	
AMR Operation		AMR Mode	

Fuente: "Elaboración propia"

Una vez realizado la configuración de parámetros en el enlace vamos a ver el Tx y Rx de AMA0019-AMA0020. Para poder ver este detalle vamos a ir a la opción current metering como se muestra en la Figura 42.

El enlace muestra que la transmisión es de 25 dBm y la recepción es de 43.5dBm, este resultado nos da a conocer que los valores que tenemos en el enlace son mejores al diseño, esto nos garantiza un mejor rendimiento del enlace.

Figura 42
Parámetros de Rx y Tx

The screenshot shows the NEC web interface for 'Metering - Current Metering'. The browser address bar shows '172.20.58.197/web/lct/cgi/lct.cgi'. The interface includes a navigation menu on the left and a main content area with two tables: 'Radio' and 'FAN Speed'.

Radio

	XPIC GRP1 (MODEM) (Slot01/02)	
	1+0 XPIC	
	No.1	No.2
TX Power [dBm]	+25.0	+25.0
RX Level [dBm]	-43.5	-44.2
ODU Power Supply [V]	-54	-54
BER	0.0E-10	0.0E-10
TX Modulation	256QAM	256QAM
RX Modulation	256QAM	256QAM

FAN Speed

	FAN Speed1 [rpm]	11100
FAN	FAN Speed2 [rpm]	11100
	FAN Speed3 [rpm]	11280

Fuente: "Elaboración propia"

En la Tabla 15 se visualiza la configuración que se realizó en el radio enlace microonda en los distritos de Valera y San Jerónimo con una capacidad total de 728Mbps.

Tabla 15
Capacidad configurada en el radio enlace microonda

Radio enlace microonda	Capacidad
AMA0019 (Distrito de Valera) – AMA0020 (Distrito de San Jerónimo)	728

Fuente: "Elaboración propia"

3.4.2 Prueba de interferencia del enlace AMA0020-AMA0019

La prueba de interferencia se realiza apagando la transmisión de ambos equipos del enlace AMA0019-AMA0020. Esta prueba demuestra que no hay señal con la

misma frecuencia, canal de esparcimiento, modulación que interfiera con el enlace. Para la modulación 256QAM no ser menor a los -75dBm, la Figura 43 muestra la recepción del enlace.

Figura 43
Prueba de interferencia

	1+0 XPIC	
	No.1	No.2
TX Power [dBm]	+20.0	+20.0
RX Level [dBm]	-95.0	-88.3
ODU Power Supply [V]	-49	-49
BER	**	**
TX Modulation	128QAM	128QAM
RX Modulation	128QAM	128QAM

Fuente: "Elaboración propia"

Con esta prueba podemos finalizar el enlace y elevar la modulación sin problemas a 256QAM ya que no se tiene interferencia por agentes externos.

La modulación 256QAM nos da una capacidad de 364 Mbps por una ODU al ser nuestro enlace doble polarización vertical y horizontal doble ODU la capacidad por dos ODU's resulta 728Mbps suficiente para los servicios que se requiere para los distritos de Valera y San Jerónimo.

3.5 Configuración AMR

Finalizado la configuración y prueba de interferencia se procederá a la configuración AMR del enlace AMA0019-AMA0020.

Asegurando la disponibilidad del enlace con respecto a los cambios climáticos sufrido en ambos puntos desde la modulación básica QPSK hasta 256QAM. En la **Figura 44** se muestra la opción AMR habilitado en la IDU Ipasolink400A. (Ver Anexo 11-12)

Figura 44
Configuración AMR en iPASOLINK 400

The screenshot shows the configuration interface for iPASOLINK 400A. The browser address bar shows the URL 172.17.254.253/cgi/lct.cgi. The interface includes a navigation menu with options like ODU, IDU, AUX I/O, TCN, and MAINT. The main content area is titled "AMR / Radio Mapping Configuration » Step3 Setting Confirmation Screen".

The configuration details are as follows:

- Reference:** XPIC GRP1 (MODEM) (Slot01/02), 1+0 XPIC
- AMR Operation:** AMR Mode
- AMR Range:** QPSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM, all set to "Used".
- Radio Mapping (E1 / STM-1 / ETH):**

Modem	QPSK	16QAM	32QAM	64QAM	128QAM	256QAM
0 [CH]	0 [CH]	62 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	62 [Mbps]	
125 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	125 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	125 [Mbps]
156 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	156 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	156 [Mbps]
187 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	187 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	187 [Mbps]
219 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	219 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	219 [Mbps]
251 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	251 [Mbps]	0 [CH]	0 [CH]	251 [Mbps]

The interface also includes a status bar at the bottom showing "Waiting for 172.17.254.253...", system icons, and the date/time "3:30 PM 6/18/2015".

Fuente: "Elaboración propia"

3.5 Costo del enlace AMA0019-AMA0020

En costo del radio enlace microonda es de S/.47,965.50; en la Tabla 16 se ve el detalle del radio enlace microonda, precios de los equipos y accesorios necesarios para poder realizar la implementación.

Tabla 16
Costo de enlace

Materiales	Ud.	A	B	Per link	Precio sin IGV	AMA0019-AMA0020
IDU NEC 400A						
Pasolink/SDH, STM-1 (2-ODU)	Ud.	1	1	2	S/. 3,428.33	S/.6,856.66
OMT Ipasolink 2 ODU	Ud.	2	2	4	S/. 3,186.38	S/.12,745.52
Abrazadera de cobre C25X35	Ud.	15	15	30	S/. 5.40	S/.162.00
Conector recto conexión ODU de NEC	Ud.	2	2	4	S/. 36.49	S/.145.96
Conector ángulo conexión IDU de NEC	Ud.	2	2	4	S/. 42.75	S/.171.00
NEO						
Kit instalación Microonda NEC	Kit	1	1	2	S/. 187.10	S/.374.20
Kit de puesta a tierra	Kit	2	2	4	S/. 67.67	S/.270.68
Cable de puesta a tierra Coaxial cable 5D-FB	M.	60	60	120	S/. 53.21	S/.6,385.20
Rosenberger	M.	140	140	280	S/. 5.25	S/.1,470.00
Power DC Cable para IDU	M.	10	10	20	S/. 27.79	S/.555.80
Head Core M16	M.	1	1	2	S/. 2.01	S/.4.02
ODU DH	Ud.	2		2	S/. 3,298.56	S/.6,597.12
ODU DL	Ud.		2	2	S/. 3,402.99	S/.6,805.98
Antena 0.6 m NEC	Ud.	1	1	2	S/. 1,940.39	S/.3,880.78
Poste de Montaje para antena 1.2	Ud.	1	1	2	S/. 692.78	S/.1,385.56
Jumper F.o LC-LC, 3m	Ud.	2	2	4	S/. 8.54	S/.34.16
Módulo 1.25G 10Km	Ud.	1	1	2	S/. 60.43	S/.120.86
					TOTAL	S/.47,965.50

Fuente: "Elaboración propia"

3.6 Prueba de capacidad

Una vez finalizado la configuración y obteniendo una nueva capacidad en el radio enlace microonda AMA0019 (Distrito de Valera) – AMA0020 (Distrito de San Jerónimo) de 728Mbps, se realiza dos pruebas de capacidad, prueba de saturación y de redundancia.

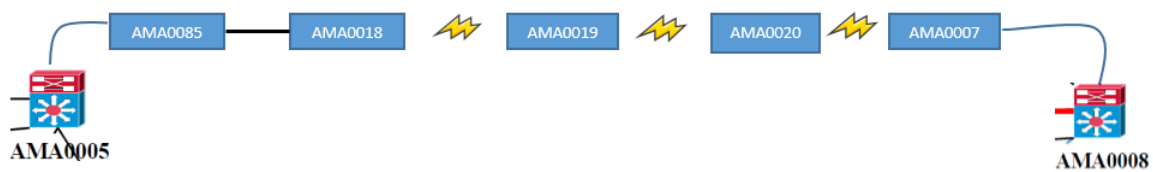
Prueba de saturación, la capacidad real que puede soportar el enlace microonda.

Prueba de redundancia, simular un corte de enlace por fibra o microonda de otros anillos y direccionar su tráfico por la ruta microonda instalado, la **Figura 45** muestra el anillo completo de la ruta realizada en el departamento de Amazonas.

Para el caso del enlace AMA0020-AMA0019 pertenece al total de 3 enlaces microonda entre los Contenedores AGG_AMA0005-AGG_AMA0008.

