

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“AMPLIACIÓN DE UN SISTEMAS MICROONDAS PARA UNA
HIDROELÉCTRICA EN EL DEPARTAMENTO DE JUNÍN Y PASCO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ALBORNOZ MUÑOZ, LENIN MANUEL

**Villa El Salvador
2016**

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I:	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	2
1.2. Justificación de la Investigación	3
1.3. Delimitación del Problema	3
1.3.1. Delimitación teórico.	3
1.3.2. Delimitación Espacial	4
1.3.3. Delimitación Temporal	4
1.4. Formulación del Problema	5
1.4.1. Problema General	5
1.5. Objetivo	5
1.5.1. Objetivo General	5
CAPTULO II:	6
2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	6
2.1. Antecedentes de la Investigación	6
2.2. Marco Teórico	7
2.2.1. Microondas	7
2.2.2. Polarización	8
2.2.3. Modulación	8
2.2.4. Unidades Interiores de Nodo	9
2.2.4.1. INU (Unidades Interiores)	9
2.2.4.2. INUe (Unidades Interiores extendido)	10
2.2.4.3. Tarjetas Dedicadas Insertables	11
2.2.5. Unidades Exteriores	13
2.2.5.1. ODU 600	14
2.2.5.2. Antenas Parabólicas	14
2.2.5.3. Torre de Telecomunicaciones.	16
2.3. Marco Conceptual	16
2.3.1. Pérdida en el Espacio Libre	16
2.3.2. Pérdida por Desvanecimiento	17

2.3.3.	Zona de Fresnel.....	18
2.3.4.	Ganancia de Antena	19
CAPITULO III.....		20
3.	DESCRIPCION E IMPLEMENTACION DEL PROYECTO	20
3.1.	Consideraciones y Requerimientos.....	21
3.1.1.	Configuración	22
3.1.2.	Licencia Ante el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones).....	22
3.1.3.	Capacidad	22
3.1.4.	Potencia.....	23
3.1.5.	Condiciones Ambientales:	23
3.2.	Instrumentos y Protocolos de Prueba.....	23
3.3.	Trazos de Perfil y Cálculos.....	27
3.3.1.	Pérdida en el Espacio Libre	28
3.3.2.	Guanacia de la Antena Parabólica	29
3.3.3.	Ecuación del Enlace, Cálculo de Potencia de Tx y Rx	30
3.4.	Ubicación de los Puntos de la Red Microondas	31
3.4.1.	Cerro Junín.....	32
3.4.2.	Cerro Jaital	32
3.4.3.	Sub Estación Paragsha (SE Paragsha).....	33
3.4.4.	Sub Estación Excelsior (SE Excelsior)	34
3.5.	Diagrama de Conexión de la Red.....	34
3.6.	Selección de los Equipos a Instalar.....	35
3.6.1.	Antena Parabólica.....	38
3.6.2.	Cable Coaxial LMR 400.....	38
3.6.3.	Conectores N	39
3.6.4.	Cable de Alimentación de la INUe	39
3.6.5.	Soporte para Antenas.....	40
3.6.6.	Protección de los Equipos	41
3.6.6.1.	Gabinete de Comunicaciones	41
3.6.6.2.	Aterramiento	42
3.6.6.3.	Lightning Arrestor (Protectores Contra Descargas Atmosféricas).....	42
3.6.6.4.	Grounding Kit (Puesta a Tierra Para Cable).....	43
3.7.	Cronograma de Trabajo.....	44

3.8. Implementación Física de los Equipos Microondas	48
3.8.1. Implementación de Sistema Outdoor	48
3.8.1.1. Ensamblaje de Antena.	48
3.8.1.2. Ensamblaje de la ODU	50
3.8.1.3. Instalación de Antena, ODU, y Cables en Torre	52
3.8.2. Implementación del Sistema Indoor	57
3.8.3. Radio Aviat INUe	57
3.9. Implementación de los Equipos por Sede	60
3.9.1. Implementación en Cerro Junín	60
3.9.2. Implementación en Cerro Jaital	62
3.9.3. Implementación en SE Paragsha	64
3.9.4. Implementación en SE Excelsior	66
3.10. Pruebas de Validación y Conformidad	68
3.10.1. Cerro Junín – Cerro Jaital	68
3.10.2. Cerro Jaital – SE Paragsha	70
3.10.3. Cerro Jaital – Se Excelsior	72
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFIA	76
ANEXOS.	78

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Orientación de la polarización de la antena.....	8
Fotografía 2. Unidad Interior (INU).....	10
Fotografía 3. Unidad Interior Expandido (INUe).....	10
Fotografía 4. Tarjeta Controladora de Nodos.....	11
Fotografía 5. Tarjeta de Protección de Nodos	11
Fotografía 6. Tarjeta de Ventilación	12
Fotografía 7. Tarjeta de Acceso a Radio.....	12
Fotografía 8. Tarjeta de Acceso a Datos.....	13
Fotografía 9. Arquitectura de ODU 600.....	14
Fotografía 10. Antena Andrew de 1.8m, modelo VHLP6	15
Fotografía 11. Torre de Telecomunicaciones.....	16
Fotografía 12. Zona de Fresnel	18
Fotografía 13. Diagrama de enlace microondas.....	21
Fotografía 14. Diagrama de prueba de BER del enlace microondas.....	24
Fotografía 15. Perfil de elevación, Cerro Junín – Cerro Jaital.....	27
Fotografía 16. Perfil de elevación, Cerro Jaital – SE Paragsha	27
Fotografía 17. Perfil de elevación, Cerro Jaital – SE Excelsior	28
Fotografía 18. Cerro Junín.....	32
Fotografía 19. Cerro Jaital	33
Fotografía 20. SE Paragsha	33
Fotografía 21. SE Excelsior.....	34
Fotografía 22. Diagrama de la red microondas.....	35
Fotografía 23. Cable Coaxial LMR-400	38
Fotografía 24. Conector N	39
Fotografía 25. Cable de alimentación y conector para radio AVIAT	40
Fotografía 26. Soporte para antena.....	40
Fotografía 27. Gabinete de comunicaciones.....	41
Fotografía 28. Barra de tierra para aterrizar los equipos.....	42
Fotografía 29. Protector contra descarga eléctrica.....	43
Fotografía 30. Puesta a tierra del cable IF	43
Fotografía 31. Herraje de montaje, rotador de polarización y soporte.....	48
Fotografía 32. Herraje de montaje de la ODU y rotador de polarización.....	49
Fotografía 33. Orientación de la ODU para Polarización	50
Fotografía 34. Montaje de ODU en la antena.....	52
Fotografía 35. Punto de anclaje de la línea de vida	53
Fotografía 36. Plataforma de descanso	53
Fotografía 37. Arnés de seguridad para trabajos en altura.....	54
Fotografía 38. Instalación de antena, ODU y cable en torre.....	55
Fotografía 39. Puesta a tierra del cable IF.....	56
Fotografía 40. Ajuste de cable IF en el recorrido por la torre	57
Fotografía 41. Anclaje de la radio AVIAT en el gabinete de comunicaciones ...	59

Fotografía 42. Diagrama de energía de alimentación para la radio AVIAT	60
Fotografía 43. Instalación de antena y ODU en Cerro Junín.....	61
Fotografía 44. INUe AVIAT en gabinete de comunicaciones	62
Fotografía 45. Instalación de antena y ODU en Cerro Jaital	63
Fotografía 46. INUe AVIAT en gabinete de comunicaciones	64
Fotografía 47. Instalación de antena y ODU en SE Paragsha	65
Fotografía 48. INUe AVIAT en gabinete de comunicaciones	66
Fotografía 49. Instalación de antena y ODU en SE Excelsior	67
Fotografía 50. INUe AVIAT en gabinete de comunicaciones	67

ANEXO

ANEXO 01

Ilustración A1 1. Antena de marca Andrew, modelo VHLP2 – 7W	78
Ilustración A1 2. Antena de marca Andrew, modelo VHLP4 – 7W	79
Ilustración A1 3. Antena de marca Andrew, modelo VHLP6 – 7W	80
Ilustración A1 4. Especificaciones técnica la radio AVIAT NETWORKS	81

ANEXO 02

Fotografía A2 1. Vista general del enlace	82
Fotografía A2 2. Torre de telecomunicaciones en Cerro Junín.....	83
Fotografía A2 3. Torre de telecomunicaciones en SE Pragsha	84
Fotografía A2 4. Torre de telecomunicaciones en SE Excelsior	84
Fotografía A2 5. Distribuidor de energía -48Vdc	85
Fotografía A2 6. Rectificador ALPHA de -48Vdc CXPS-E103	85
Fotografía A2 7. Inversor ALPHA 20000.....	85

ANEXO 3

Ilustración A3 1. Pantalla principal de configuración.....	86
Ilustración A3 2.Frecuencia, ancho de banda y modulación	87
Ilustración A3 3. Asignación de dirección IP y puerta de enlace	87
Ilustración A3 4. Muestra los niveles del enlace	88
Ilustración A3 5. Habilitar puertos Ethernet	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Banda de frecuencia	8
Tabla 2. Valores de la distancia del enlace	21
Tabla 3. Relación de personal	47
Tabla 4. Lectura de Parámetros	68
Tabla 5. Lectura de Parámetros	69
Tabla 6. Lectura de Parámetros	70
Tabla 7. Indicador de alarmas.....	71
Tabla 8. Lectura de Parámetros	72
Tabla 9. Indicador de alarmas.....	73

DEDICATORIA

El siguiente trabajo está dedicado a mi querida familia, en especial a mis padres, por su apoyo y cariño incondicional hacia mi persona.

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios por haberme dado salud y fuerzas para lograr esta meta que me he trazado.

Agradezco a los docentes de la UNTELS por haberme brindado una buena educación, su apoyo incondicional. Gracias por formar la persona de bien que soy ahora.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto lleva por título “Ampliación de un Sistemas Microondas para una Hidroeléctrica en el Departamento de Junín y Pasco” para optar el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, presentado por el alumno LENIN MANUEL ALBORNOZ MUÑOZ. La hidroeléctrica se encuentra en proceso de renovación y crecimiento tecnológico, por lo cual requiere para sus distintas Sedes, el equipamiento e infraestructuras nuevas, con el fin de mejorar y expandir sus servicios tecnológicos.

Los enlaces digitales implementados operaran en la banda de 7 GHz y los equipos cumplen con la canalización de RF, alimentación y respaldo de energía. En este trabajo se presenta la información detallada sobre la implementación de un sistema microondas en las instalaciones de la empresa hidroeléctrica ubicados en las ciudades de Junín y Cerro de Pasco, en la cual se detallan los conceptos básicos, beneficios y características para comprender el funcionamiento y la implementación de los enlaces microondas.

El proyecto comprende la implementación de los enlaces de microondas digitales conformados por diferentes saltos, cuyos puntos están ubicados en Cerro Junín, Cerro Jaital, Sub Estación Paragsha y Sub Estación Excélsior.

La estructura del proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

CAPITULO I:

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

La empresa hidroeléctrica se encuentra en proceso de renovación y crecimiento tecnológico, por lo cual requiere para su distintas sub estaciones eléctricas, contar con equipamiento e infraestructuras nuevas, con el fin de transportar información de alta velocidad sobre el control y administración de la energía eléctrica en las subestaciones.

Anterior a la implementación del proyecto microondas, la empresa hidroeléctrica contaba con un sistema de comunicación satelital, por donde el fluido de la comunicación no era de óptima calidad, debido a la demora de propagación, velocidad de desplazamiento y al debilitamiento de las señales por fenómenos meteorológicos como lluvias intensas, nieve, y manchas solares.

Ante esta necesidad de cubrir la comunicación entre sus centrales de generación eléctrica, sub estaciones y el centro de control para la empresa hidroeléctrica Statkrfat Perú, de hoy en adelante se llamara Hidroeléctrica, se ejecuta el

proyecto de implementación de la ampliación de sistemas de red microondas con una tecnología suficientemente potente y con gran capacidad para transportar información de alta velocidad, buena calidad de señal y mantener una conexión permanente entre sus equipos que se encuentren en diferentes sedes.

1.2. Justificación de la Investigación

Las comunicaciones vía microondas conforma un medio de comunicación muy efectiva y globalmente, son indispensables en cualquier sociedad donde nos encontramos. Debido a ello se justifica el proyecto teniendo como argumento mejorar la comunicación, por lo cual se propone la implementación de sistemas de radio microondas, una tecnología suficientemente potente y con gran capacidad para transportar información desde las subestaciones eléctricas ubicado en cerro de Pasco hasta el centro de control ubicado en lima.

1.3. Delimitación del Problema

En el presente proyecto se implementa toda la red microondas y se valida su funcionamiento con equipos de medición.

1.3.1. Delimitación teórico.

Trasmisor: Su función es acondicionar las señales de información en ancho de banda y potencia para entregarlas al medio de transporte

Medio de transmisión: Medio por donde se transporta la señal de información eléctrica emplean como medio de transporte el aire, cables metálicos o fibras ópticas.

Receptor: Su función es capturar las señales en el medio de transporte, amplificar las y acondicionarlas a fin de que resulten inteligibles al usuario final.

1.3.2. Delimitación Espacial

El proyecto se ha ejecutado en las localidades de Cerro de Pasco y Junín.

➤ **Nombre de las sedes:**

- Cerro Junín:
- Cerro Jaital:
- SE Paragsha:
- SE Excelsior:

1.3.3. Delimitación Temporal

La implementación del sistema microondas en todas sus instalaciones de la empresa hidroeléctrica se llevó a cabo en un periodo de 10 meses (Octubre del 2015 – Agosto del 2016).

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿Cómo desplegar un sistema microondas para ampliar la red de la empresa hidroeléctrica, así lograr la comunicación entre la subestaciones eléctricas y el centro de control?

1.5. Objetivo

1.5.1. Objetivo General

Implementar y validar un sistema microondas con equipos de alta tecnología, para lograr el crecimiento de la comunicación entre las subestaciones y el centro de control de la empresa hidroeléctrica.