Figura 45

Topología del anillo AGG_AMA0005-AGG_AMA0008

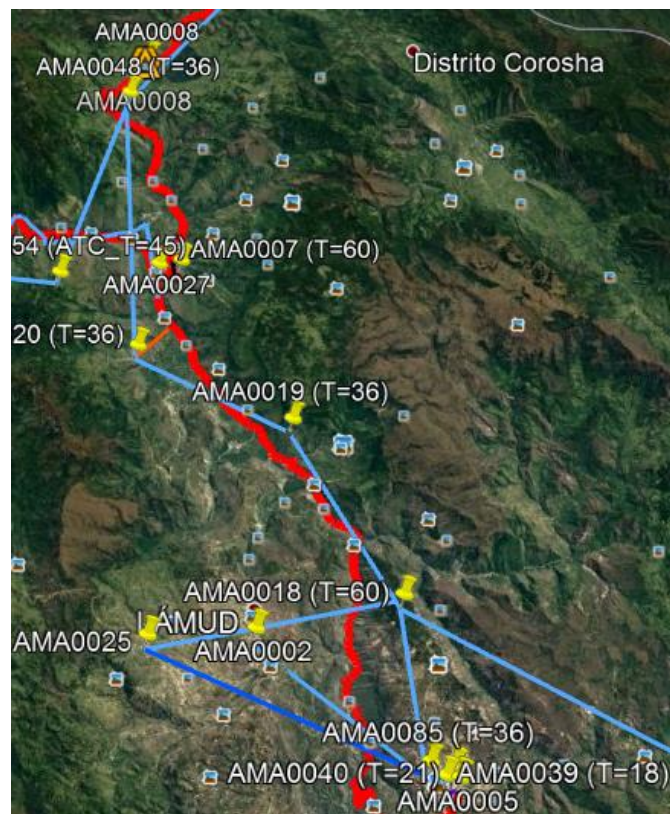


En la Figura 46 se muestra la ruta completa partiendo del agregador AMA005 y finalizando en el agregador AMA0008

Fuente: "Elaboración propia"

Figura 46

Geográfica del anillo AGG_AMA0005-AGG_AMA0008



Fuente: "Elaboración propia"

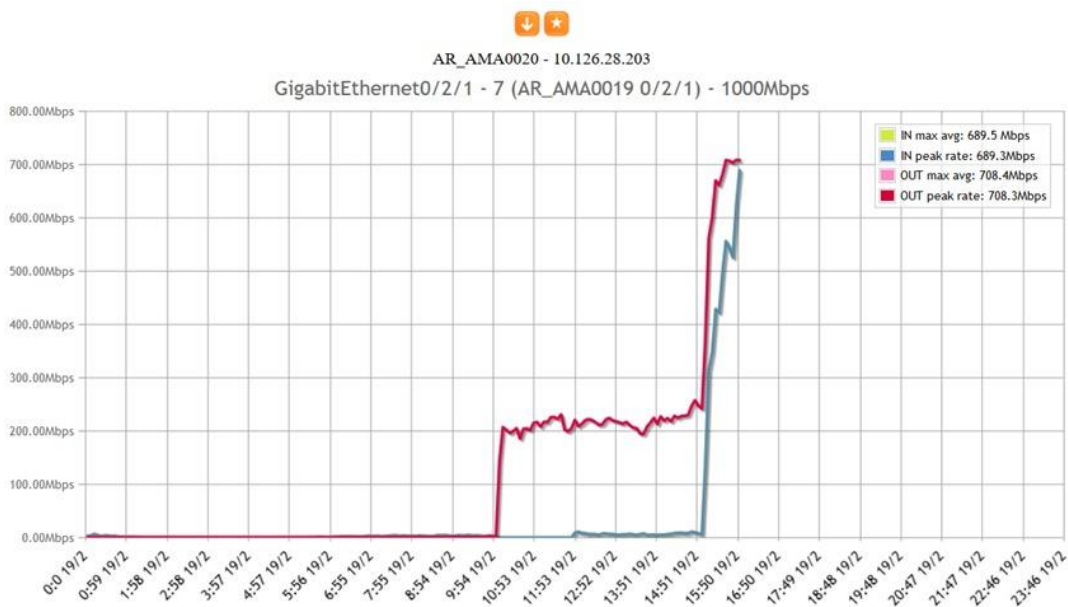
La Prueba se realizó de dos formas:

3.6.1 Prueba saturación

La prueba se realizó con el equipo adecuado, la capacidad disponible es de 728Mbps.

Se inyecta tráfico en el radio enlace microonda teniendo como resultado se muestra en la Figura 47 la línea de color rojo se visualiza la capacidad utilizada de 708Mbps del total 728Mbps, con esta prueba aseguramos la capacidad requerida para el radio enlace microonda.

Figura 47
Prueba por saturación

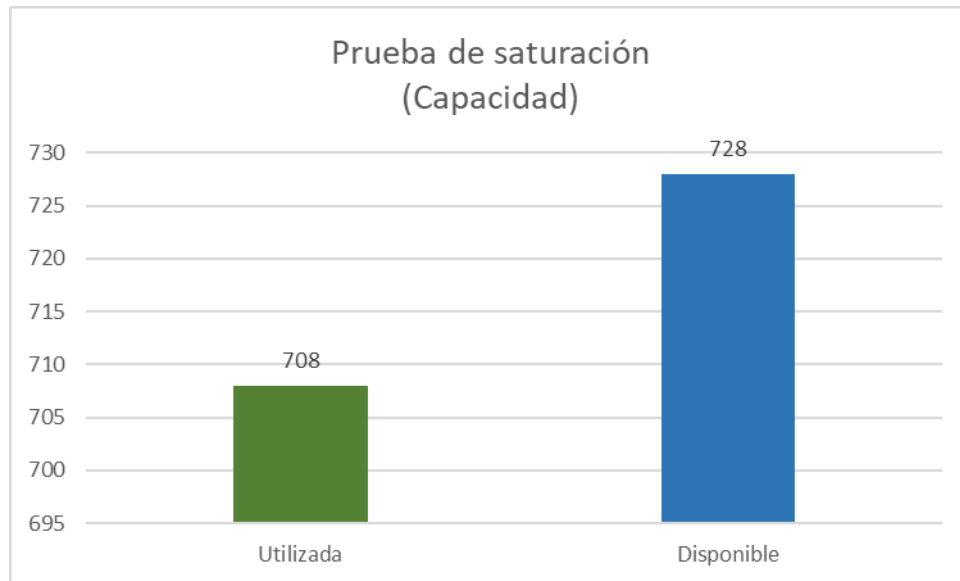


Fuente: "Elaboración propia"

En la Figura 48 se puede apreciar mejor donde se visualiza la capacidad disponible de enlace de color azul que es de 728Mbps vs la capacidad alcanzando por la prueba de saturación de 708Mbps de color verde.

Figura 48

Resultado de prueba de saturación, capacidad utilizada vs capacidad disponible



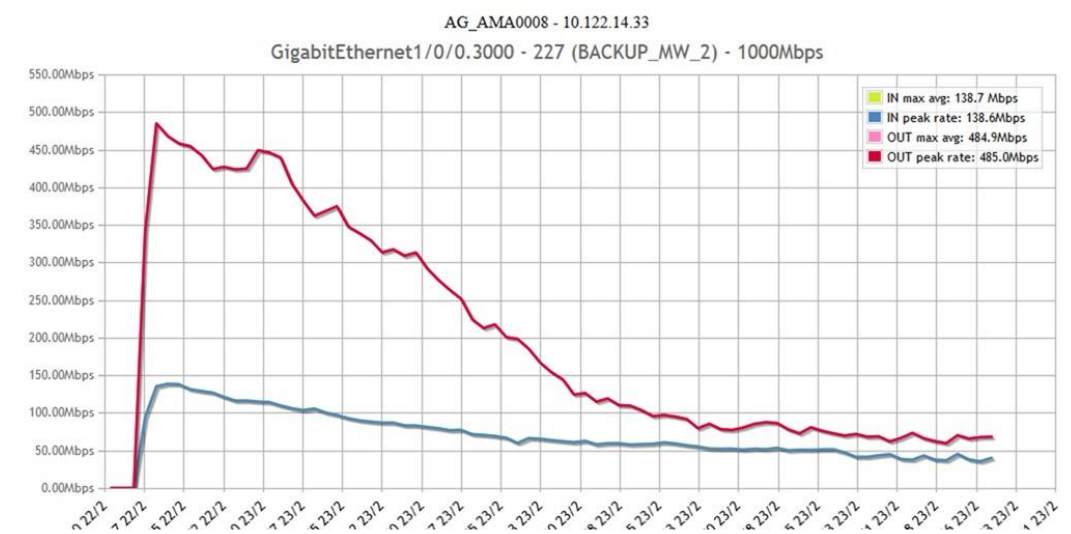
Fuente: "Elaboración propia"

3.6.2 Prueba por redundancia

Para este tipo de prueba, se realiza con tráfico real de otros enlaces alrededor, esto se puede realizar direccionando el tráfico real hacia el radio enlace microonda AMA0019 (Distrito de Valera) – AMA0020 (Distrito de San Jerónimo). El resultado de la prueba se visualiza en la Figura 49 donde el pico alcanzado de color rojo tiene de capacidad a 485Mbps del total 728Mbps configurado en el radio enlace microonda.

Figura 49

Prueba por redundancia

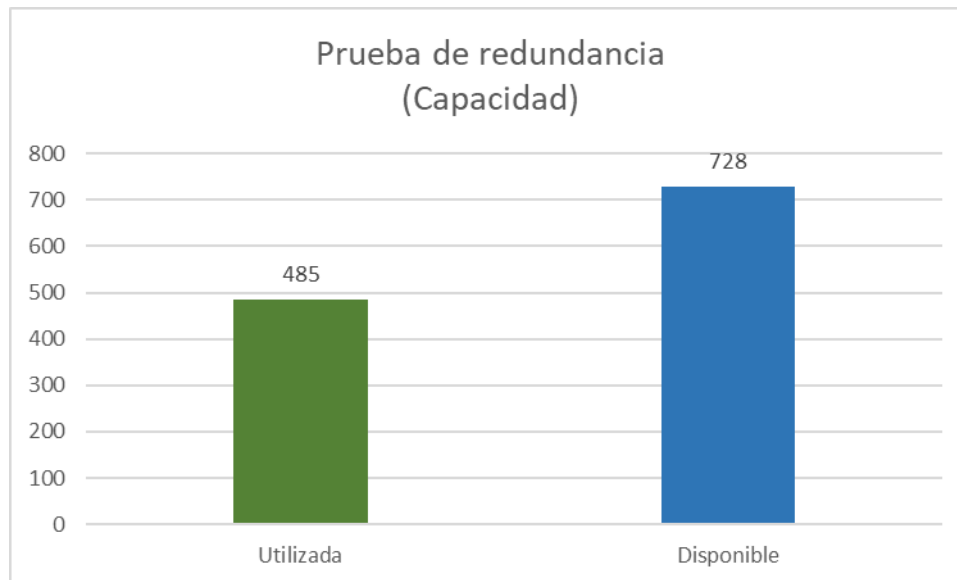


Fuente: "Elaboración propia"

De igual forma en la Figura 50 se puede apreciar mejor donde se visualiza la capacidad disponible de enlace de color azul que es de 728Mbps vs la capacidad alcanzando por la prueba de redundancia de 485Mbps de color verde.

Figura 50

Resultado de prueba de redundancia, capacidad utilizada vs capacidad disponible



Fuente: "Elaboración propia"

El resultado realizadas en el radio enlace microonda de ambas pruebas, saturación y redundancia resulto exitosa (ver Tabla 17), se validó la nueva capacidad (728Mbps) del radio enlace microonda.

Tabla 17

Prueba saturación y redundancia

Enlace	Resultado			
	Capacidad disponible	Prueba de	Capacidad utilizada	OK/NOK
Enlace a prueba AMA0019 (Distrito de Valera) – AMA0020 (Distrito de San Jerónimo)	728	Saturación	708	OK
		Redundancia	485	OK

Fuente: "Elaboración propia"

3.8 Resultado

3.8.1 Resultados esperados

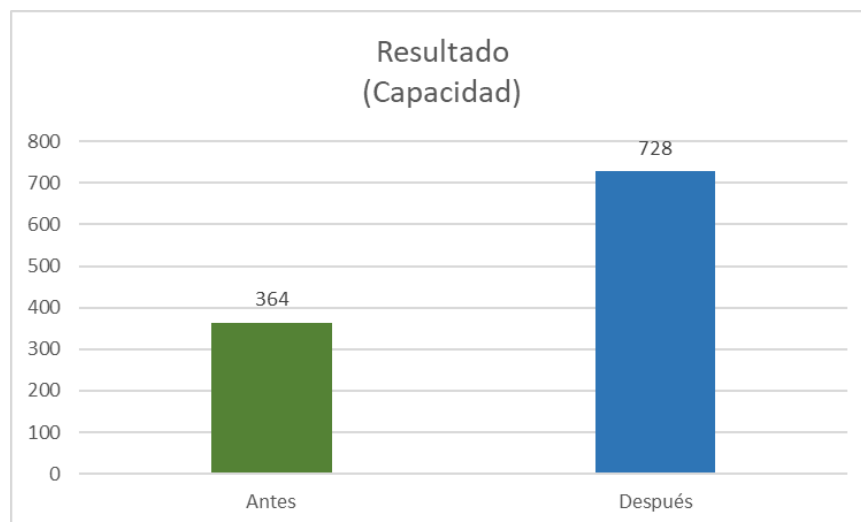
- Se logró diseñar un radioenlace de menor costo en comparación a realizar un despliegue fibra óptica debido a la irregularidad de la distancia a desplegar.
- Se logró aumentar la capacidad del enlace AMA0019 (Distrito de Valera)-AMA0020 (Distrito San Jerónimo), como resultado de las pruebas de saturación y redundancia, la capacidad disponible del nuevo radio enlace microonda es de 728Mbps.
- Se logró diseñar un enlace con la tecnología XPIC en base la diversidad de polarización, esta tecnología nos permite un mejor funcionamiento de la frecuencia.
- Se logró aumentar la disponibilidad del radioenlace mediante la tecnología de AMR, permite que la modulación se adapte de acuerdo a los cambios climáticos.

CONCLUSIÓN

- El diseño del radioenlace entre los distritos de Valera – San Jerónimo distritos de la región Amazonas permitió optimizar la capacidad del radioenlace a un costo bajo y un tiempo corto de instalación, esto es un punto clave a nivel competitivo.
- La implementación del radio enlace significo un aumento de capacidad como se muestra en la Figura 51 donde se aprecia la capacidad anterior del enlace fue de 364Mbps de color verde, el actual radio enlace microonda es de 728Mbps de color azul, obteniendo el doble de capacidad respecto al enlace reemplazado, teniendo como garantía las pruebas realizadas de saturación y redundancia, esto permite la expansión en la red Bitel.

Figura 51

Capacidad del enlace microondas antes vs después



Fuente: “Elaboración propia”

- La tecnología XPIC presenta un mejor reusó de la frecuencia permitiendo trabajar una frecuencia en polaridad vertical y horizontal, el equipo Ipasolink400A y la tecnología 1+0 XPIC tiene la compatibilidad de aumentar la capacidad requiriendo solo de comprar licencia a una modulación mayor a la actual (256QAM).
- La tecnología AMR permite trabajar al radio enlace a una modulación adaptativa (QPSK-256QAM) para contrarrestar los efectos de cambios climáticos de esta forma no se verá afectado la disponibilidad del radioenlace.

RECOMENDACIONES

- Debido a la zona geográfica es muy difícil el acceso para el despliegue de fibra óptica, mi recomendación sería aumentar la capacidad a 1024 Mbps esto se realiza comprando la tarjeta y agregando 2 odus más al enlace en cuanto a licencia de la capacidad en la marca NEC una vez comprado la tarjeta esta entrega con la licencia.
- Se recomienda también realizar prueba de capacidad cada mes a fin que el anillo implementado por microonda este correctamente funcionando. Verificar el funcionamiento de las odus antes de realizar la prueba de capacidad, ya que estos se ven afectado al ponchado del conector del cable RF entre la IDU y ODU.
- Realizar mantenimiento de las torres cambiando los templadores, limpieza de la antena con fin de que por falla de los templadores y limpieza de la antena la Rx este ya no sea la misma con respecto al diseño realizado esto generaría perdidas de paquetes en el enlace y se reflejaría en la constante recepción de la señal tanto voz y datos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Clemente, M. (2013). Modulación adaptativa y diversidad en canales de comunicaciones acústicas subacuáticas. UMA, España. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10630/5802>
2. Collantes, E. C. (2016). **Diseño y configuración de un radioenlace digital para un servicio de emergencia**. UPV, España Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10251/80439>
3. Flores, M. A., Hernández, M. A. y Martínez W. (2007). **Diseño de un enlace de microondas dedicado entre las radios base de Acajete, Cuacnopala, Esperanza y una central en Puebla**. IPN, México. Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/464>
4. Leal, A. A. (2005). **Estudio de radioenlace para red celular de Ericsson**. TEC, Costa Rica. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/2238/178>
5. Lopez, J. L. (2013). **Dimensionamiento de un enlace microonda en la banda 15 Ghz y un problema de Ducto Atmosférico**. IPN, Mexico. recuperado de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12762>
6. Martin, J. C. (2010). **Infraestructuras comunes de telecomunicaciones en viviendas y edificios**. EDITEX, España. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=Kfln72XLYqgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
7. Miguel, Hernández y Martínez (2007). **Diseño de un enlace de Microondas dedicado entre las radios bases de Acajete, Cuacnopala, Esperanza y una central en Puebla**. IPN, México. Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/464/TESISFLORESMERCSDO.pdf>
8. Moscoso, M. R. (2015). **Diseño de una red de área local mediante tecnología power line communication indoor que permita la distribución de Internet en un edificio habitacional ubicado en el distrito de villa el salvador**. UNTELS, Lima. Recuperado de: <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/111>
9. Muñoz, V. H. y Soto J. G.) **“Diseño de una plataforma de telecomunicaciones para un entorno rural”**. URP, Lima. Recuperado de: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/59>


10. MTC. (2016). **Disposiciones de Radiocanales (canalizaciones) para los Servicios de Telecomunicaciones (1ra. y 2a. Parte)**. MTC, Lima. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3791.pdf
11. Pineda, J. C. (2014). **Diseño de un enlace microondas para los servicios de voz y datos procedimiento de instalación, configuración y puesta en marcha**. IPN, México. Recuperado de: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21519>
12. Rodríguez, M. A. y Achahue, E. M. (2015). **Aplicación de la tecnología XPIC como mejora de un red de transporte microondas existente en el Perú**. URP, Lima. Recuperado de: <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/URP/2134>
13. Vela, P. A. (2015). **Estudio y diseño de un radio enlace para transmisión de datos, e Internet en Frecuencia libre para la Cooperativa Indígena Alfa y Omega utilizando equipos Airmax de Ubiquiti**. EPN, Ecuador. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10776>
14. Wayne, T (2003). **Sistema de comunicaciones electrónicas**. México. Recuperado de: <http://fernandoarciniega.com/books/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion.pdf>


ANEXOS

Anexo 1 Modelos Nec

iPASOLINK Series


iPASOLINK is a modular network element that integrates a comprehensive set of TDM cross connect switching, packet switching and microwave / optical features, resulting in reduced costs and a long investments lifetime. The following iPASOLINK series cover mobile backhaul requirements all the way from the access tail links through to the metro aggregation network.