CAPTULO II:

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de la Investigación

1. Implementación de un enlace microondas con tecnología NEC Ipasolink para el C.N. Agraria en el Canton Gualaquiza, provincia Morona Santiago; presentado por Suqui Carchipulla Klever Mauricio

“Una vez configurado e instalado cada uno de los equipos de tecnología NEC Ipasolink e integran la red, permitieron al C.N Agraria, restablecer de manera satisfactoria el servicio de internet a cada uno de sus usuarios”

2. Diseño de enlace terrestre por línea de vista; presentado por Julio Cesar Hernández Segura y Elizabeth Parrao Rosales.

“El trabajo tiene como objetivo recopilar información de enlace de microondas terrestres, ya que constituyen un gran campo laboral dentro de las telecomunicaciones, siendo así, el presente una herramienta accesible y

entendible para estudiantes e interesados en este tema que tiene el deseo de ampliar sus conocimientos y/o aplicarlos en este tipo de área”.

3. Diseño de un enlace de microondas dedicado entre las radio base de acajete, cuacnopala, esperanza y una central en pueblas; Presentado por Flores Mercedes Miguel Ángel, Hernández Perez Marco Antonio y Martínez Montoya Wady.

“La importancia de un enlace de microondas dedicado, se establece al acrecentar y hacer llegar la red celular hacia sitios lejanos, con la versatilidad de poder ser controlado y administrado desde una central remota sin necesidad de establecer puntos de control en zonas aisladas”

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Microondas

Las microondas se pueden definir como aquellas ondas electromagnéticas (OEM) que se desplazan en línea recta, estas se caracterizan por poseer un elevado nivel de energía lo cual conlleva a que estas trabajen como frecuencias comprendidas entre 300 MHz y 300 GHz y por consiguiente con una longitud de onda muy corta.

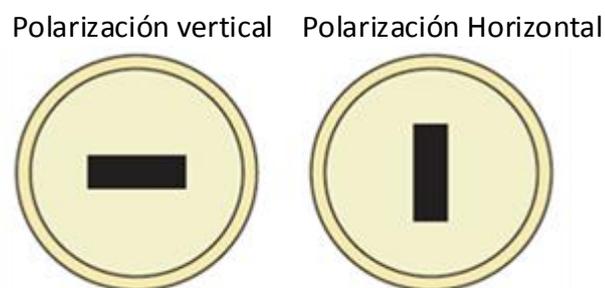
El rango de las microondas incluye la banda de radiofrecuencias siguientes.

BANDA	FRECUENCIA	PROPAGACIÓN	RANGO	USO
VLF	Muy baja	Terrestre	3 - 30 kHz	Navegación marítima
LF	Baja	Terrestre	30 - 300 kHz	Navegación y comunicaciones AM
MF	Media	Terrestre e ionosférica	300 - 3000 kHz	Radiodifusión AM
HF	Alta	Ionosférica	3 - 30 MHz	FM, TV, banda urbana
VHF	Muy alta	Directa (de antena a antena)	30 - 300 MHz	TV, radio FM
UHF	Ultra alta	Directa (de antena a antena)	300 - 3000 MHz	TV, radar, comunicación por satélite
SHF	Microondas	Satélite	3 - 30 GHz	Radar, comunicación por satélite, telefonía móvil

Tabla 1. Banda de frecuencia

2.2.2. Polarización

La polarización de una antena es la orientación de campo eléctrico que irradia de ella, entre los tipos de polarización tenemos la polarización vertical horizontal



Fotografía 1. Orientación de la polarización de la antena

2.2.3. Modulación

En telecomunicación el término modulación engloba el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda senoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de

comunicación lo que permitirá transmitir más información simultánea y/o proteger la información de posibles interferencias y ruidos. Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir. La modulación nace de la necesidad de transportar una información a través de un canal de comunicación a la mayor distancia y menor costo posible. Este es un proceso mediante el cual dicha información (onda moduladora) se inserta a un soporte de transmisión.

2.2.4. Unidades Interiores de Nodo

La tecnología AVIAT NETKORS cuenta con dos unidades interiores, la INU y la INUe (INU extendida). La INU es un chasis de 1 RU (Rack Unit: Unidad de Rack), la INUe es de 2 RU. El sistema proporciona una red óptima para nodos inalámbricos, soportando múltiples enlaces de radio. Cada nodo consta de un chasis estándar equipado con tarjetas comunes. Las tarjetas obligatorias son la NCC (Tarjeta de Control de Nodo) y la FAN (Tarjeta Ventilador). Las tarjetas opcionales son las RAC (Tarjeta de Acceso de Radio), las DAC (Tarjeta de Acceso Digital), AUX (Auxiliar) y NPC (Tarjeta de Protección de Nodo).

2.2.4.1. INU (Unidades Interiores)

La INU requiere una NCC y una FAN, y puede alojar hasta cuatro tarjetas opcionales. Admite un máximo de hasta tres ODUs para tres enlaces no protegidos o un enlace con protección o diversidad, y un enlace no protegido.

Cada ODU es soportada por una RAC a través de un cable coaxial individual.



Fotografía 2. Unidad Interior (INU)

2.2.4.2. INUe (Unidades Interiores extendido)

La INUe requiere una NCC y dos FAN, que pueden suministrarse en tarjetas FAN individuales o en una tarjeta FAN doble. La INUe puede alojar hasta diez tarjetas opcionales y admite un máximo de seis ODUs para seis enlaces sin protección o hasta tres enlaces con protección o diversidad.

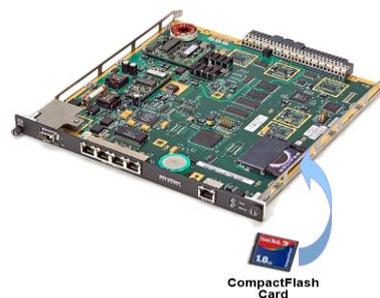


Fotografía 3. Unidad Interior Expandido (INUe)

2.2.4.3. Tarjetas Dedicadas Insertables

- **NCC (Tarjeta Controladora de Nodo)**

La NCC es una tarjeta obligatorio para una INU/INUe. Realiza la administración de nodo y funciones de control y proporciona corriente continua desde la entrada de -48 voltios. También incorpora una tarjeta flash, que contiene los datos de licencia y configuración del Nodo.



Fotografía 4. Tarjeta Controladora de Nodos

- **NPC (Tarjeta Protección de Nodo)**

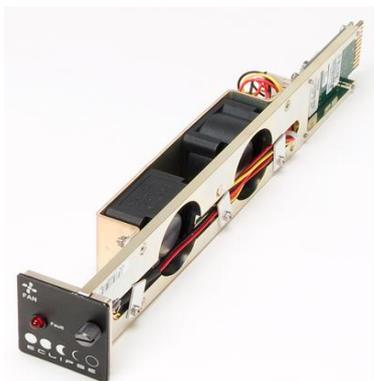
Proporciona redundancia al control de la NCC y funciones de alimentación de DC para una la Alta Disponibilidad del Nodo.



Fotografía 5. Tarjeta de Protección de Nodos

- **FAN (Tarjeta de ventilación)**

El módulo de ventilación incluye dos ventiladores axiales para proporcionar una refrigeración de aire forzado. La tarjeta de ventilación viene en dos tamaños. Un ventilador de 1 RU para la INU; otro de 2 RU para la INUe.



Fotografía 6. Tarjeta de Ventilación

- **RAC (Tarjetas de Acceso a Radio)**

Las tarjetas RACs proporcionan la conversión del tráfico TDM y Ethernet, para la interconexión entre el nodo y la ODU. Las funciones incluyen la modulación / demodulación, FEC, ecualización adaptativa, conversión IF, bucle IF y conmutación automática para configuraciones de protección 1+1, diversidad y anillo. RAC 60, RAC 6X, RAC 3X, RAC 30A, RAC 4o, RAC 4X



Fotografía 7. Tarjeta de Acceso a Radio

• DAC (Tarjetas de Acceso a Datos)

La DAC GE admite tres puertos eléctricos 10/100/1000Base-T de baja latencia y un puerto óptico de 1000Base-LX, sobre uno o dos canales de transporte. DAC proporcionan transporte directo de datos TDM o Ethernet; opcionalmente multiplicación con el Backplane de la INU, y estas son independiente al enlace o la capacidad de nodo.



Fotografía 8. Tarjeta de Acceso a Datos

2.2.5. Unidades Exteriores

Las ODU aviat instaladas en el proyecto son unidades compactas, completamente hermético al medio ambiente e independientes de la capacidad del enlace; Su control y configuración es por software.

Sus Diplexores de banda ancha ofrecen una amplia gama de adaptación por software para aumentar la flexibilidad y minimizar la necesidad de repuestos.

Las opciones de ODU están disponibles en diferentes capacidades y opciones de potencia en RF. Todas las ODU están diseñados para ser montarse directamente en la antena, y conectar con la INU / INUe con un solo cable coaxial.

Los rangos de anchos de banda de 3,5 a 80 MHz; las sub-bandas, las capacidades / modulación están en función a la ODU.

2.2.5.1. ODU 600

Es la primera ODU diseñada con la opción Flexible Power Mode (FPM):

- Modulación hasta 256QAM
- Adaptive Coding and Modulation (ACM).
- Escalable up to 1024 QAM
- Capacidad escalable hasta 100xE1 o 2xSTM1 para TDM, o 462 Mbit/s Ethernet.



Fotografía 9. Arquitectura de ODU 600

2.2.5.2. Antenas Parabólicas

Una antena es un dispositivo que tiene la función de un transductor, el cual toma un tipo de energía a la entrada y la transforma en otra forma de energía diferente a la salida, este elemento genera y recoge ondas electromagnéticas.

Cuando genera ondas electromagnéticas, convierte señales eléctricas en ondas electromagnéticas y cuando recoge ondas electromagnéticas la transforma en señales eléctricas.

Para el caso de las antenas Andrew que se implementó en este proyecto, están disponibles en diferentes diámetros, dependiendo de la banda de frecuencia. Estas antenas son del tipo blindadas de bajo perfil y alto rendimiento, y se proporcionan completas con un herraje de montaje de ODU, alimentador y un rotador de polarización.

Para nuestro enlace microondas se utilizó antenas parabólicas con la siguiente característica:

- Tipo: VHLP2, VHLP4, VHLP6
- Modelo : VHLP2-7W – SE1A, VHLP-7W – SE1D, VHLP6-7W – SE1B
- Marca : Andrew
- Diámetro de antena: 0.6 metros, 1.2 metros, 1.8 metros.
- Ganancia de antena: 31.8 dBi, 37.7 dBi.



Fotografía 10. Antena Andrew de 1.8m, modelo VHLP6

2.2.5.3. Torre de Telecomunicaciones.

Son estructuras metálicas que se construyen sobre terrenos, en áreas urbanas o cerros, y deberán de contar con una cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a las que están sometidas. La geometría de estas torres depende de la altura, la ubicación y del fabricante de la torre



Fotografía 11. Torre de Telecomunicaciones

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Pérdida en el Espacio Libre

Se produce al propagarse la onda por el vacío y en línea recta sin tomar en cuenta la absorción ni reflexión de energía en objetos cercanos, esta pérdida se produce por el reparte de la energía la misma que a mayor distancia de la fuente es menor y más cercano de la fuente de energía es mayor.

Cuando la frecuencia está en GHz y la distancia en Km.

$$L_t(\text{dB}) = 92.4 + 20\log(D) + 20\log(f), D(\text{km}), f(\text{GHz})$$

d = distancia [Km]

f = frecuencia [GHz]

2.3.2. Pérdida por Desvanecimiento

Se considera una pérdida adicional que se debe tomar en cuenta en las ya consideradas pérdida de transmisión, en el margen de desvanecimiento se están considerando las pérdidas intermitentes en la intensidad de la señal provocadas por perturbaciones meteorológicas, como las lluvia, nieve, y por la superficie irregular de la tierra que afecta la propagación de las ondas electromagnéticas

$$L_d(\text{db}) = 30\log(d) + 10\log(6A * B * F) - 10\log(1 - R) - 70, \quad F(\text{GHz}), D(\text{km})$$

Donde:

Fm = Margen de desvanecimiento

1-R = 0.00001 (Objetivo de confiabilidad del enlace)

D = Distancia del transmisor al objetivo (Km)

A = Factor de rugosidad:

- 4 si el terreno es plano o agua
- 1 para un terreno promedio
- 0.25 para un terreno rugoso

B = Factor climático

- 0.5 zonas calientes rugoso
- Zona intermedia
- 0.125 para áreas montañosas o muy secas

F = Frecuencia (GHz)

2.3.3. Zona de Fresnel

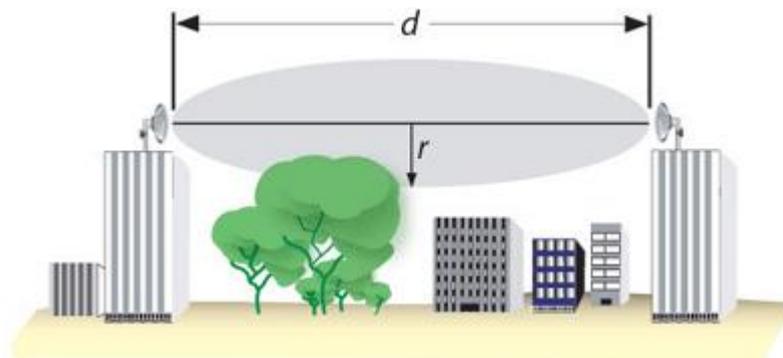
La zona de fresnel se le llama al volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética y un receptor.

La señal se transmite en forma de elipse, y en muchos casos en la trayectoria presenta obstáculos que interfiere la conexión de los dos puntos, para ello lo recomendable es que la obstrucción no supere el 20% como máximo 40% de todo el elipsoide.

La radio elipsoide en el medio se calcula de la siguiente forma:

$$r = 17.32 \frac{\sqrt{d}}{4f}$$

Donde “r” se refiere al radio que se debe dejar despejada alrededor de una línea de vista de un enlace de telecomunicaciones para reducir la interferencia causada por la reflexión de la onda en objetos cercanos



Fotografía 12. Zona de Fresnel

2.3.4. Ganancia de Antena

La ganancia de una antena parabólica indica la cantidad de señal captada que se concentra en el alimentador, depende del diámetro del plato, de la exactitud geométrica del reflector y de la frecuencia de operación, si el diámetro aumenta, la ganancia también, porque se concentra mayor energía en el foco.