iPASOLINK 100E

- ✓ Ultra Compact
- ✓ All IP
- ✓ Pay as you grow architecture
- ✓ Natural Cooling




iPASOLINK 100

- ✓ No Radio Redundancy
- ✓ Compact design




iPASOLINK 200

- ✓ up to 2-way radio
- ✓ Redundancy
- ✓ Compact design




iPASOLINK 1000

- ✓ 12-way Nodal
- ✓ Redundancy
- ✓ 14 Universal Slots
- ✓ High Speed INTF
- ✓ SDH and All IP with CWDM



iPASOLINK 400

- ✓ 4-way Nodal
- ✓ Redundancy
- ✓ Four universal Slots
- ✓ Pay as you grow architecture



iPASOLINK 400A

- ✓ up to 4-way radio
- ✓ Two Universal Slots
- ✓ Redundancy
- ✓ Low cost Compact design


MWS-E0013E-01
Confidential

2015-04-24 Viettel

iPASOLINK Series
Introduction 1

Anexo 2 Especificaciones modelo iPasolink400A

FEATURES-2



INTERFACES – 400A

- 4 x 10/100/1000 Base-T(X), 2 x 1000 Base –SX/LX SFP (Main Board)
- 16 x E1 main board and 16E1 card (Universal slot)
- 2xSTM-1 optical /electrical (Universal slot)
- 2 x 10/100/1000 Base-T(X), 2 x 1000 Base –SX/LX SFP (Universal slot)
- MSE (Multi Service Engine) 64X E1 PWE card (Universal slot)
- Two front mounted universal slots are available for Modems and INTFC Cards

INTERFACES -1000

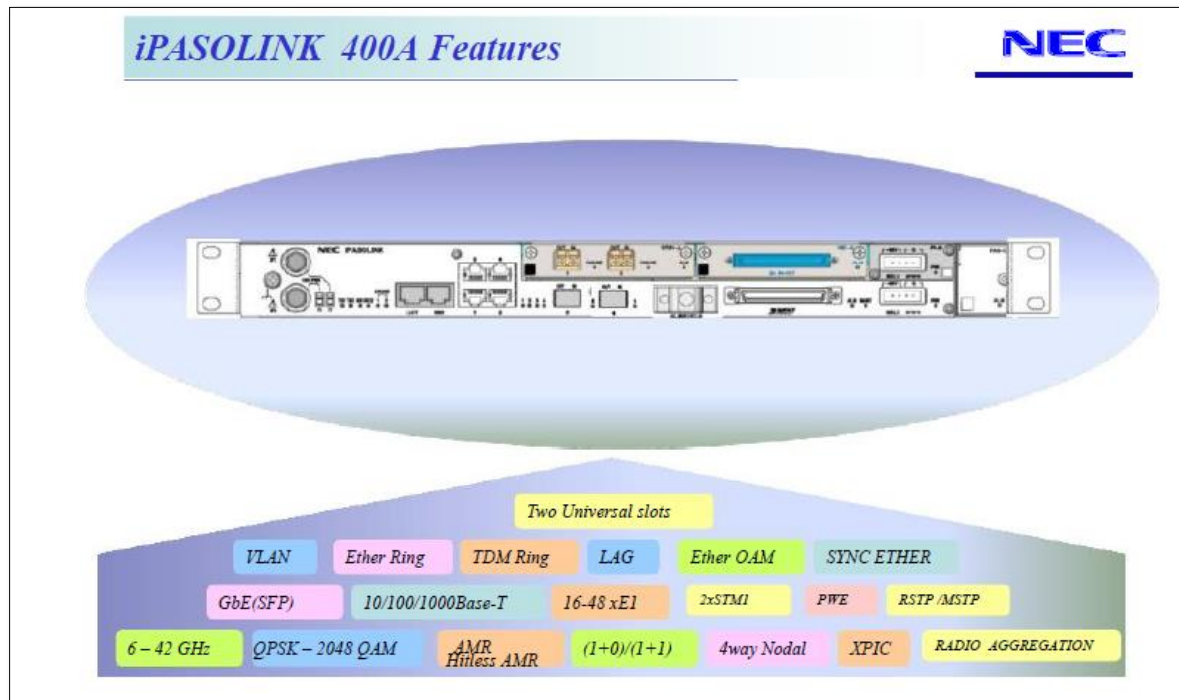
- 2 x 10/100/1000 Base-T(X), 2 x 1000 Base –SX/LX SFP (Main Board)
- 16 x E1 card (Universal slot)
- 2xSTM-1 optical /electrical (Universal slot)
- 2 x 10/100/1000 Base-T(X), 2 x 1000 Base –SX/LX SFP (Universal slot) (2 Cards)
- 10 GbE (Universal slot)*
- CWDM High speed interface
- MSE (Multi Service Engine) 64X E1 PWE card (Universal slot) (2 Cards)
SAToP (RFC4553)
- Auxiliary Card (HK, EOW B-B, NE2 etc.)
- Redundant Main card (TDM/L2 Switch matrix with CPU)
- Fourteen front mounted universal slots are available for Modems and option interface cards

MWS-E0013E-01
Confidential

2015-04-24 Viettel

iPASOLINK Series
Introduction 6

Anexo 3 Característica iPasolink400A



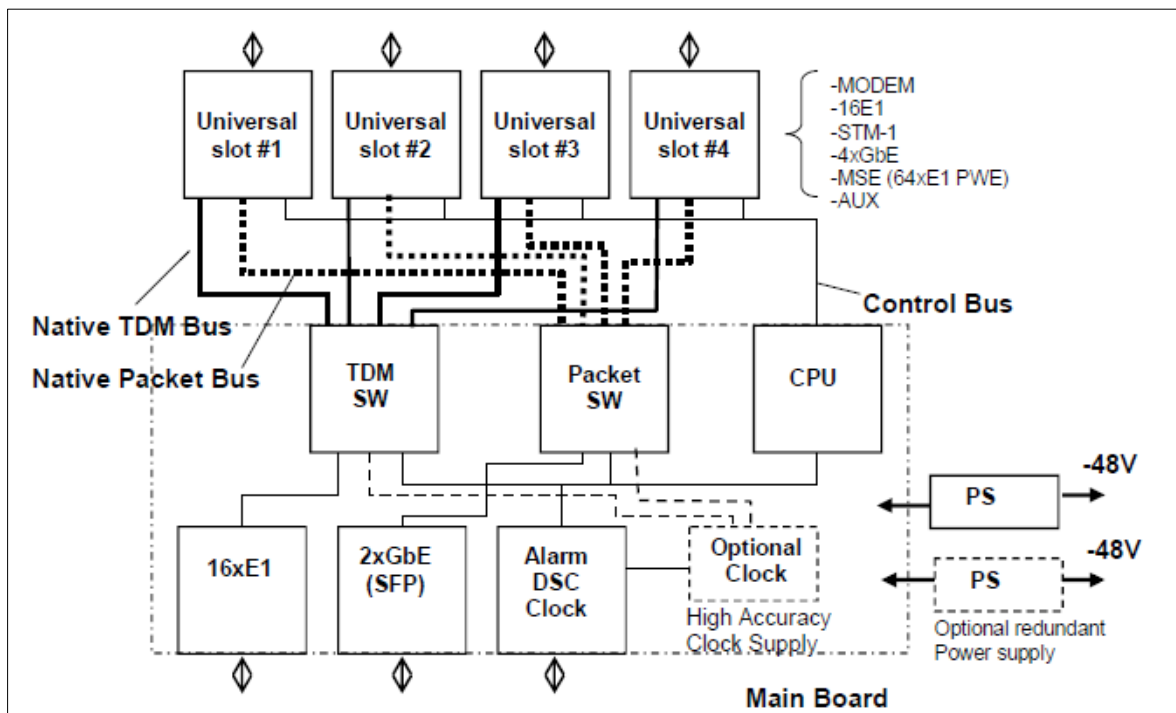
Anexo 4 Especificaciones IDU

NO	Item	IDU		
1	Environmental condition*	Operation:-5 to +50 deg.C (ETSI EN300019-1-3 class 3.1E), Humidity: 95% (at 50 deg.C, No condensing) (Workable: -10 to +55 deg.C) Transportation ETSI EN300019-1-2 class 2.3 Storage ETSI EN300019-1-1 class 1.2		
	Power consumption	Power consumption	Dimension (W x H x Dmm)	Weight
2	Main card	40 W	300x22x220	0.8 kg
3	Fan unit	5 W	30x44x220	0.5 kg
4-1	MODEM-A (ODU Interface)	14 W	100x22x220	0.4 kg
4-2	MODEM-EA (ODU Interface)	17 W	100x22x220	0.4 kg
5	16xE1 Interface	8 W	100x22x220	0.4 kg
6	STM-1 Interface	8 W	100x22x220	0.4 kg
7	4xGbE(2xSFP+2xRJ-45)	8 W	100x22x220	0.4 kg
8	Multi service engine for PWE	10 W	100x22x220	0.4 kg
9	External clock board	3 W	40x10x220	0.1 kg
10	AUX	3 W	100x22x220	0.4 kg
11	Power Supply	-	50x22x220	0.4 kg
12	PTP for 1588v2	10 W	100x22x220	0.4 kg
13	Chassis	-	44x482x240	0.8 kg
	Mechanical Dimensions			
14	IDU Size	482(W)x44(H)x240(D) mm, 6kg Approx.		
15	EMC	Conforms to EN301489-4		
16	Safety	Conforms to EN60950-1		