La ganancia del reflector se expresa en dB y se la define con respecto a una antena isotrópica (antena de longitud λ omnidireccional que se considera de ganancia unitaria); es decir, en relación a una antena que reciba exactamente lo mismo en todas direcciones.

$$G = n \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2$$

Donde:

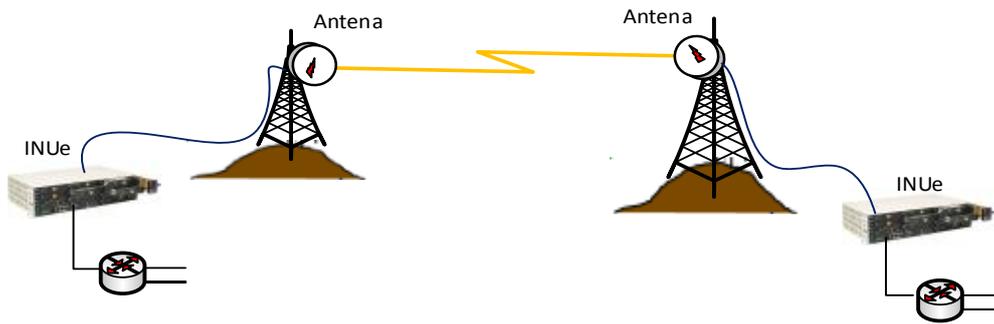
- G = ganancia de potencia (no en dB)
- n = eficiencia global
- D = diámetro del plato
- λ = longitud de onda de espacio libre

CAPITULO III

3. DESCRIPCION E IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

Comunicación vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: el transmisor, el receptor y el canal aéreo. El transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, el camino entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.



Fotografía 13. Diagrama de enlace microondas

3.1. Consideraciones y Requerimientos.

Generalmente los puntos donde se instalan los equipos se encuentran en lugares geográficos un tanto desfavorables, es por ello la empresa hidroeléctrica nos brindan los datos geográficos de las estaciones para los cálculos del enlace y la evaluación de los costos.

RADIOENLACE	DISTANCIA (Km)	LÍNEA DE VISTA
Junin - Jaital	67	Si
Jaital - Paragsha	4.5	Si
Jaital - Exceslior	5	Si

Tabla 2. Valores de la distancia del enlace

Del mismo modo el requerimiento por parte del cliente se detallan a continuación:

3.1.1. Configuración

La configuración de los enlaces nuevos entre Cerro Junin - Cerro Jaital, Cerro Jaital - SE Excelsio y Cerro Jaital - SE Paragsha son punto a punto con 1+1 HSB (Hot stand-by), que opera en la banda de frecuencia de 7 GHz (7425 – 7725 MHz).

3.1.2. Licencia Ante el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones)

Elaboración de todos los documentos, con firmas autorizadas, gestión, y trámites hasta la obtención de autorización y licencias de nuevas estaciones y frecuencias para los enlaces del proyecto.

Incluye Estudios Teóricos de Radiaciones No Ionizantes por cada estación radioeléctrica.

3.1.3. Capacidad

- Para el enlace (Cerro Junín – Cerro Jaital), se requiere una capacidad mínima equivalente a 40 Mbps (20 E1), incluye interfaces 8E1 como mínimo y 4 Ethernet.
- Para el enlace (Cerro Jaital – SE Paragsha), se requiere una capacidad mínima equivalente a 20 Mbps (10 E1), incluye interfaces 4E1 como mínimo y 4 Ethernet.

- Para el enlace (Cerro Jaital – SE Exceslsior), se requiere una capacidad mínima equivalente a 20 Mbps (10 E1), incluye interfaces 4E1 como mínimo y 4 Ethernet

3.1.4. Potencia

Potencia de salida como referencia 25 dBm.

3.1.5. Condiciones Ambientales:

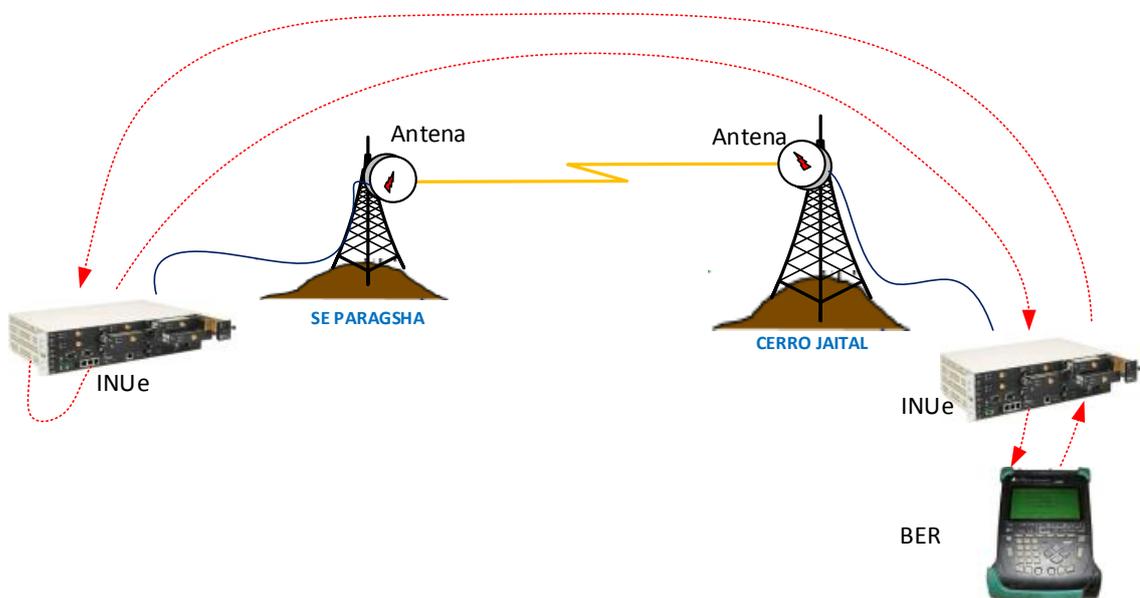
- Capacidad de soportar altos niveles de descargas atmosféricas en las inmediaciones, hasta 5400 msnm.
- Capacidad de soportar y funcionar correctamente en presencia de fuertes temporales con abundancia Lluvia, niebla, granizo, nevada, viento, rayos.

3.2. Instrumentos y Protocolos de Prueba

Uno de las medidas más frecuente que se realizó durante este proyecto para las medidas de conformidad en los enlaces es el BER (Bit Error Rate) y se lo define como la relación entre el número de bits errados al ser recibido por el receptor y el número de bits totales transmitidos en un determinado intervalo de tiempo durante una comunicación, la relación indica en la expresión

$$BER = \frac{\text{Numero de bit errados}}{\text{Numero de bits transmitidos}}$$

Este tipo de medidas se aplica a una gran variedad de sistemas punto a punto, pudiendo evaluar el funcionamiento a nivel troncal de una red o segmentos parciales.



Fotografía 14. Diagrama de prueba de BER del enlace microondas

Pruebas de BER en el enlace SE Paragsha – Cerro Jaital – Cerro Junín

===== PuTTY log 2017.01.12 09:33:07 =====

ACTERNA E1 AND DATA TESTER EDT-135 8:48 12 Feb 2017

Printout of test results for test number 2
Start time 19:06 10 Feb 2016
Stop time 8:37 12 Feb 2016
Total test time (seconds) 135053
Line rate 2047994
Total code errors received 0
Total mean Code Error Ratio 0.000E 0

Bit rate 1983995
Total bits received 2.679E11
Total errors received 0
Total mean Bit Error Ratio 0.000E 0
Total blocks received 2.679E 8
Total block errors received 0
Total mean Block Error Ratio 0.000E 0

Seconds of no signal 0
Seconds of AIS 0
Seconds of pattern sync loss 0
Seconds of Pattern Inverted 0
Seconds of all ones 0
Seconds of all zeros 0
Seconds of slip 0

Seconds of frame sync loss 0
Seconds of distant frame alarm 0

Total FAS word errors 0
Total number of frames 1.080E 9
Total mean FAS word error ratio 0.000E 0

Available time 135053 100.000000%
Unavailable time 0 0.000000%

Error free seconds 135053 100.000000%
Errored seconds PASS 0 0.000000%

Pruebas de BER en el enlace SE Excelsior – Cerro Jaital

=====
===== PuTTY log 2017.01.02 18:44:59 =====

ACTERNA E1 AND DATA TESTER EDT-135 18:49 2 Jan 2017

Printout of test results for test number 4
Start time 10:47 28 Dec 2016
Stop time 7:37 29 Dec 2016
Total test time (seconds) 75007
Line rate 2047999
Total code errors received 0
Total mean Code Error Ratio 0.000E 0

Bit rate 1983999
Total bits received 1.488E11
Total errors received 0
Total mean Bit Error Ratio 0.000E 0

Seconds of no signal 0
Seconds of AIS 0
Seconds of pattern sync loss 0
Seconds of Pattern Inverted 0
Seconds of all ones 0
Seconds of all zeros 0
Seconds of slip 0
Seconds of frame sync loss 0
Seconds of distant frame alarm 0

Total FAS word errors 0
Total number of frames 6.001E 8
Total mean FAS word error ratio 0.000E 0

Available time 75007 100.00000%
Unavailable time 0 0.00000%

Error free seconds 75007 100.00000%
Errored seconds PASS 0 0.00000%

Severely errored seconds PASS 0 0.00000%
Non-severely errored seconds 75007 100.00000%

3.3. Trazos de Perfil y Cálculos

El perfil del terreno permite conocer la influencia de la superficie del terreno en la propagación de las ondas. Los siguientes esquemas representan el perfil de terreno.



Fotografía 15. Perfil de elevación, Cerro Junín – Cerro Jaital



Fotografía 16. Perfil de elevación, Cerro Jaital – SE Paragsha



Fotografía 17. Perfil de elevación, Cerro Jaital – SE Excelsior

3.3.1. Pérdida en el Espacio Libre

$$L_t(\text{db}) = 92.4 + 20\log(D) + 20\log(F), \quad D(\text{km}), f(\text{GHZ}) \dots \dots \dots (1)$$

➤ **Para el enlace Cerro Junín – Cerro Jaital.**

D = 67 Km.

F = 7GHZ.

Reemplazando en (1).

$$FSL(\text{db}) = 92.4 + 20\log(67) + 20\log(7) = 145.8\text{dB}$$

➤ **Para el enlace Cerro Jaital. – SE Paragsha.**

D = 4.5 Km.

F = 7GHZ.

Reemplazando en (1).

$$FSL(\text{db}) = 92.4 + 20\log(4.5) + 20\log(7) = 122.4\text{dB}$$

➤ **Para el enlace Cerro Jaital – SE Exceslior.**

D = 5 Km.

F = 7GHZ.

Reemplazando en (1).

$$FSL(db) = 92.4 + 20\log(5) + 20\log(7) = 123.3dB$$

3.3.2. Guanacia de la Antena Parabólica

Para una antena transmisora y receptora

$$Ap = n \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

Ap: Guanacia de antena.

D: Diámetro de antena parabólica (metros).

n: eficiencia de la antena.

λ =longitud de onda (metros por ciclo)

Para una eficiencia normal de antena de 0.55% (n=0.55), la ecuación 3.7 se reduce a:

$$Ap = 0.55 \left(\frac{Df}{c} \right)^2 \dots\dots\dots (2.1.)$$

Donde $c = 3 * (10)^8 m/s$, velocidad de la luz.

En forma de decibelios:

$$Ap(db) = 20\log(D) + 20\log(f) - 162.22 \dots\dots\dots(2.2)$$

Reemplazando en (2.2)

F = 7Ghz.

D = 1.8 m.

$$A_p(\text{dB}) = 20\log(1.8) + 20\log(7 \times 10^9) - 162.22 = 40\text{dB}$$

D = 1.2 m.

F = 7Ghz.

$$A_p(\text{dB}) = 20\log(1.2) + 20\log(7 \times 10^9) - 162.22 = 36.3\text{dB}$$

D = 0.6 m;

F = 7Ghz;

$$A_p(\text{dB}) = 20\log(0.6) + 20\log(7 \times 10^9) - 162.22 = 30.2\text{Db}$$

3.3.3. Ecuación del Enlace, Cálculo de Potencia de Tx y Rx

Suma algebraica de las pérdidas y ganancias del sistema.

$$Pr_x(\text{dB}) = Pt_x(\text{dBm}) - Pc(\text{dB}) + Gan_{Tx}(\text{dBi}) - Lt(\text{dB}) + Gan_{Rx}(\text{dBi}) - Pc(\text{dB})$$

$$- SR_x(\text{dBm}) \dots \dots \dots (3)$$

$Pr_x(\text{dB})$ = Potencia de recepción.

$Pt_x(\text{dBm})$ = Potencia de transmisión (25dB)

$Gan_{TX}(\text{dBm})$ = Ganancia en la antena de transmisión.

$Gan_{RX}(\text{dBm})$ = Ganancia en la antena de recepción.

$L_c(\text{dBm})$ = Perdida en conectores, cables, $37\text{dB}/1000\text{m} \cong 1.8\text{Dbm}$

SR_x = Sensibilidad de recepción (-86.50dBm)

Reemplazando en (3)

➤ **Para el enlace Cerro Junin – Cerro Jaital.**

$$\begin{aligned} \text{Prx (dB)} &= 25(\text{dBm}) - 1.8(\text{dB}) + 40(\text{dBi}) - 145.8(\text{dB}) + 40(\text{dBi}) \\ &\quad - 1.88(\text{dB}) - (-86.50)(\text{dBm}) \\ \text{Prx (dB)} &= 43.1\text{dB} \end{aligned}$$

➤ **Para el enlace Cerro Jaital. – SE Paragsha.**

$$\begin{aligned} \text{Prx (dB)} &= 25(\text{dBm}) - 1.8(\text{dB}) + 30.2(\text{dBi}) - 122.3(\text{dB}) + 30.2(\text{dBi}) \\ &\quad - 1.88(\text{dB}) - (-86.50)(\text{dBm}) \\ \text{Prx (dB)} &= 47\text{dB} \end{aligned}$$

➤ **Para el enlace Cerro Jaital – SE Exceslior**

$$\begin{aligned} \text{Prx (dB)} &= 25(\text{dBm}) - 1.8(\text{dB}) + 30.2(\text{dBi}) - 123.3(\text{dB}) + 30.2(\text{dBi}) \\ &\quad - 1.88(\text{dB}) - (-86.50)(\text{dBm}) \\ \text{Prx (dB)} &= 46\text{dB} \end{aligned}$$

3.4. Ubicación de los Puntos de la Red Microondas

La ubicación de los sectores para cada sede es de vital importancia para establecer un enlace, en el proyecto ya se tiene definido los sectores para cada estación a continuación aremos un breve descripción de cada lugar, así como también de la infraestructura seleccionada para colocar cada uno de los equipos.