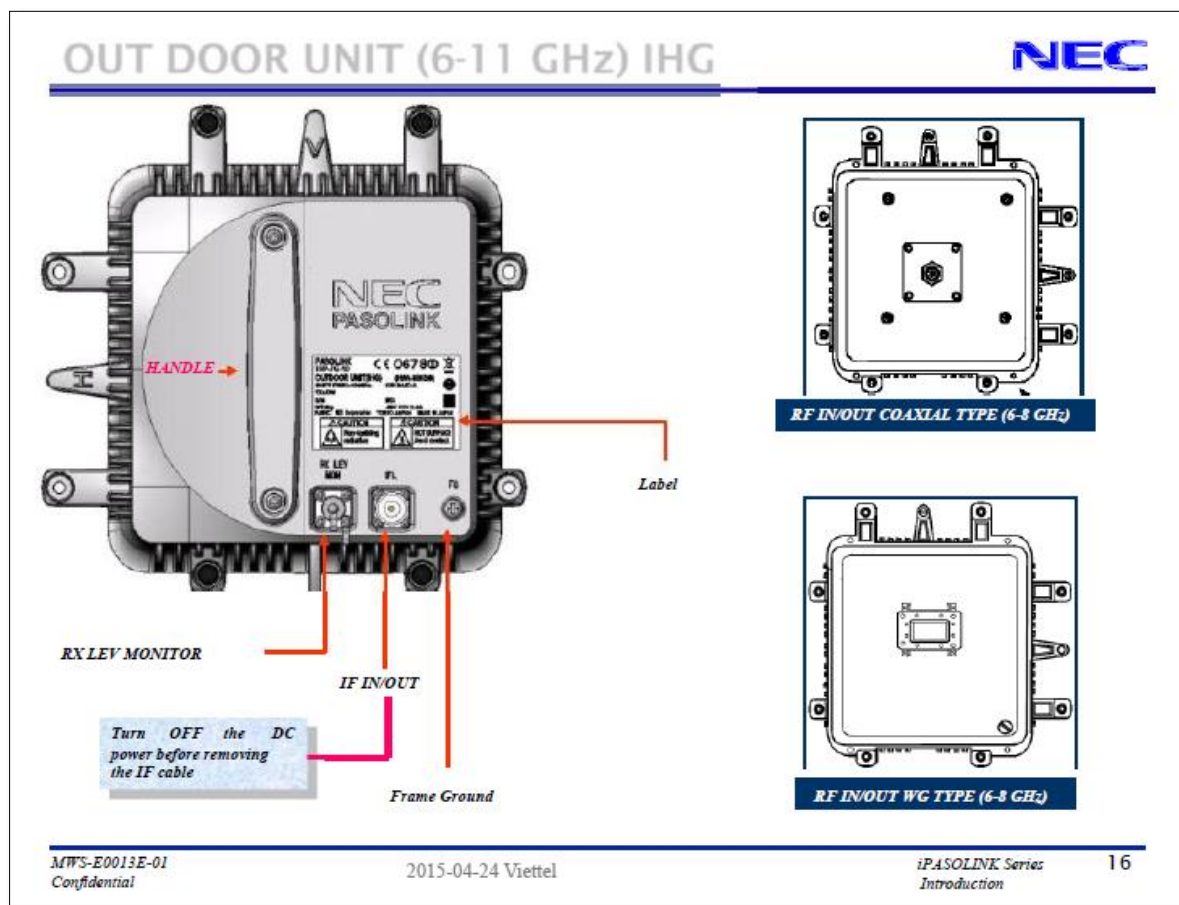
Anexo 5 Rendimiento IDU iPASOLINK

NO	Item	IDU					
1	Transmission Capacity** and Channel Spacing (Mbps)	Channel Space	7 MHz	14 MHz (13.75MHz)*	28 MHz (27.5 MHz)*	40 MHz	56 MHz (55MHz)*
		QPSK	13	27	56	78	113
		16QAM	26	55	113	156	227
		32QAM	33	69	141	198	284
		64QAM	40	83	170	235	341
		128QAM	47	98	198	274	398
		256 QAM	53	111	227	314	456
		512 QAM	60	124	254	351	510
		1024 QAM	67	137	279	388	559
2048 QAM	-	152	309	428	620		
*:Channel separation at 18GHz band, ** Physical layer maximum throughput at 64 bytes VLAN tagged packet size, -: Not available							
2	Main Signal Interface	E1	16 x E1 (G.703) MDR88 connector (option : up to total 64x E1 available with additional card)				
		LAN	2 x 10/100 Base-T(X) RJ45 connector (option : up to 10/100/1000Base-T available) 2 x 1000Base-SX or LX with optional SFP modules (connector type : LC)				
		STM-1	1 or 2 x STM-1 (S-1.1, L-1.1 or STM-1e) with optional card, Connector type: LC(S-1.1, L-1.1) / DIN 1.0/2.3 (STM-1e)				
3	Interconnecting Connector, Cable impedance and Cable length (IDU-ODU)	Connector type : TNC female Cable length: Nominal 300 m maximum with 8D-FB-E or equivalent performance cable					
4	Power Line Requirement	-48 VDC (-40.5 to -57 VDC) , Conforms to EN300 132-2					
Function outline							
5	Native IP and Native TDM	MODEM has both native IP and Native TDM signal processing circuit					
6	Adaptive modulation (AMR)	QPSK/ 16/ 32/ 64/ 128/ 256/ 512/ 1024 /2048 QAM :9 modulation schemes changeable					
7	Radio protection method	1+1 HS/HS, HS/SD, FD (HS: Hot Stand by, SD: Space Diversity, FD: Frequency Diversity)					
8	E1 Ring protection	E1 SNCP support					
9	ETH functions	Switching Capacity	40Gbps (non-blocking)				
		MAC Learning Table	Independent VLAN Learning(VLAN + MAC), Up to 32K (configurable)				
		VLAN	802.1Q Port based, Tag based, Tunnel, 802.1ad Port based, Tag based, Selective, Up to 4094 VLAN per equipment, MEF 9 Certified EPL, EVPL and ELAN services support with L2CP Tunneling function				
		Jumbo Frame	Support (Up to 9600 byte)				
		QoS	Ingress	MEF/RFC4115 compliant policing (CIR/EIR/CBS/EBS) QoS Class Classification: VLAN CoS/IPv4 DSCP/IPv6 DSCP/MPLS EXP/ETH Port, VLAN ID			
			Egress	4/8 Classes SP/D-WRR queues - per-class rate configurable shaping - per-class configurable maximum burst length - shaping for strict priority queue			
				Hierarchical shaping (Port and Class) WRED congestion avoidance and Weighted Tail Drop			
		ETH OAM	802.1ag Service OAM (CC/LB/LT), Y.1731 Performance Monitoring (LM/DM)				
		Protection	STP/RSTP, G.8032v2 ERPS				
		Link Aggregation	Radio Link Aggregation, 802.1AX, 1:1 LACP redundancy				
		SyncE	Support				
		TDM PWE	RFC4553 SAToP (MEF8)				
Other	Link Loss Forwarding, Mirroring, Broadcast Storm Control, L2 Filter, Port Isolation						
10	XPIC(CDDP) function support	QPSK to 2048QAM (MODEM-EA at CS 7/14/40/28/56MHz) QPSK-256QAM (MODEM-A at CS 7/14/28/40/56 MHz), 512QAM (MODEM-A at CS25/40/56MHz)					
11	AMR, 1+1 and XPIC combination	AMR and 1+1, AMR and XPIC combination available					
12	DXC (E1 cross connect) capacity	Up to 168 x 168 E1 non blocking					
13	External clock interface (option)	2.048 MHz or 2.048 Mbps external clock input /output, 75 or 120 orms selectable, D-sup 44 ways conncor					