3.4.1. Cerro Junín.

La estructura en los que se instalado los equipos microondas es una torre autosoportada de 20metros y pertenece a la empresa hidroeléctrica, las coordenadas correspondientes son latitud $11^{\circ} 10' 38.80''S$, y longitud $75^{\circ} 55' 11.70''W$ y se encuentran a 4572 msnm



Fotografía 18. Cerro Junín

3.4.2. Cerro Jaital

La estructura en la que instalo los equipos microondas es una torre nautosoportada de 20metros y pertenece a la empresa hidroeléctrica.

Este punto se encuentra en Cerro de Pasco, sus coordenadas exactas son: latitud $10^{\circ} 39' 42.86'' S$, y longitud $76^{\circ} 13' 45.22'' W$ y se encuentran a 4504 msnm



Fotografía 19. Cerro Jaital

3.4.3. Sub Estación Paragsha (SE Paragsha)

Este punto se encuentra en la misma ciudad de cerro de Pasco sus coordenadas exactas son: $10^{\circ} 40' 25.75''$ S $76^{\circ} 15' 50.94''$ W ubicado una altitud 4310 msnm. La infraestructura en la que se instaló los equipos microondas es una torre autoportada de 30 metros propiedad de la empresa hidroeléctrica.



Fotografía 20. SE Paragsha

3.4.4. Sub Estación Excelsior (SE Excelsior)

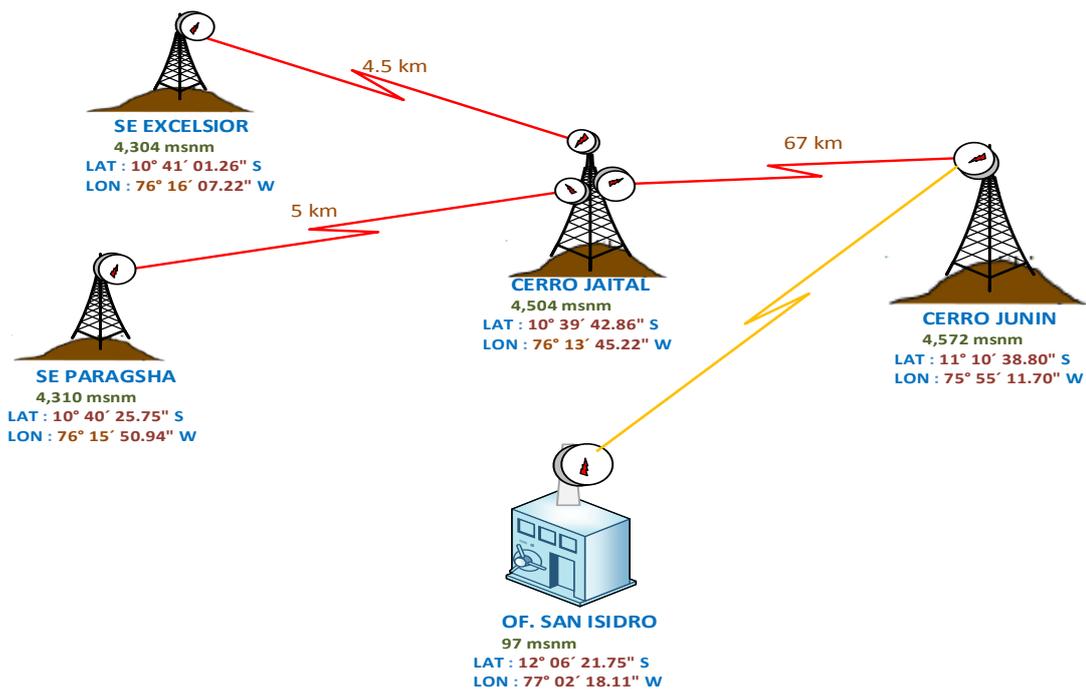
Esta sede se encuentra en la misma ciudad de cerro de Pasco, este punto se eligió como último nodo; Sus coordenadas exactas son: 10° 41' 01.26" S 76° 16' 07.74" W ubicado una altitud 4304 msnm. La infraestructura en la que se instaló los equipos microondas es una torre autosoportada de 30 metros, el cual se construyó durante la ejecución del proyecto.



Fotografía 21. SE Excelsior

3.5. Diagrama de Conexión de la Red

A continuación se presenta un esquema de la infraestructura necesaria para la conexión de todo el enlace que ira desde la ciudad de Pasco hacia la ciudad de lima, cada enlace se llevara a cabo con tecnología de alta potencia.



Fotografía 22. Diagrama de la red microondas

3.6. Selección de los Equipos a Instalar

En el momento en que se decide en la implementación de sistemas microondas, es necesario determinar cómo y qué productos se va utilizar para garantizar un servicio eficiente y de máxima calidad. Sin embargo esto dependerá de la selección adecuada de los componentes que será las que soporta las aplicaciones deseadas y necesarias.

➤ Ventajas de un Sistema Microondas

- Más baratos
- Instalación más rápida y sencilla.

- Conservación generalmente más económica y de actuación rápida.
- Puede superarse las irregularidades del terreno.
- La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- Puede aumentarse la separación entre repetidores, incrementando la altura de las torres.

➤ **Desventajas de los Enlaces Microondas.**

- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer.
- Las condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz, lo que implica utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar requerida, supone un importante problema en diseño.

➤ **Fabricantes**

Los fabricantes de equipamiento de redes de microondas son: **AVIAT NETWORKS**, NEC Pasolink, Ericsson, Nokia, etc.

Para la implementación de este proyecto los equipos fueron definidos por la hidroeléctrica, por un tema corporativo e internos de la empresa.

De todos los equipos que se encuentra en el mercado AVIAT NETWORKS ha cubierto todas las necesidades que la hidroeléctrica requiere para este proyecto; a continuación se detalla los parámetros del sistema AVIAT NETWORKS:

➤ **Parámetros Generales:**

Rango de frecuencia de operación: 5 a 38 GHz,

Operación: PDH, SDH y Ethernet,

Modulación adaptativa o Fija: QPSK, 16, 32, 64, 128, 256 QAM

Interfaces TDM: 2.048 Mbit/s (E1), 34.368 Mbit/s (E3), 155.52 Mbit/s (STM1)

Interfaces Ethernet: 10 - 360 Mbit/s.

Opciones de rango de capacidad: 4x a 100x E1: 1x, 2x, 4x STM1: 10-360 Mbit/s

Ethernet

Corrección de errores: FEC, Reed Solomon Decoding

➤ **Gestión y configuración:**

Protocolo: SNMP v2

Interface Ethernet: 10/100 Base-T o RS232

Interface física: RJ-45

Configuración local y remota: Eclipse Portal

Protocolos de enrutamiento: Estático y dinámico, RIP I, RIP II, OSPF

Gestión de la Red: Provisión Aviat Redes o NetBoss

En la sección 2.2.4 y 2.2.5 se hizo una descripción de los equipos que se utilizó en todo el proyecto, por lo que a continuación se hará una breve descripción de los equipos.

3.6.1. Antena Parabólica

Como sabemos la principal función de una antena es de recibir y transmitir ondas electromagnéticas. Para nuestro enlace microondas se utilizó antenas parabólicas con la siguiente característica:

3.6.2. Cable Coaxial LMR 400

Este tipo de cable son fundamental en nuestros equipos de transmisión y recepción, ya son interfaces entre la radio eclipse (INUe) instalada en la sala de comunicaciones y la antena parabólica instalada en la torre. Para nuestro enlace se utiliza un cable por enlace, con conectores N hembra en ambos extremos y las medidas dependiendo de los estudios realizados

Características del cable:

- Tipo: RG8
- Marca: Andrew
- Modelo: LMR-400
- Atenuación: 37dB / 1000 mts



Fotografía 23. Cable Coaxial LMR-400

3.6.3. Conectores N

Es un elemento que nos hacen posible la unión entre determinado tipo de cable que transporta una señal y un equipo o accesorio que la envía o recibe. Nos facilitan la tarea de conectar y desconectar, permitiéndonos cambiar equipo o cableado rápidamente



Fotografía 24. Conector N

3.6.4. Cable de Alimentación de la INUe

El cable de alimentación es nominalmente de 5 m, y los conductores son de 4 mm² AWG N° 12.

Se entrega con el conector colocado en un extremo y terminado en cable en el otro.

El cable azul (o rojo) debe estar conectado a corriente continua de -48 Vcc (vivo); el cable negro a tierra.



Fotografía 25. Cable de alimentación y conector para radio AVIAT

3.6.5. Soporte para Antenas

Para nuestro enlace se fabrica soportes galvanizado en caliente, estos soportes está diseñado para que se acoplan con facilidad a la torre, en el cual se instalaran las antenas y que permite una fácil manipulación especialmente a la hora de alinear la misma. El modelo que se ha preparado es realmente sencillo y su forma se ilustra en la siguiente foto



Fotografía 26. Soporte para antena

3.6.6. Protección de los Equipos

Todo el componente que forman parte del enlace microondas generalmente funcionan en lugares de temperatura ambiente extremas, por lo que es fundamental proteger nuestros equipos. Hay que considerar que los equipos de transmisión – Recepción se ubican en la parte de las torres de telecomunicaciones y los equipos indoor al interior de la sala, por ello se instaló dispositivos protectores contra descargas eléctricas, puestas a tierra para cable, puesta a tierra para ODU

3.6.6.1. Gabinete de Comunicaciones

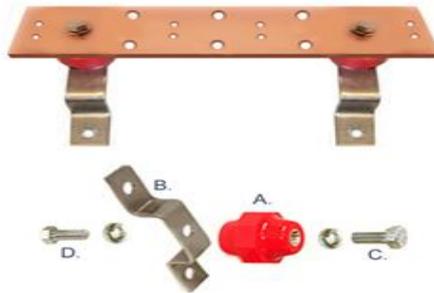
Para el proyecto microondas se instaló gabinete marca tecniases de 2.1.mts de altura, color crema con puertas delanteras y traseras con llaves y manijas de seguridad, luces delanteras y posteriores activadas con apertura de puerta, puerta delantera de vidrio templado, 2 supresores de pico para rack de 8 tomas universales para energía AC, ventiladores, 2 bandejas y ordenadores de cable vertical horizontal



Fotografía 27. Gabinete de comunicaciones

3.6.6.2. Aterramiento

Para fines de protección los gabinetes y las torres cuentan con barra de tierra horizontal y vertical, donde se aterraron los equipos instalados.



Fotografía 28. Barra de tierra para aterrar los equipos

3.6.6.3. Lightning Arrestor (Protectores Contra Descargas Atmosféricas)

Se instalan protectores donde exista una amenaza de descargas atmosféricas en el sitio de instalación. Se necesita en el extremo del cable cerca de la ODU y en la entrada de la sala de comunicaciones para proporcionar una protección adicional al equipo interno,

El kit del protector contra descargas atmosféricas incluye conectores, cable de puesta a tierra, abrazadera de puesta a tierra, cinta impermeable.



Fotografía 29. Protector contra descarga eléctrica

3.6.6.4. Grounding Kit (Puesta a Tierra Para Cable)

Son parte de la instalación que tiene una capacidad de resistir descargas mayores que 200kA, tiene la finalidad de conecta a tierra la malla del cable coaxial LMR - 4000. La brida de cobre pre moldeada y sus accesorios permiten conectar correctamente el cable coaxial a tierra ya así garantiza su desempeño adecuado.



Fotografía 30. Puesta a tierra del cable IF

3.7. Cronograma de Trabajo



Id	Nombre de tarea	01 septiembre		01 noviembre		01 enero		01 marzo		01 mayo		01 julio		01 septiembre		
		03/08	31/08	28/09	26/10	23/11	21/12	18/01	15/02	14/03	11/04	09/05	06/06	04/07	01/08	29/08
21	Sistema de pozo a tierra								17/03	31/03						
22	Medidas y aprobacion del Sistema de pozo a tierra								31/03	02/04						
23	Istalacion de soporte, antena y ODU en torre								02/04	06/04						
24	Cableado IF y de tierra en sala y torre								06/04	07/04						
25	Anclaje de gabinete en sala de comunicaciones								08/04	09/04						
26	Montaje de equipos en gabinete								09/04	11/04						
27	Etiquetado de los equipos en sala y torre								11/04	12/04						
28	EXCELSIOR															
29	Sistema de pozo a tierra								12/04	25/04						
30	Medidas y aprobacion del Sistema de pozo a tierra								25/04	28/04						
31	Istalacion de soporte, antena y ODU en torre								28/04	02/05						
32	Cableado IF y de tierra en sala y torre								02/05	03/05						
33	Anclaje de gabinete en sala de comunicaciones								03/05	04/05						
34	Montaje de equipos en gabinete								04/05	05/05						
35	Etiquetado de los equipos en sala y torre								06/05	07/05						
36	SE EXCELSIOR															
37	Sistema de pozo a tierra								07/05	20/05						
38	Medidas y aprobacion del Sistema de pozo a tierra								20/05	23/05						
39	Istalacion de soporte, antena y ODU en torre								23/05	27/05						
40	Cableado IF y de tierra en sala y torre								27/05	28/05						

Id	Nombre de tarea	01 septiembre 01 noviembre 01 enero 01 marzo 01 mayo 01 julio 01 septiembre															
		03/08	31/08	28/09	26/10	23/11	21/12	18/01	15/02	14/03	11/04	09/05	06/06	04/07	01/08	29/08	26/09
41	Anclaje de gabinete en sala de comunicaciones											28/05	30/05				
42	Montaje de equipos en gabinete											30/05	31/05				
43	Etiquetado de los equipos en sala y torre											31/05	01/06				
44	ALINEAMIENTO Y PRUEBAS																
45	CERRO JUNIN - CERRO JAITAL																
46	Alineamiento de las antena											01/06	06/06				
47	Pruebas del enlace											06/06	08/06				
48	COROYA JAITAL - SE PARAGSHA																
49	Alineamiento de las antena											08/06	11/06				
50	Pruebas del enlace											13/06	15/06				
51	CERRO JAITAL - SE EXCELSIOR																
52	Alineamiento de las antena											15/06	18/06				
53	Pruebas del enlace											18/06	21/06				
54	INFORME TECNICO																
55	Informe fotografico											22/06	05/07				
56	Planos en autocad											05/07	18/07				
57	Ingenieria final											18/07	01/08				

➤ **Recursos humanos**

Nro.	NOMBRE	DNI	CARGO
1	Albornoz Muñoz, Lenin Manuel	43247270	Supervisor
2	Torres Ramos, Luis Alberto	43820085	Supervisor
3	Quispe Castañeda, Tito	07172163	Prevencionista
4	Laurente Gutiérrez, Lino Juan	8511594	Prevencionista
5	Matos Ramírez, Sergio Kevin	43965868	Técnico de campo
6	Blas De La Cruz, Raul Felix	6237145	Técnico de campo
7	Nail Mendoza, Abel	42243102	Técnico de campo
8	Sevillano Nauri, Elver Santos	42182037	Técnico de campo
9	Carhuaricra Flores, Wilmer	47721891	Técnico de campo
10	Sinche Yupari Roy Roger	43439827	Técnico de campo

Tabla 3. Relación de personal

➤ **Recursos logísticos**

Se requería vehículos propios para el desarrollo de las actividades, transporte de personal, con registros de los dos últimos mantenimientos de las unidades vehiculares, SOAT, póliza de seguro vehicular y revisión técnica.

Los requisitos mínimos para las unidades vehiculares son los siguientes:

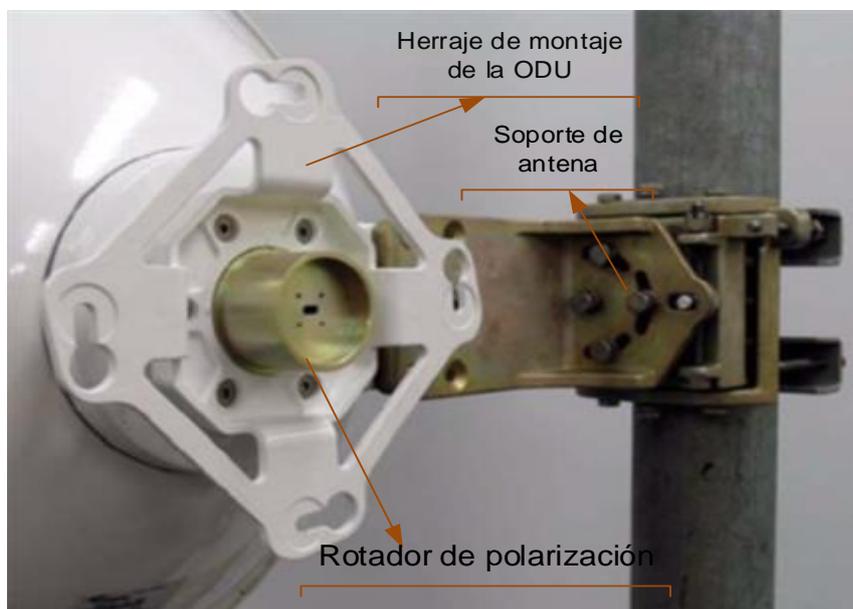
- Cabina antivuelco, Cinturones de seguridad
- Faros neblinero
- Llantas AT/MTR y dos llantas de repuesto
- Extinto, Triangulo, linterna, Conos, tacos de madera.

3.8. Implementación Física de los Equipos Microondas

3.8.1. Implementación de Sistema Outdoor

3.8.1.1. Ensamblaje de Antena.

Para esta actividad inicialmente se tiene que verificar el herraje de montaje de la ODU, el soporte y el rotador de polarización estén conforme. La orientación de la ranura de la guía de onda indica la polarización vertical u horizontal.



Fotografía 31. Herraje de montaje, rotador de polarización y soporte

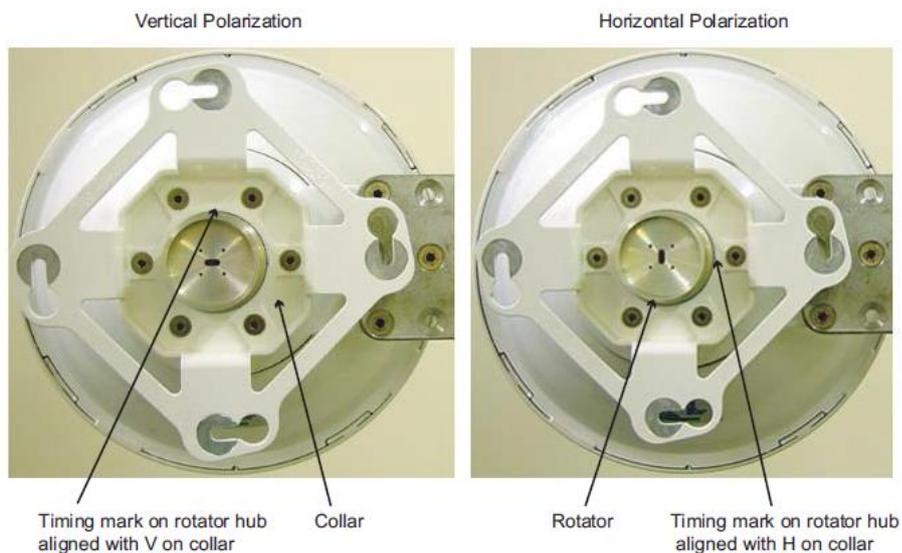
➤ Configuración de la Polarización de la antena

La polarización de la señal transmitida, horizontal o vertical, es determinada por la antena. La polarización de la ODU está configurada para coincidir con su antena, en caso no coincide la antena se configura mediante un rotador de polarización colocado en el herraje de montaje de la ODU.

➤ **Procedimiento para cambiar la polaridad de una antena**

Andrew

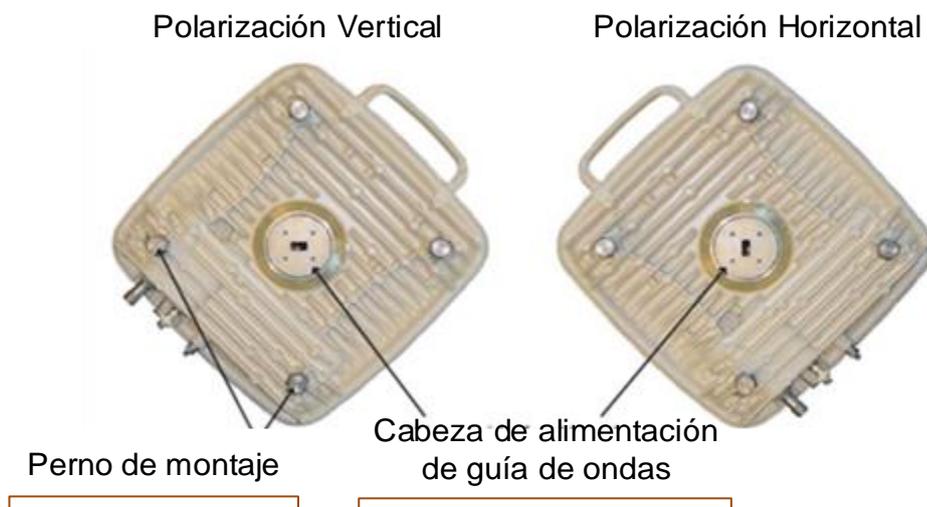
1. Desajuste (no por completo) los seis tornillos métricos con cabeza Allen aproximadamente 10 mm (3/8 pulgadas). Tire del herraje hacia adelante y mantenga el rotador hacia atrás, para permitir que el rotador se desconecte de una muesca en el herraje y gire libremente
2. Gire el centro del rotador 90° hasta que se ubique nuevamente en una muesca o ranura de alineación. en el herraje.
3. Verifique que la marca de alineación del centro del rotador esté alineada con una V o una H en la abrazadera.
4. Asegúrese de que el centro del rotador esté fijado correctamente al herraje,
5. Luego empuje el herraje nuevamente hacia el montaje de la antena y reajuste los seis tornillos.



Fotografía 32. Herraje de montaje de la ODU y rotador de polarización

3.8.1.2. Ensamblaje de la ODU

En un principio para su instalación la ODU debe montarse en el herraje de montaje para coincidir con la polarización elegida. El posicionamiento correcto para polarización vertical u horizontal se muestra en la siguiente figura.

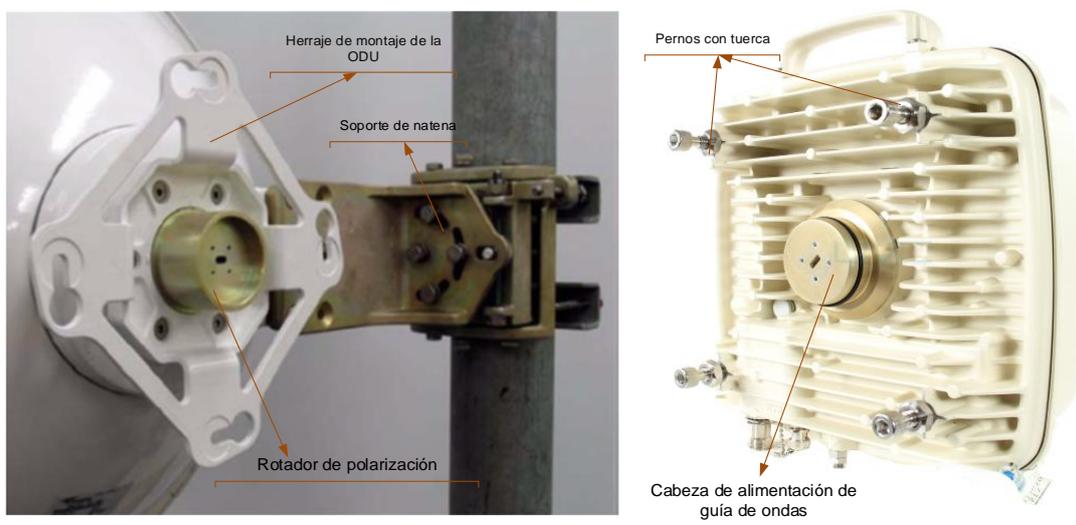


Fotografía 33. Orientación de la ODU para Polarización

➤ Procedimiento de Montaje de la ODU en la antena

1. Este tema describe la conexión física de una ODU a un herraje de montaje de la antena andew.
2. Una ODU debería instalarse con los conectores orientados hacia abajo.
Para montar la ODU:
6. Verifique que el herraje de montaje de la ODU, el rotador de polarización, el alimentador de la guía de onda de la ODU y el aro de junta (O-ring) no estén dañados y se encuentren limpios y secos.
3. Configure el rotador de polarización para la polarización requerida.

4. Aplique una delgada capa de grasa siliconada alrededor del aro de junta (O-ring) del cabezal de alimentación de la ODU.
5. Afloje completamente las tuercas de los cuatro tornillos de montaje de la ODU.
6. Posicione la ODU para que las ranuras de la guía de onda (ODU y rotador) estén alineadas cuando la ODU se rote a su posición final.
7. Coloque la ODU en el herraje de montaje insertando los cuatro pernos con tuerca a través de los orificios receptores en el herraje, y luego rote la ODU en sentido horario para que los tornillos de montaje ajusten fuertemente contra los extremos de la ranura.
8. Lleve la ODU cuidadosamente hacia adelante para conectar totalmente el cabezal de alimentación de la ODU con el rotador de polarización.
9. Ajuste manualmente las cuatro tuercas, verificando que la conexión de la ODU con el herraje de montaje sea correcta.
10. Asegúrese de que los puntos para atornillar la ODU estén correctamente fijados, luego ajuste las cuatro tuercas con una llave -de boca abierta de 19 mm (3/4”).



Fotografía 34. Montaje de ODU en la antena

3.8.1.3. Instalación de Antena, ODU, y Cables en Torre

Para la instalación de los equipos sobre la torre se tomaron precauciones para evitar cualquier riesgo en la seguridad personal. Los elementos que tenemos que considerar antes de subir a una torre son la línea de vida, arnés de seguridad, plataforma de descanso.

Línea de vida. Son elementos de seguridad que permite al trabajador en ascender y descender de la torre, garantizándonos así la seguridad de operario en todo momento



Fotografía 35. Punto de anclaje de la línea de vida

Plataformas de descanso. Generalmente son utilizadas en torre autoportadas de alturas superiores a los 40m. Su utilización es indispensable ya que las plataformas de descanso permiten descansar al operario durante el ascenso con el fin de evitar esforzar al organismo, y las de trabajo brindaran la comodidad suficiente para permitir instalar los equipos.



Fotografía 36. Plataforma de descanso

Arnés de seguridad. Es parte de un sistema de protección para detener la caída libre severa de una persona, siendo su uso obligatorio para todo el personal que trabaje en altura a 1,80 metros o más. Se utiliza especialmente en

aquellos casos en que la persona deba trasladarse o moverse de un lado a otro en alturas a 1,80 metros o superiores.