Anexo 6 IDU Diagrama de Bloque



Anexo 7 ODU



Anexo 8 Especificación ODU

ODU and system performance



9. ODU (OUTDOOR UNIT) AND SYSTEM PERFORMANCE

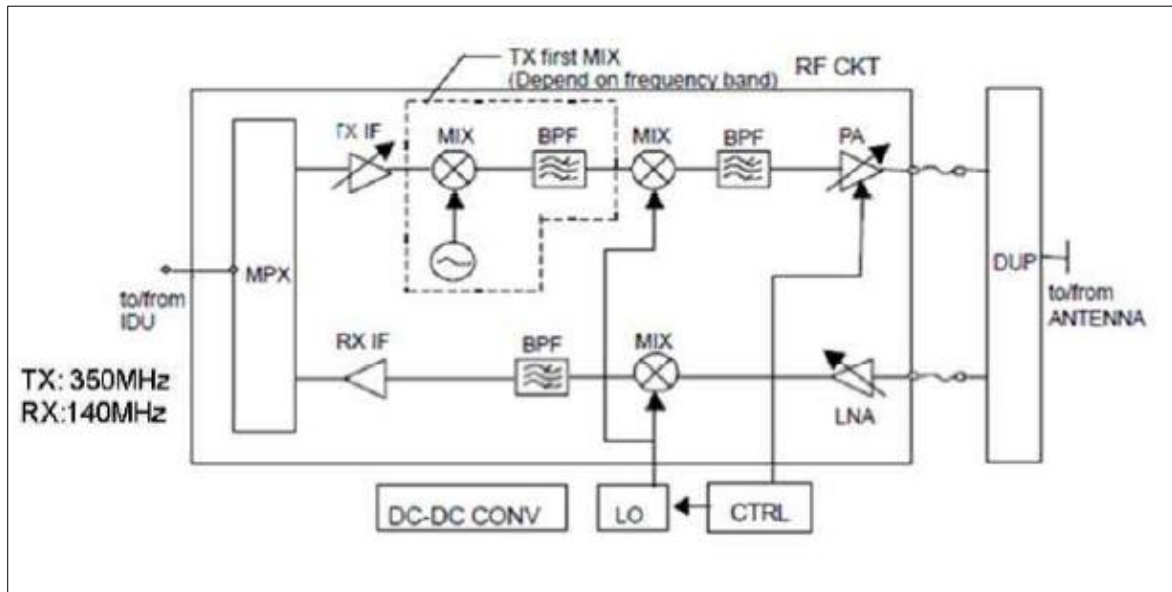
9.1 General

Item	ODU		
Environmental condition	Operation:-33 to +50 deg.C (ETSI EN300019-1-4 class 4.1), Humidity: 100% (IP66) (Workable: -40 to +55 deg.C) Transportation ETSI EN300019-1-2 class 2.3 Storage ETSI 300019-1-1 class 1.2		
ODU type	IHG	IAG	IAP (High power type)
Power consumption	1+0		
6 - 11 GHz	24 ^{TI} - 30 W	24 ^{TI} - 30 W	28 ^{TI} - 45 W
13 - 23 GHz	19 ^{TI} - 23 W	19 ^{TI} - 23 W	-
26 - 42 GHz	21 ^{TI} - 25 W	21 ^{TI} - 25 W	-
	1+1 Hot standby or Space diversity		
6 - 11 GHz	39 ^{TI} - 45 W	39 ^{TI} - 44 W	42 ^{TI} - 59 W
13 - 23 GHz	34 ^{TI} - 38 W	33 ^{TI} - 37 W	-
26 - 42 GHz	36 ^{TI} - 40 W	35 ^{TI} - 39 W	-
	1+1 Frequency diversity (Twin Path)		
6 - 11 GHz	48 ^{TI} - 60 W	48 ^{TI} - 60 W	56 ^{TI} - 90 W
13 - 23 GHz	38 ^{TI} - 46 W	38 ^{TI} - 46 W	-
26 - 42 GHz	42 ^{TI} - 50 W	42 ^{TI} - 50 W	-
Mechanical Dimensions	1+0		
6 - 11 GHz	237(W)x237(H)x101(D): Approx.3.5 kg	240(W)x246(H)x80(D): Approx.3 kg	240(W)x246(H)x80(D): Approx.3 kg
13 - 23 GHz	239(W)x247q(H)x68(D): Approx.3 kg	130(W)x130(H)x71(D): Approx1.2 kg ¹³	-
26 - 38 GHz	239(W)x247q(H)x68(D): Approx.3 kg	130(W)x130(H)x71(D): Approx1.2 kg ¹³	-
42 GHz	239(W)x247q(H)x68(D): Approx.3 kg	239(W)x247q(H)x68(D): Approx.3 kg	-
	1+1 => Double ODU		
EMC	Conforms to EN301 489-4		
Safety	Conforms to EN60950-1		

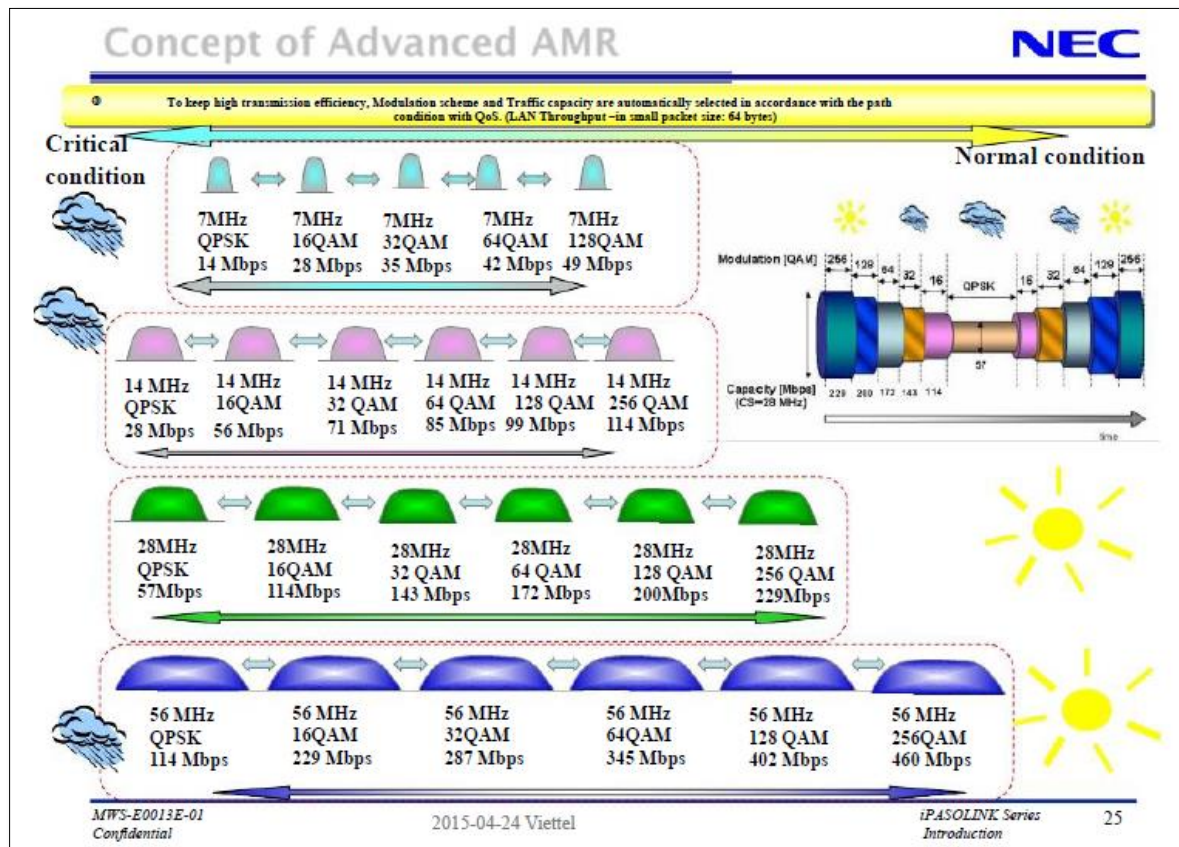
Anexo 9 Rendimiento ODU IAP CS 56Mhz

Frequency Band (GHz)		6	7-8	10-11	13	15	18	23	26	28	32	38	42	Guaranteed
Output Power (dBm nominal) (Measured at Ant. port)	QPSK	34	34	30										± 2.0 dB
	16QAM	31	31	26										
	32QAM	31	31	25										
	64QAM	30	30	25										
	128QAM	30	30	25										
	256QAM	30	30	24										
	512QAM	27	27	22										
	1024QAM	26	26	21										
	2048QAM	26	26	21										
Minimum Output Power (dBm)		-1	-1	-5										
Power Control (1dB step)		Output Power to Minimum Output Power												± 1.0 dB
ATPC (1dB step)		Output Power to Minimum Output Power												-
Frequency Stability		± 6 ppm												± 10 ppm
Threshold Level (dBm BER = 10 ⁻⁶) (Measured at Ant. port)	QPSK	-84.5	-84.5	-84										+ 3.0 dB
	16QAM	-78	-78	-77.5										
	32QAM	-75	-75	-74.5										
	64QAM	-72	-72	-71.5										
	128QAM	-69	-69	-68.5										
	256QAM	-66	-66	-65.5										
	512QAM	-63	-63	-62.5										
	1024QAM	-59	-59	-58.5										
	2048QAM	-55	-55	-54.5										
BER = 10 ⁻³		Above value -1.0dB												
System Gain (dB BER = 10 ⁻⁶) (Measured at Ant. port)	QPSK	118.5	118.5	114										- 3.5 dB
	16QAM	109	109	103.5										
	32QAM	106	106	99.5										
	64QAM	102	102	96.5										
	128QAM	99	99	93.5										
	256QAM	96	96	89.5										
	512QAM	90	90	84.5										
	1024QAM	85	85	79.5										
	2048QAM	81	81	75.5										
BER = 10 ⁻³		Above value +1.0dB												
Maximum Input Level		-20 dBm for the BER less than 10 ⁻³												-
Residual BER		Less than 10 ⁻¹² at RSL = -30 to (Threshold Level (BER=10 ⁻⁶) + 5) dBm												-