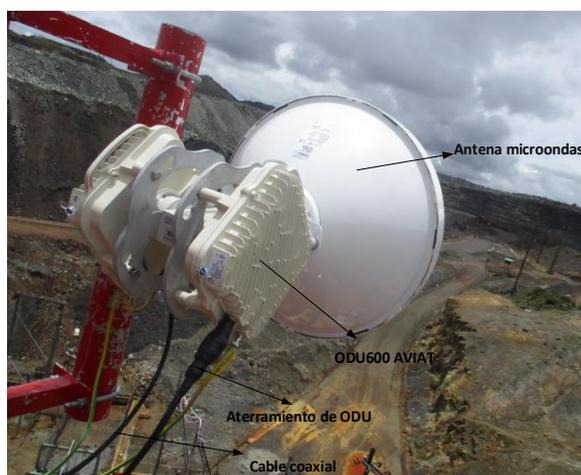
Fotografía 37. Arnés de seguridad para trabajos en altura

Procedimiento de instalación de soporte, antena y ODU en torre.

Toda la red está compuesta por tres enlaces. El proceso de instalación se lleva cabo para los enlaces planteado anteriormente con el fin de seguir el mismo procediendo en cada uno de los nodos con la diferencia en los equipos y estructuras.

- Una vez se tiene preparado el soporte, antena, ODU, procedemos con la instalación; para ello requiere de personal especializado en trabajos en altura y personal de apoyo en tierra.
- El personal de trabajo en altura instalará una polea a cinco (05) metros sobre el nivel en donde se va instalar la antena y hará pasar una cuerda por dentro de la misma, la que al ser tomada por el personal de apoyo en tierra permitirá el acopio de herramientas de acuerdo a necesidad.
- El personal de apoyo en tierra se encargará de atar, firmemente a la soga, al soporte de las antenas y accesorias de fijación y coordinará con el personal de trabajo en altura, la orden de su izamiento.

- El personal de apoyo en tierra se encargará de atar, firmemente la antena a la soga, con los accesorios de fijación y coordinará con el personal de trabajo en altura, la orden de su izamiento, instalación y ajuste de toda la ferretería.
- Posteriormente se subirá el acoplador con las ODUs y el personal de trabajo en altura lo recibirá, procediendo al desamarrado de la cuerda para realizar su fijación en la antena.
- El personal de trabajo en altura procederá a la instalación y ajuste de toda la ferretería.
- El personal de trabajo en altura procederá a la conexión del cable coaxial con sus respectivos conectores, instalación del kits de arrestor (**Puesta a Tierra de la ODU**) en la ODUS y la instalación de cable de tierra hacia la barra de equipotencial (tierra) fijada en la torre.



Fotografía 38. Instalación de antena, ODU y cable en torre

- El personal de trabajo en altura y el de apoyo en tierra se encargan de instalar tanto el cableado horizontal, el vertical y de colocar los **GROUND KITS (PUESTA A TIERRA DEL CABLE IF)**.



Fotografía 39. Puesta a tierra del cable IF

- El personal de trabajo en altura una vez culminada con toda la instalación procederá al peinado y a la colocación de cintillos en toda la parte vertical.
- El personal de apoyo en tierra una vez culminada toda la instalación, procederá al peinado y a la colocación de cintillos en el cableado horizontal.



Fotografía 40. Ajuste de cable IF en el recorrido por la torre

3.8.2. Implementación del Sistema Indoor

3.8.3. Radio Aviat INUe

La INUe es una unidad-montada en un gabinete de comunicaciones que se combina con una o más ODUs para formar un Nodo Eclipse.

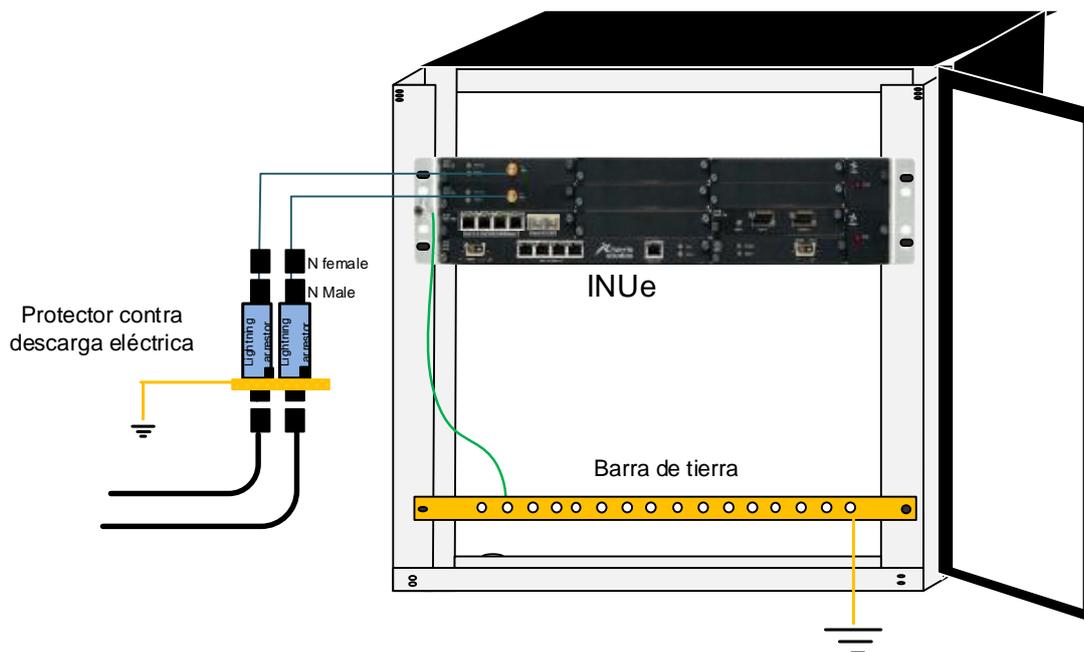
Una INUe está compuesta por un chasis y slots disponibles. El INUe tiene ranuras (slots) dedicadas para las tarjetas NCC y FAN, NPC y diez ranuras disponibles para las tarjetas opcionales de RAC, DAC, AUX.

➤ **PROCEDIMIENTO DE LA INSTACION DE LA INUe:**

1. Se colocó los soportes laterales de montaje en rack en el chasis con el conector/tornillo de puesta a tierra del lado izquierdo o derecho para

obtener la ruta más directa del cable de puesta a tierra hacia la barra de puesta a tierra del rack.

2. Se instala el equipo INUe en el gabinete de comunicaciones y el equipo se asegura utilizando cuatro tornillos Phillips de cabeza convexa No.12.
3. Se procede con la puesta a tierra de la INUe desde el tornillo de puesta a tierra hacia la barra de tierra del gabinete utilizando un cable de 4 mm (AWG N° 12) verde con amarillo de cobre, aislado con PVC con un conector de puesta a tierra correctamente ajustado en cada extremo.
4. El gabinete ubicado en la sala de comunicaciones cuenta con una barra de tierra, de dicha barra se conecta al pozo a tierra general mediante un cable 16 mm² (AWG N° 6).
5. Se instaló las tarjetas en sus posiciones de ranuras asignadas y se verifica que sus paneles frontales estén colocados en forma alineada (sin sobresalir) y ajustados firmemente con sus sujetadores. Nos aseguramos de que las ranuras en desuso estén cubiertas con paneles ciegos.
6. Se coloca el cable puente (jumper) suministrado entre la RAC y el protector contra descargas atmosféricas.
7. Se asegura el cable dentro del gabinete utilizando precintos sujetos cables o elementos similares.

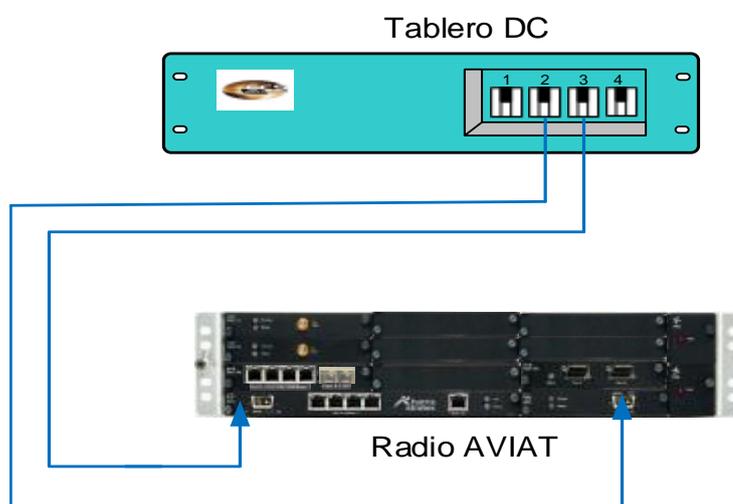


Fotografía 41. Anclaje de la radio AVIAT en el gabinete de comunicaciones

Los siguientes pasos describen el procedimiento para preparar el cable de la fuente de alimentación y la preparación para el encendido. No conecte la fuente de alimentación hasta que se hayan completado todos los pasos.

8. Tienda el cable de alimentación suministrado hasta el punto de toma de alimentación, que normalmente estará en un panel con un interruptor de circuito en el gabinete. Un interruptor de circuito (o fusible) debe tener una capacidad de 10 amperes para la INUe.
9. Conecte el cable azul (o rojo) a corriente continua de -48 Vdc (vivo); y el cable negro a tierra. La entrada de alimentación tiene protección de polaridad.

10. Mida el voltaje en el conector de alimentación de corriente continua.
El voltaje debería ser de de -48 Vcc, +/-2 Vcc (los límites son de -40,5 hasta -60 Vcc).
11. Se realizó una revisión completa de la instalación. Si todo está bien, y la instalación de los cables de la ODU y la ODU también se ha terminado y revisado, el Nodo Eclipse ahora se encuentra preparado para su -encendido.
12. Enciéndala conectando el cable de alimentación a la NCC



Fotografía 42. Diagrama de energía de alimentación para la radio AVIAT

3.9. Implementación de los Equipos por Sede

3.9.1. Implementación en Cerro Junín

Para el caso de Cerro Junín, se utilizó una torre auto soportada de 20m, se instaló 01 soportes de fábrica nacional galvanizada en caliente, ubicado a 16m para subir la antena de 1.8m de diámetro que apunta a Cerro Jaital.

A continuación describimos los equipos que se utilizaron en este nodo:

- Una antena parabólica de marca Andrew de 1.8m con una ganancia 41.1dBi
- Una radio AVIAT NETWORKS de dos unidades de rack (UR)
- Dos ODU600 marca AVIAT
- Un gabinete de comunicaciones.
- Un par de Cable coaxial LMR-400 de 30 metros.
- Cable de tierra AWG N° 8
- Conectores N
- Cuatro protectores contra descarga eléctrica
- Cuatro grounding kit para aterrizar los cables



Fotografía 43. Instalación de antena y ODU en Cerro Junín



Fotografía 44. INUe AVIAT en gabinete de comunicaciones

3.9.2. Implementación en Cerro Jaital

Los equipos que se utilizaron en esta sede son:

Para el caso de Cerro Jaital, se utilizó una torre auto soportada de 20m, se instaló 03 soportes de fabricación nacional galvanizado en caliente por inmersión, ubicado a 16m, 16m y 18 metros para subir la antena de 1.8m, 0.6m, 0.6m de diámetro que apuntando a Cerro Junín, SE Excélsior y SE Paragsha respectivamente.

A continuación describimos los equipos que se utilizaron en este nodo:

- Tres antenas parabólica de marca Andrew, dos de 0.6m y una 1.8m con una ganancia de 31.8dBi y 41.1dBi

- Una radio AVIAT NETWORKS de dos unidades de rack (UR)
- Seis ODU600 marca AVIAT
- Un gabinete de comunicaciones.
- Seis pares de Cable coaxial LMR-400 de 30 metros.
- Cable de tierra AWG N° 8
- Doce Conectores N
- Doce protectores contra descarga eléctrica
- Doce grounding kit para aterrizar los cables



Fotografía 45. Instalación de antena y ODU en Cerro Jaital



Fotografía 46. INUe AVIAT en gabinete de comunicaciones

3.9.3. Implementación en SE Paragsha

Para el caso de SE Paragsha, se utilizó una torre auto soportada de 30m, se instaló 01 soportes de fábrica nacional galvanizada en caliente, ubicado a 16m para subir la antena de 0.6m de diámetro que apunta a Cerro Jaital.

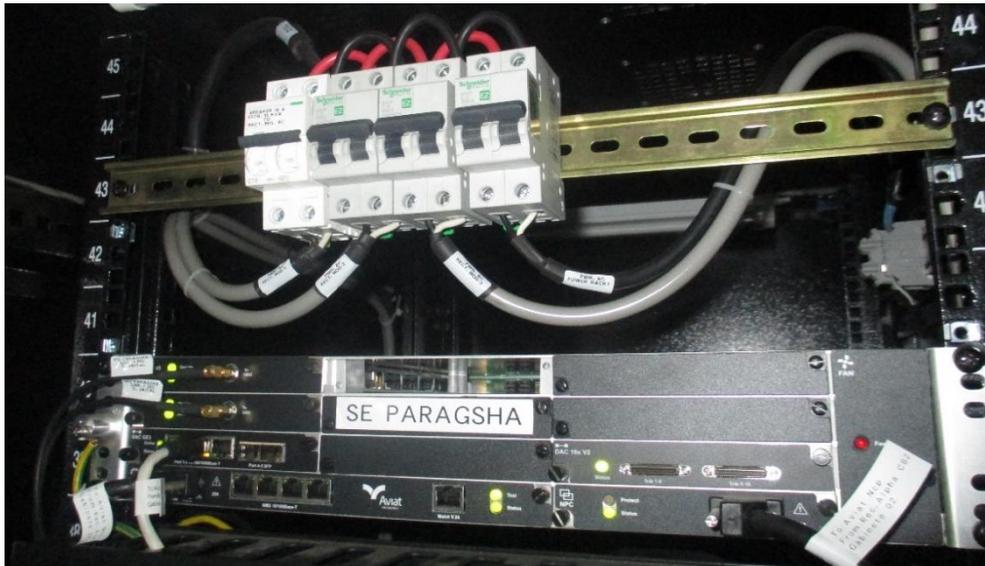
A continuación describimos los equipos que se utilizaron en este nodo:

- Una antenas parabólica de marca Andrew, de 0.6m con una ganancia de 31.8dBi
- Una radio AVIAT NETWORKS de dos unidades de rack (UR)
- Dos ODU600 marca AVIAT.
- Un gabinete de comunicaciones.
- Un par de Cable coaxial LMR-400 de 30 metros.