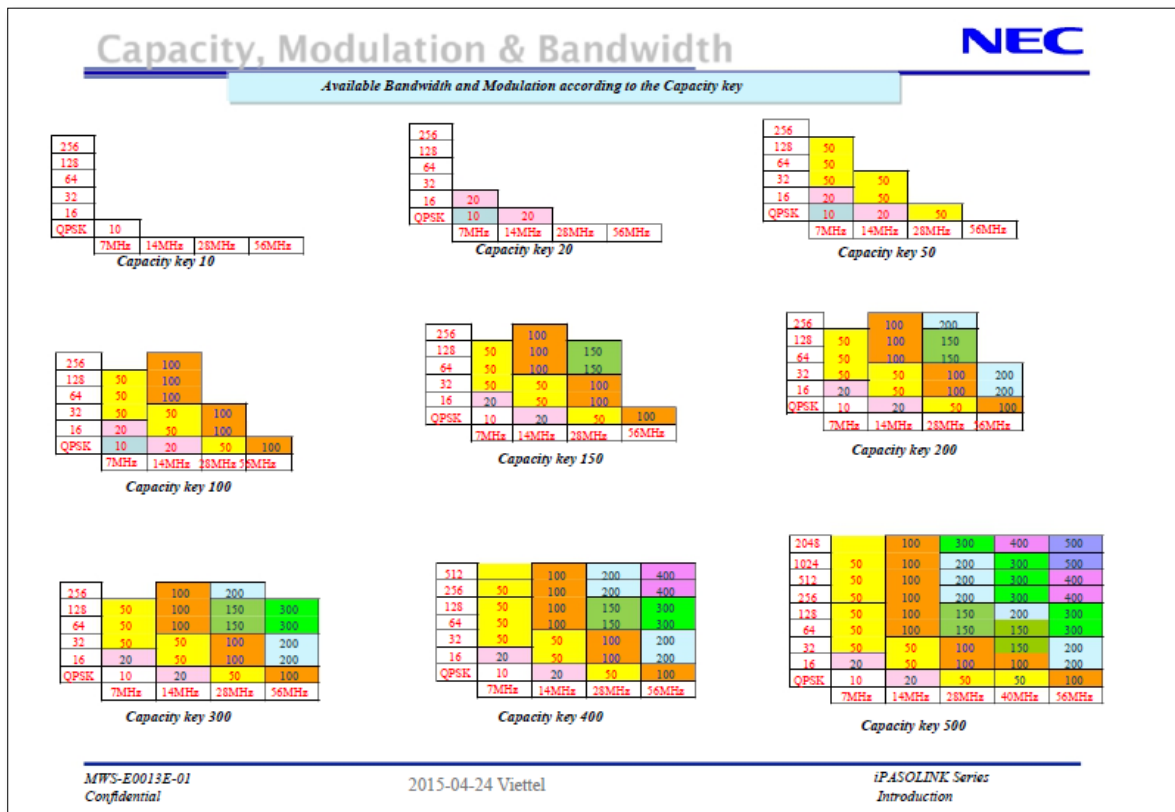
Anexo 10 ODU, Diagrama de Bloque



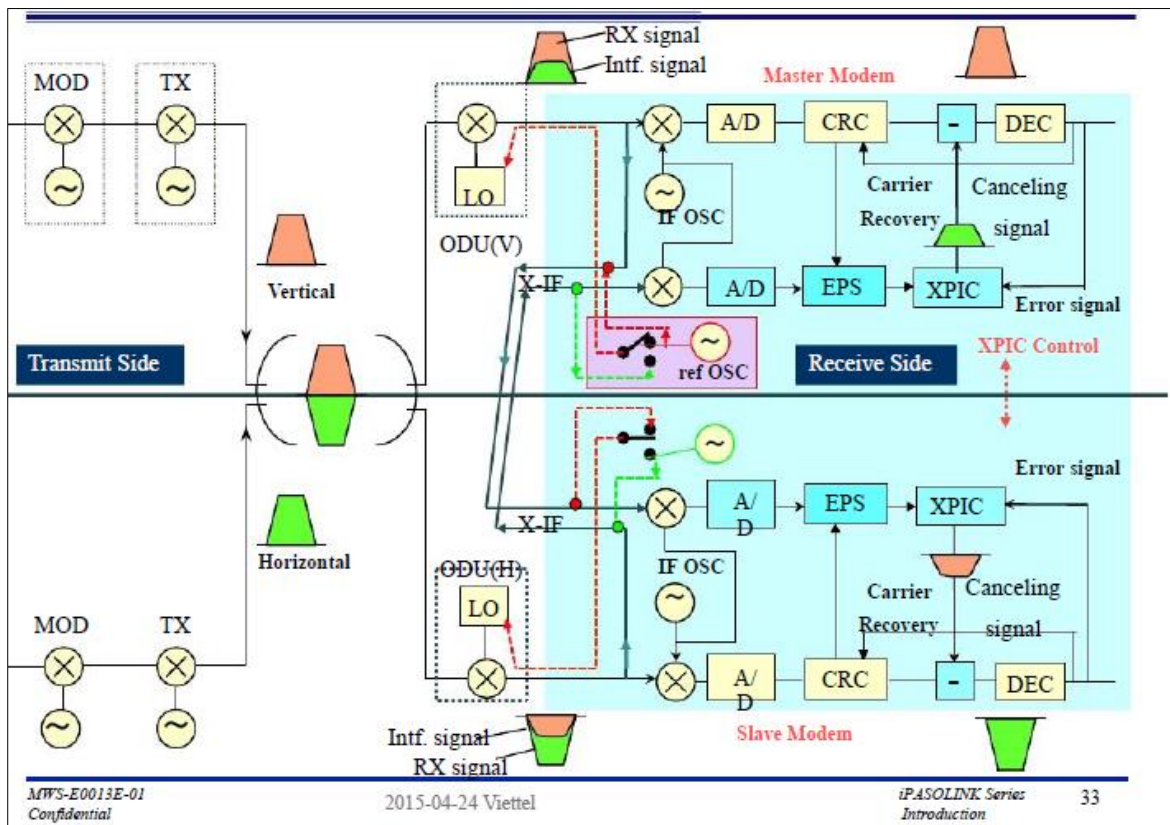
Anexo 11 Concepto de AMR



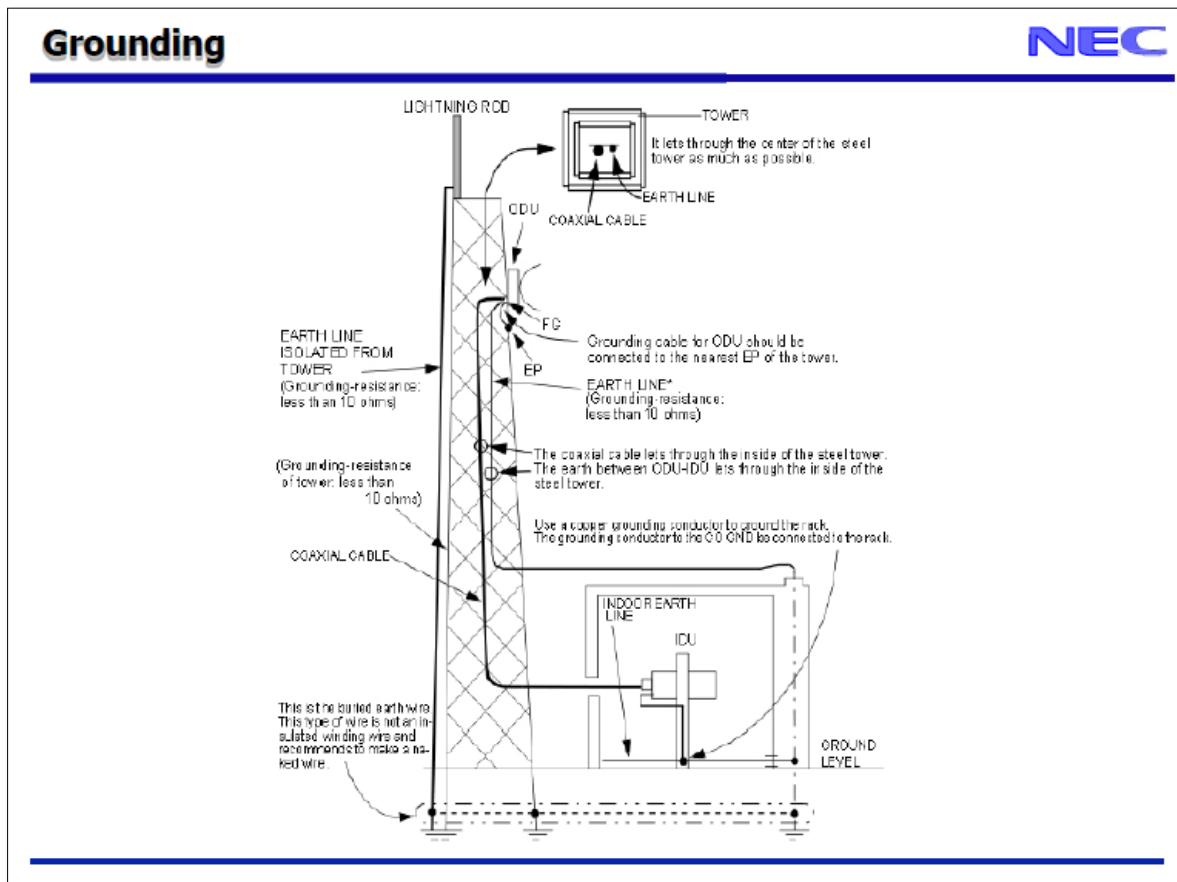
Anexo 12 Capacidad, modulación y ancho de banda



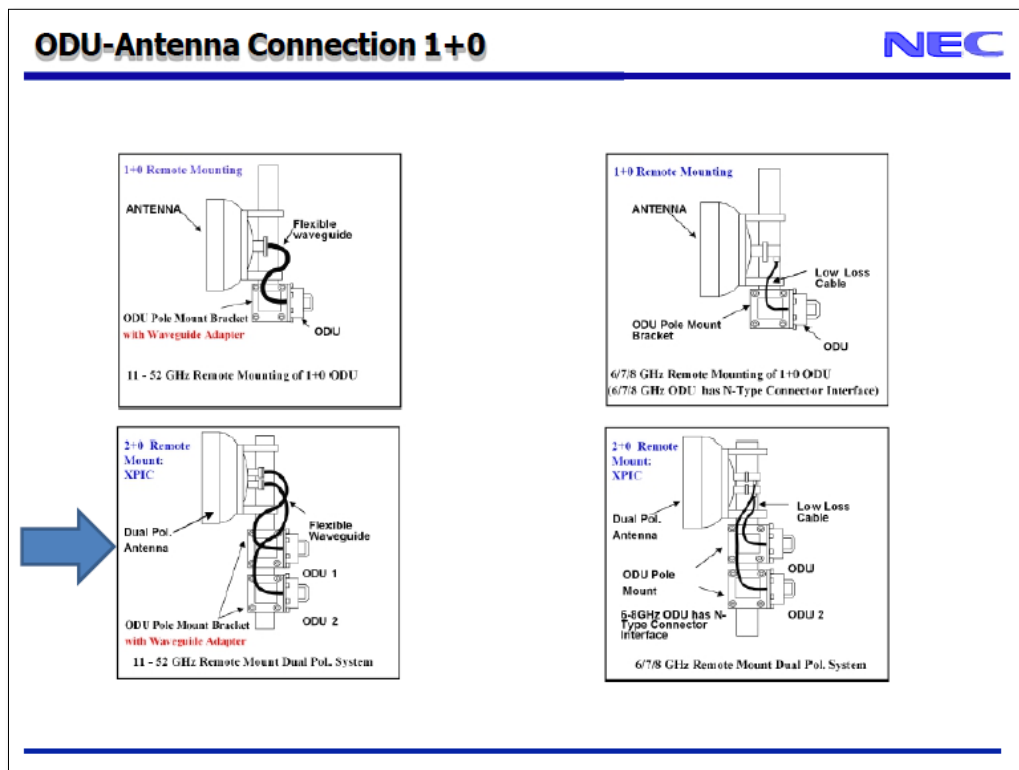
Anexo 13 XPIC Configuración, Diagrama de Bloque



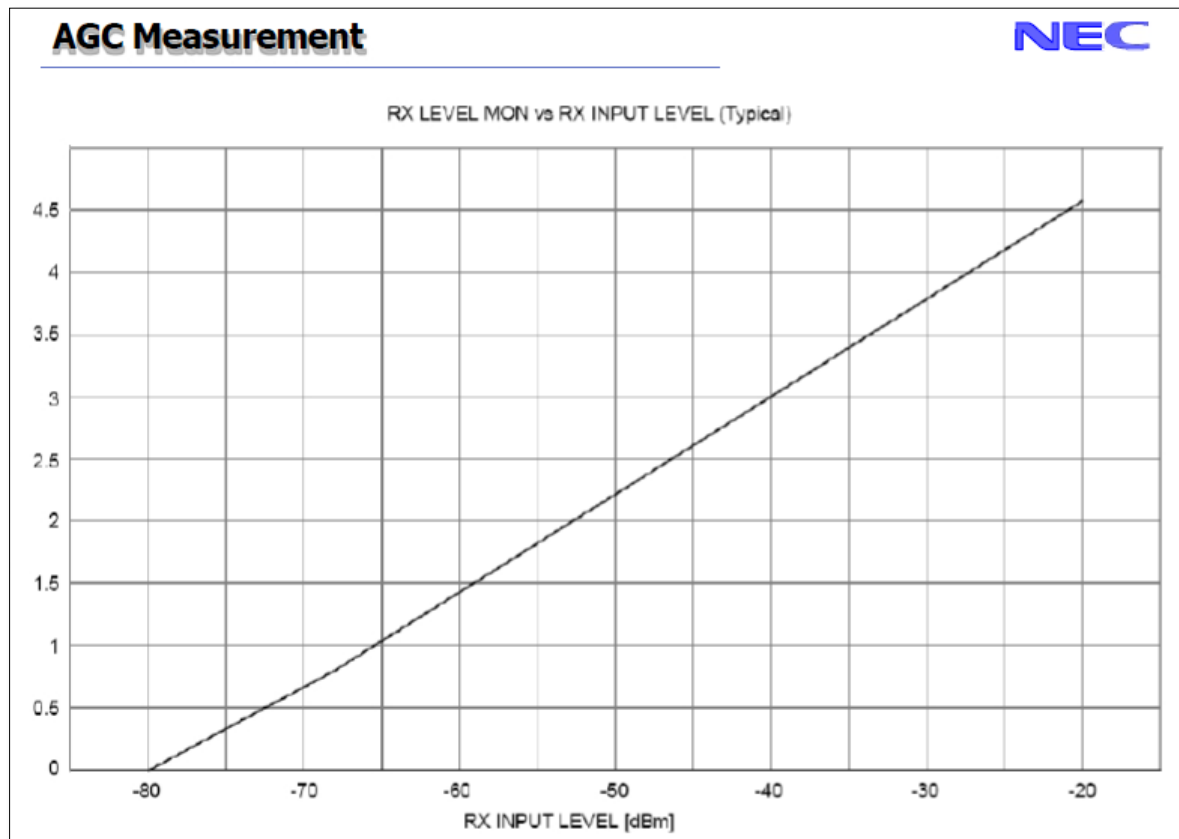
Anexo 14 Cable de tierra y RF



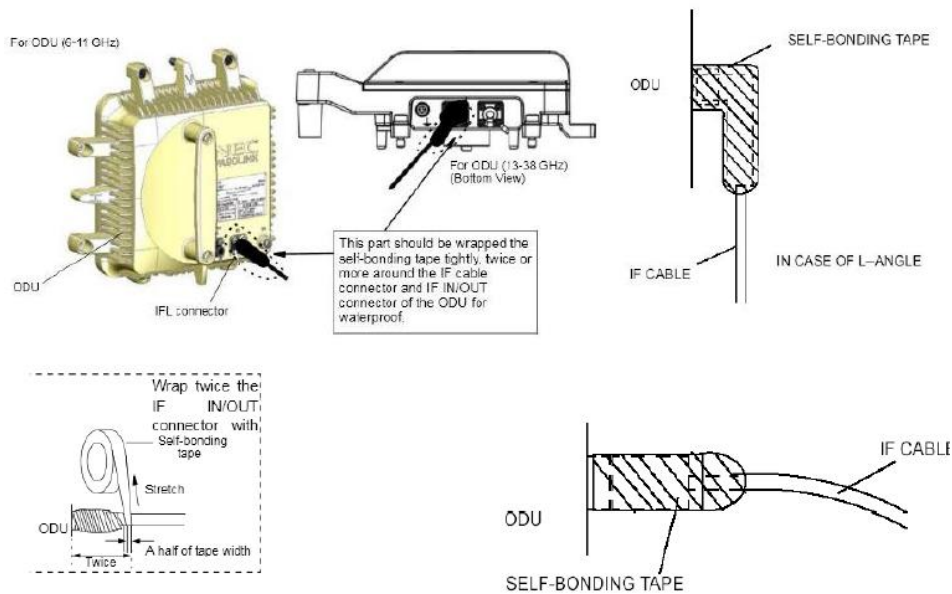
Anexo 15 Conexión de ODU a la antena



Anexo 16 Relación de nivel de Rx con V



Anexo 17 Impermeabilidad conexión ODU



Anexo 18 Antena VHLPX2-7W/C

VHLPX2-7W/C



0.6 m | 2 ft ValuLine® High Performance Low Profile Antenna, dual-polarized, 7.100–8.500 GHz

Product Classification

Product Type

Microwave antenna

Product Brand

ValuLine®

General Specifications

Antenna Type

VHLPX - ValuLine® High Performance Low Profile Antenna, dual-polarized

Mounting Pipe Diameter

50 mm–120 mm | 2.0 in–4.7 in

Side Struts, Optional

0

Dimensions

Diameter, nominal

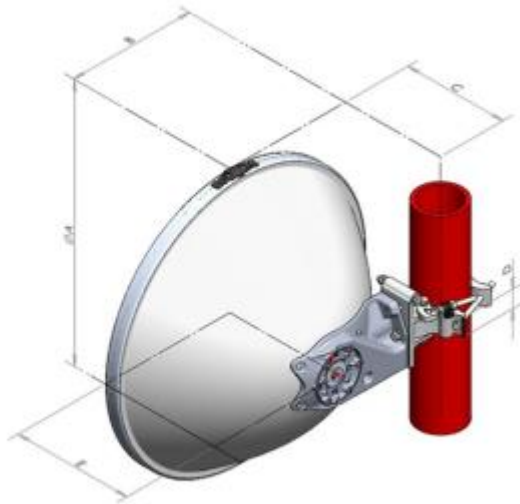
0.6 m | 2 ft



Anexo 19 Información de Dimensiones y Montaje

VHLPX2-7W/C

Antenna Dimensions and Mounting Information



Dimension in Inches (mm)					
Antenna size, ft (m)	A	B	C	D	E
2 (0.6)	26 (660)	11.9 (307)	9.9 (252)	1.8 (45)	11.4 (289)

Anexo 20 Especificación eléctrica

Electrical Specifications

Return Loss	17.7 dB
Beamwidth, Horizontal	4.7 °
Beamwidth, Vertical	4.7 °
Boresite Cross Polarization Discrimination (XPD)	30 dB
Electrical Compliance	Brazil Anatel Class 2 ETSI 302 217 Class 3
Front-to-Back Ratio	57 dB
Gain, Low Band	29.6 dBi
Gain, Mid Band	31.1 dBi
Gain, Top Band	32.2 dBi
Operating Frequency Band	7.100 – 8.500 GHz
Polarization	Dual
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	7211C
VSWR	1.3