- Cable de tierra AWG N° 8
- Cuatro Conectores N.
- Cuatro protectores contra descarga eléctrica.
- Cuatro grounding kit para aterrizar los cables.



Fotografía 47. Instalación de antena y ODU en SE Paragsha



Fotografía 48. INUe AVIAT en gabinete de comunicaciones

3.9.4. Implementación en SE Excelsior

Para el caso de la SE Excelsior se implementó una nueva torre auto soportada de 30m, se instalará 01 soportes de fabricación nacional galvanizado en caliente, ubicado a 29m para ubicar una antena de 0.6m de diámetro que apuntará a Cerro Jaital.

A continuación describimos los equipos que se utilizaron en este nodo:

- Una antenas parabólica de marca Andrew, de 0.6m con una ganancia de 31.8dBi
- Una radio AVIAT NETWORKS de dos unidades de rack (UR)
- Dos ODU600 marca AVIAT.
- Un gabinete de comunicaciones.
- Un par de Cable coaxial LMR-400 de 30 metros.
- Cable de tierra AWG N° 8

- Cuatro Conectores N.
- Cuatro protectores contra descarga eléctrica.
- Cuatro grounding kit para aterrizar los cables.



Fotografía 49. Instalación de antena y ODU en SE Excelsior



Fotografía 50. INUe AVIAT en gabinete de comunicaciones

3.10. Pruebas de Validación y Conformidad

3.10.1. Cerro Junín – Cerro Jaital

LECTURA DE PARAMETROS	
TRASMISIÓN (Tx)	
Frecuencia de Operación	7442 MHz
Potencia de emisión	25 dBm
Diámetro de Antena	1.8 m
Link ID	2
Ancho de Banda / Modulación	25.7 MHz/64QAM 80 Mbps (40xE1)
RECEPCIÓN(Rx)	
Frecuencia de Operación	7596 MHz
Potencia de Recepción	25 dBm
AGC (Radio o Modem) con multímetro	1.1 V
Diámetro de Antena(m)	1.8
Umbral de corte	-69.5dBm

Tabla 4. Lectura de Parámetros

INDICADORES DE ALARMAS		
DESCRIPCION	COLOR	ESTADO/VALORES
RSL	Verde	OK
BER	Verde	OK
Tributary	Verde	OK
Loopback Status	Verde	OK
Frame Loss	Verde	OK
Link ID	Verde	OK
Tx Power	Verde	OK
Terminal Summary	Verde	OK
Fuente de Alimentación	Verde	OK/ -52VDC
Trafico Ethernet (Port 1,2,3)	Verde	OK
Canal de servicio (Teléfono IP)		OK

Tabla 5. Lectura de Parámetros

3.10.2. Cerro Jaital – SE Paragsha

LECTURA DE PARAMETROS	
TRASMISIÓN (Tx)	
Frecuencia de Operación	7526 MHz
Potencia de emisión	25 dBm
Diámetro de Antena	0.6.m
Link ID	2
Ancho de Banda / Modulación	25.7 MHz/64QAM 80 Mbps (40xE1)
RECEPCIÓN(Rx)	
Frecuencia de Operación	7680 MHz
Potencia de Recepción	25 dBm
AGC (Radio o Modem) con multímetro	0.9 V
Diametro de Antena(m)	0.6m
Umbral de corte	-69.5dBm

Tabla 6. Lectura de Parámetros

INDICADORES DE ALARMAS		
DESCRIPCION	COLOR	ESTADO/VALORES
RSL	Verde	OK
BER	Verde	OK
Tributary	Verde	OK
Loopback Status	Verde	OK
Frame Loss	Verde	OK
Link ID	Verde	OK
Tx Power	Verde	OK
Terminal Summary	Verde	OK
Fuente de Alimentación	Verde	OK/ -52VDC
Trafico Ethernet (Port 1,2,3)	Verde	OK
Canal de servicio (Teléfono IP)		OK

Tabla 7. Indicador de alarmas

3.10.3. Cerro Jaital – Se Excelsior

LECTURA DE PARAMETROS	
TRASMISIÓN (Tx)	
Frecuencia de Operación	7624 MHz
Potencia de emisión	25 dBm
Diámetro de Antena	0.6.m
Link ID	2
Ancho de Banda / Modulación	25.7 MHz/64QAM 80 Mbps (40xE1)
RECEPCIÓN(Rx)	
Frecuencia de Operación	7470 MHz
Potencia de Recepción	25 dBm
AGC (Radio o Modem) con multímetro	1 V
Diametro de Antena(m)	0.6m
Umbral de corte	-69.5dBm

Tabla 8. Lectura de Parámetros

INDICADORES DE ALARMAS		
DESCRIPCION	COLOR	ESTADO/VALORES
RSL	Verde	OK
BER	Verde	OK
Tributary	Verde	OK
Loopback Status	Verde	OK
Frame Loss	Verde	OK
Link ID	Verde	OK
Tx Power	Verde	OK
Terminal Summary	Verde	OK
Fuente de Alimentación	Verde	OK/ -52VDC
Trafico Ethernet (Port 1,2,3)	Verde	OK
Canal de servicio (Teléfono IP)		OK

Tabla 9. Indicador de alarmas

CONCLUSIONES

1. En la instalación de los equipos en torre, un principio se presentaron dificultades, como por ejemplo los soportes para las antenas no eran los adecuados, polarización de las antenas no eran lo adecuado, fueron solucionados a tiempo, consiguiendo así la implementación del proyecto.
2. Para la implementación y configuración de sistema de Radio Microondas AVIAT NETWORKS el personal cuenta con conocimientos básicos y necesarios, de ese modo cualquier duda fue despejada a tiempo de manera que se pudo garantizar y obtener el mayor beneficio con la configuración e implementación del proyecto.
3. Para la implementación de este proyecto, desde un principio se elaboró un cronograma de actividades bien detallado mediante software Ms Project para llevar el control del avance de las actividades diarias.
4. Para la implementación proyecto se ha considera un grupo de trabajo con personas capacitadas para cada actividad a realizarse, se consideró dos prevencioncita de seguridad, dos supervisores, así alternar las actividades ante cualquier contingencia que se nos presenta.
5. Para dar conformidad al enlace microondas implementado, se procede a realizar las medidas correspondientes de saturación mediante un protocolo, así garantizar el ancho de banda que la empresa hidroeléctrica lo solicita. Posteriormente se procede pasar tráfico de red administrativa para todo los enlaces.

RECOMENDACIONES

Si bien es cierto todo proyecto tiene una fecha de inicio y fin, en todos esos tiempos durante el desarrollo del proyecto se aprenden cosas nuevas gracias a las dificultades que surgen. A continuación se describe algunas recomendaciones.

- Una vez logrado la buena pro y antes de iniciar con la implementación del proyecto es necesario desarrollar un estudio técnico en toda las sedes donde se va realizar los trabajos así garantizar su factibilidad; Ya que sin estudios adecuados, durante la implantación pueden encontrar problemas difíciles de solucionarlos.
- Antes de la instalación de los equipos microondas es necesario capacitar al personal en laboratorio, manipular los equipos y realizar configuraciones previas, esto nos garantizara facilitar el trabajo durante la instalacion.
- Durante la ejecución del proyecto, es importante elaborar cronograma de trabajo, donde indican las actividades diarias a realizar, así llevar el control y el avance del proyecto.
- Para la ejecución del proyecto, considerar personal especializado para cada actividad y lo suficientemente necesario como para alternar o reemplazar al personal si por alguna razón no asiste al trabajo
- Una vez terminado la fase de la implementación del proyecto es necesario realizar pruebas de saturación del ancho de banda, para garantizar la capacidad del enlace de acuerdo a lo que solicita la empresa hidroeléctrica.

BIBLIOGRAFIA

Proyectos de investigación:

1. Flores M. & Hernández P & Martínez M. (2007). Diseño de un enlace microondas dedicado entre las radio bases de Acjete, cuacnopala, Esperanza y una central en puebla
Recuperado de:
[file:///C:/Users/lalbornoz/Downloads/TESISFLORESMERCSDO%20\(3\)](file:///C:/Users/lalbornoz/Downloads/TESISFLORESMERCSDO%20(3))
2. Ernandes J, & Parrao E (2007). Diseño de enlace terrestre por línea de vista. Recuperado de:
<Ehttp://tesis.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/5860/1/ICE59.pdf>
3. Suqui C. (2010). Estudio e Implementación de un Radio Enlace con Tecnología Mikrotik para el I.S.P Jsisistemas en el Canton Gualaquiza, Provincia Morona Santiago. Recuperado de:
<https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiT6Pus2b7OAhVJOSYKHfjGBysQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F1061%2F13%2FUPSCT002036.pdf&usg=AFQjCNHlpRAjPx8X1FBBSeuS1PSzNc065w&bvm=bv.129422649,d.eWE&cad=rja>

Libros:

1. Tomasi W. (1996). Sistemas de comunicaciones electrónicas. España: Prentice Hall.
2. Manual de implementación Aviat Nerkorks “ Sistema de Radio de Microondas Agosto de 2015 Versión 5”
3. Manual de implementación Aviat Nerkorks “ Sistema de Radio de Microondas Marzo de 2015 Versión 4”
4. Garcia A. (2002). Redes de comunicación. España: MacGraw Hill.
5. Jairo Restrepo (1995) .Ingeniería de telecomunicaciones. Colombia: sello Editorial

ANEXOS.

ANEXO 1

1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS.

Product Specifications



VHLP2-7W

0.6 m | 2 ft ValuLine® High Performance Low Profile Antenna, single-polarized, 7.125–8.500 GHz



CHARACTERISTICS

General Specifications

Antenna Type	VHLP - ValuLine® High Performance Low
Diameter, nominal	0.6 m 2 ft
Polarization	Single

Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	4.7 °
Beamwidth, Vertical	4.7 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	32 dB
Electrical Compliance	ETSI 302 217 Class 3
Front-to-Back Ratio	57 dB
Gain, Low Band	29.5 dBi
Gain, Mid Band	30.7 dBi
Gain, Top Band	31.9 dBi
Operating Frequency Band	7.125 – 8.500 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	7075A
Return Loss	17.7 dB
VSWR	1.30

Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±10°
Fine Elevation Adjustment	±25°
Mounting Pipe Diameter	48 mm–115 mm 1.9 in–4.5 in
Net Weight	14 kg 31 lb
Side Struts, Included	0

Ilustración A1 1. Antena de marca Andrew, modelo VHLP2 – 7W

Product Specifications



VHLP4-7W

1.2 m | 4 ft ValuLine® High Performance Low Profile Antenna, single-polarized, 7.125–8.500 GHz



CHARACTERISTICS

General Specifications

Antenna Type	VHLP - ValuLine® High Performance Low Profile Antenna,
Diameter, nominal	1.2 m 4 ft
Polarization	Single

Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	2.9 °
Beamwidth, Vertical	2.9 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	32 dB
Electrical Compliance	Brazil Anatel Class 2 ETSI 302 217 Class 3
Front-to-Back Ratio	63 dB
Gain, Low Band	36.8 dBi
Gain, Mid Band	37.3 dBi
Gain, Top Band	37.7 dBi
Operating Frequency Band	7.125 – 8.500 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	7079C
Return Loss	17.7 dB
VSWR	1.30

Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±12°
Fine Elevation Adjustment	±15°
Mounting Pipe Diameter	115 mm 4.5 in
Net Weight	46 kg 101 lb
Side Struts, Included	1 inboard

VHLP4-7W

Side Struts, Optional	1 inboard
Wind Velocity Operational	110 km/h 68 mph
Wind Velocity Survival Rating	250 km/h 155 mph

Ilustración A1 2. Antena de marca Andrew, modelo VHLP4 – 7W

Product Brief

VHLP6-7W



ValuLine® High Performance, Point-to-Point Microwave Antenna

Low profile, single-polarized, high performance parabolic shielded antenna



Andrew Solutions VHLP Series antennas are ideal for microwave applications demanding excellent pattern performance where space is at a premium and aesthetics are important

CHARACTERISTICS

General Specifications

Antenna Type	VHLP - ValuLine® High Performance Low Profile Antenna, single-polarized
Diameter, nominal	1.8 m 6 ft
Polarization	Single

Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	1.5 °
Beamwidth, Vertical	1.5 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	32 dB
Electrical Compliance	Brazil Anatel Class 2 Canada SRSP 307.1 Canada SRSP 307.7 Part B ETSI 302 217 Class 3
Front-to-Back Ratio	67 dB
Gain, Low Band	40.1 dBi
Gain, Mid Band	40.8 dBi
Gain, Top Band	41.1 dBi
Operating Frequency Band	7.125 – 8.500 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	7081C
Return Loss	17.7 dB
VSWR	1.30

Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±12°
Fine Elevation Adjustment	±15°
Mounting Pipe Diameter	115 mm 4.5 in
Net Weight	84 kg 185 lb
Side Struts, Included	1 inboard
Side Struts, Optional	1 inboard
Wind Velocity Operational	110 km/h 68 mph
Wind Velocity Survival Rating	200 km/h 124 mph

Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

Axial Force (FA)	7128 N 1602 lbf
Side Force (FS)	3531 N 794 lbf
Twisting Moment (MT)	3197 N•m
Weight with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	205 kg 452 lb

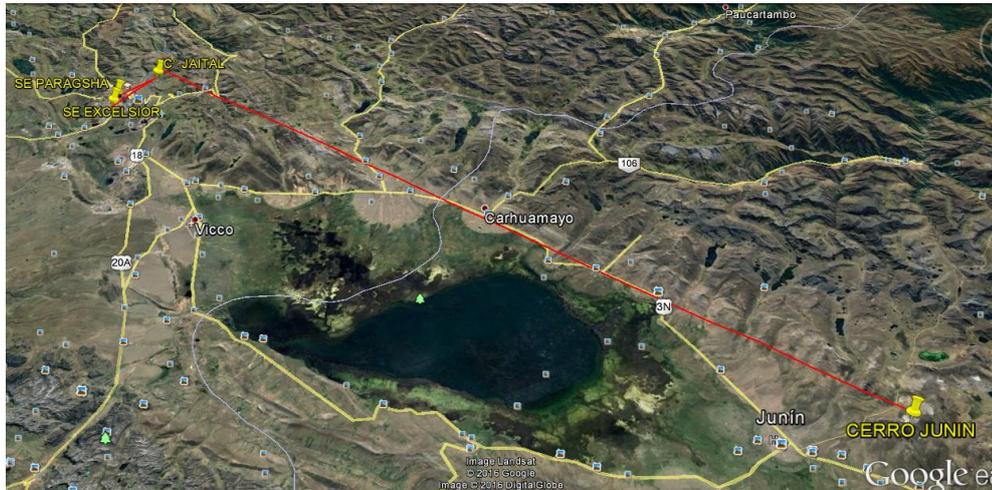
Ilustración A1 3. Antena de marca Andrew, modelo VHLP6 – 7W

SYSTEM PARAMETERS

GENERAL		PER LINK	PER NODE
Throughput/Capacity Range	Native Carrier Ethernet/IP [®]	11 - 462 Mbit/s	2.77 Gbit/s
	Native TDM	7 - 127x DS1	127x DS1
		1, 3, 4x DS3	6x DS3
		1, 2x OC-3	2x OC3
Fixed Modulation Options	Fixed	QPSK, 16, 32, 64, 128, 256 QAM	
Adaptive Coding and Modulation	Modulation Options	QPSK, 16, 64, 256 QAM	
	Coding Options	Max Throughput, Max System Gain	
Co-Channel Operation with XPIC	Optional	>20dB XPOL improvement	
Adaptive Equalization		24 tap T/2 spaced feed-forward filter	
ETHERNET SPECIFICATIONS			
Ethernet Standards Compliance	Ethernet	IEEE 802.3	
User Ports, per Data Access Card (DAC)		3x 10/100/1000BaseT, 2x SFP Optical or Electrical	
Networking Protocols		IPv4 and IPv6	
Switch Capacity		5x 1Gbit/s user ports + 6x backplane ports	
Maximum Frame Size		10000 bytes bi-directional	
Throughput Acceleration (Frame Size Dependent)		IFG & Preamble Suppression	
Traffic Prioritization		Per port based prioritization	
VLAN Support		IEEE 802.1Q, 802.1ad (Q-in-Q)	
Flow Control		IEEE 802.3x	
Link Aggregation		802.1AX LAG L1/LA (proprietary)	
OAM		IEEE 802.1ag / ITU-T Y.1731	
Monitoring	Port and Channel Status	Performance Graphs, RMON-1, Port and Channel	
TDM SPECIFICATIONS			
Interfaces per Data Access Card (DAC)	NxDS1	1 to 16x 1.544 Mbit/s [DS1]	
(Multiple DACs of the same or different kind can be used per shelf)	NxDS3	1 to 3x 44.736 Mbit/s [DS3]	
	DS3 Mux	2x DS3 to 2x28x DS1 Mux, channelized	
	NxOC3	Optical or Electrical	1 or 2x 155.52 Mbit/s [OC3]
	OC3 Mux	1x OC3 to 84x DS1 Mux	
Standards Compliance	DS1, DS3	ITU-T Rec. G.703, G.823	
	OC3, Electrical / Optical	ITU-T Rec. G.703, G.825 / ITU-T Rec. G.957, G.825	
PROTECTION			
Link Protection options		Hot-Standby, Space or Freq Diversity	
Ring/Network Protection options		Resilient Wireless Packet Ring (RWPRTM), IEEE 802.1w RSTP ITU-T G.8032 ERP	
User Line Interface Protection		1+1: Ethernet, OC3, DS3, DS1	
SECURITY COMPLIANCE			
Security and Encryption		Optional FIPS 197 validated, 128/256-bit AES encryption Optional FIPS 140-2 Level 2 validated	
SYNCHRONIZATION			
Synchronization Options		Synchronous Ethernet (G.8262) IEEE 1588v2 frames passed transparently DS1 Line clock	
STANDARDS COMPLIANCE			
EMC		FCC CFR 47, Part 15	
Operation		EN 300 019, Class 3.1E	
Safety		UL 60950-1	
NEBS		GR-1089-CORE, GR-63-CORE	
Electric power substations		IEEE 1613	
MECHANICAL, ENVIRONMENTAL			
Plug-in card slots		INU: 4; INUE: 10	
Rack Height		INU: 1RU; INUE: 2RU	
Operating Temperature	Guaranteed	-5° to +55° C [23° to +131° F]	
Humidity	Guaranteed	0 to 95%, non-condensing	
FAULT AND CONFIGURATION MANAGEMENT			
Secure Management	Encryption	AES-128/256, DES, 3DES	
Local/remote Configuration Tool		Eclipse Portal	
Network Management		Aviat Networks ProVision™	

Ilustración A1 4. Especificaciones técnica la radio AVIAT NETWORKS

ANEXO 2



Fotografía A2 1. Vista general del enlace



Fotografía A2 2. Torre de telecomunicaciones en Cerro Junín



Fotografía A2 3. Torre de telecomunicaciones en SE Pragsha



Fotografía A2 4. Torre de telecomunicaciones en SE Excelsior



Fotografía A2 5. Distribuidor de energía -48Vdc



Fotografía A2 6. Rectificador ALPHA de -48Vdc CXPS-E103



Fotografía A2 7. Inversor ALPHA 20000

ANEXO 3

Configuración de un enlace microonda utilizando equipos de radiofrecuencia marca AVIAT NETWORKS

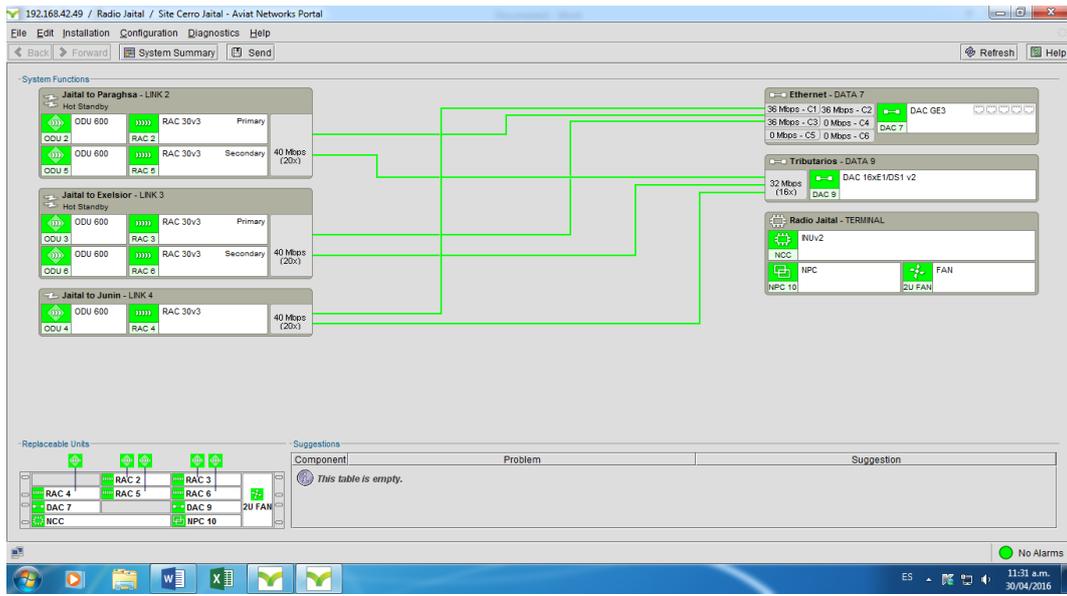


Ilustración A3 1. Pantalla principal de configuración

En la pantalla siguiente se muestra la frecuencia de Tx, Rx, rango de frecuencia 7486.875Mhz - 7547.125Mhz y las opciones de modulación.

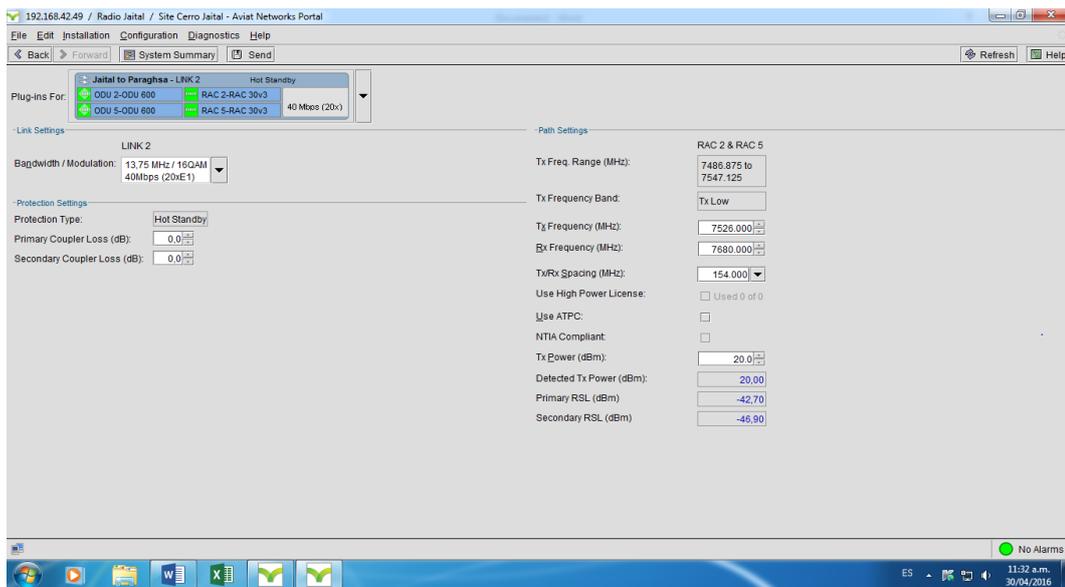


Ilustración A3 2. Frecuencia, ancho de banda y modulación

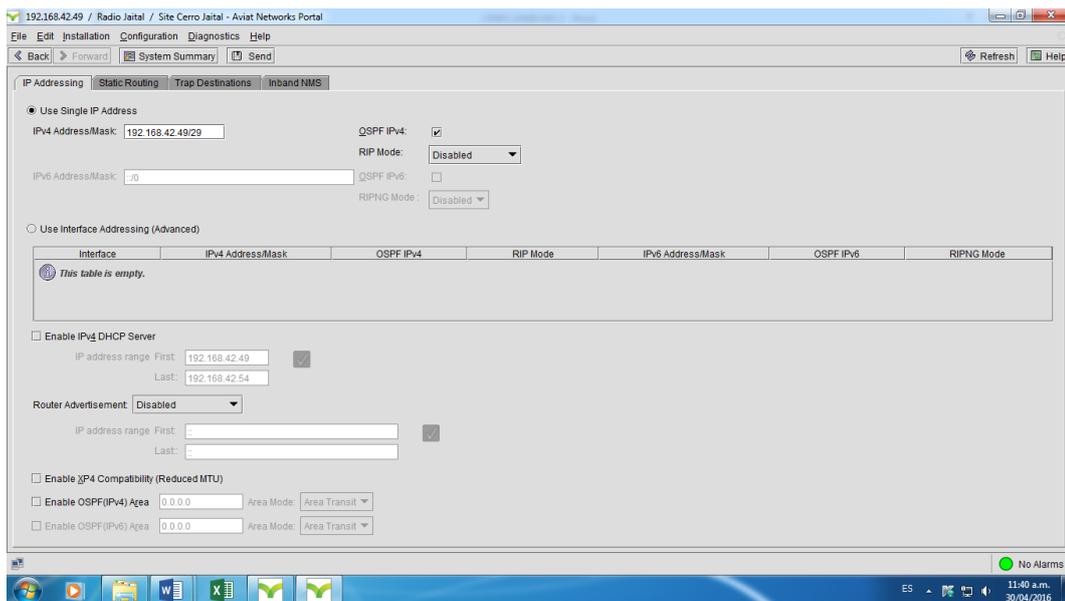


Ilustración A3 3. Asignación de dirección IP y puerta de enlace

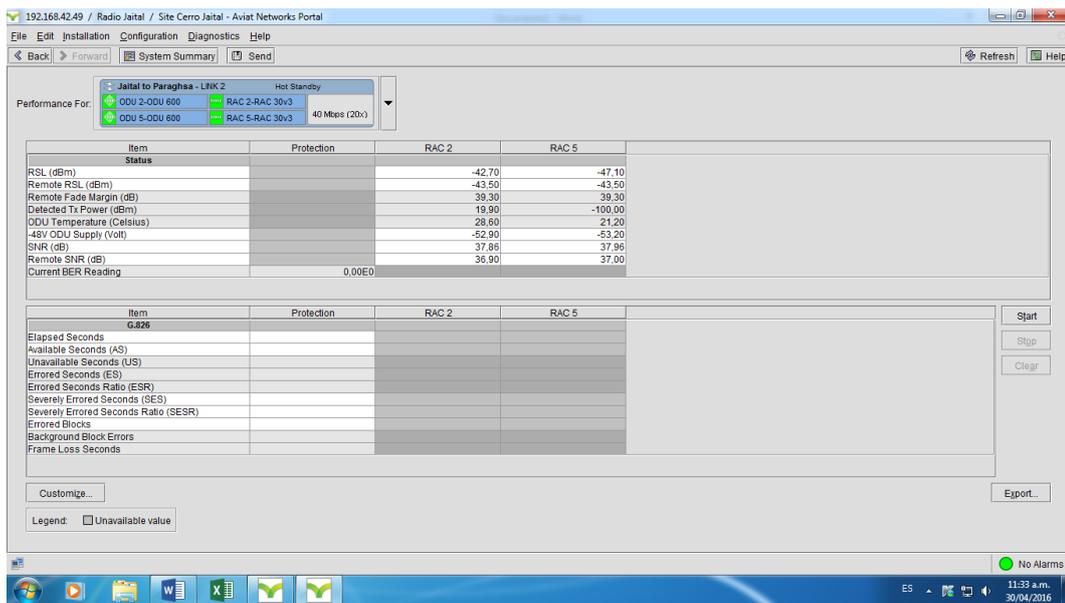


Ilustración A3 4. Muestra los niveles del enlace

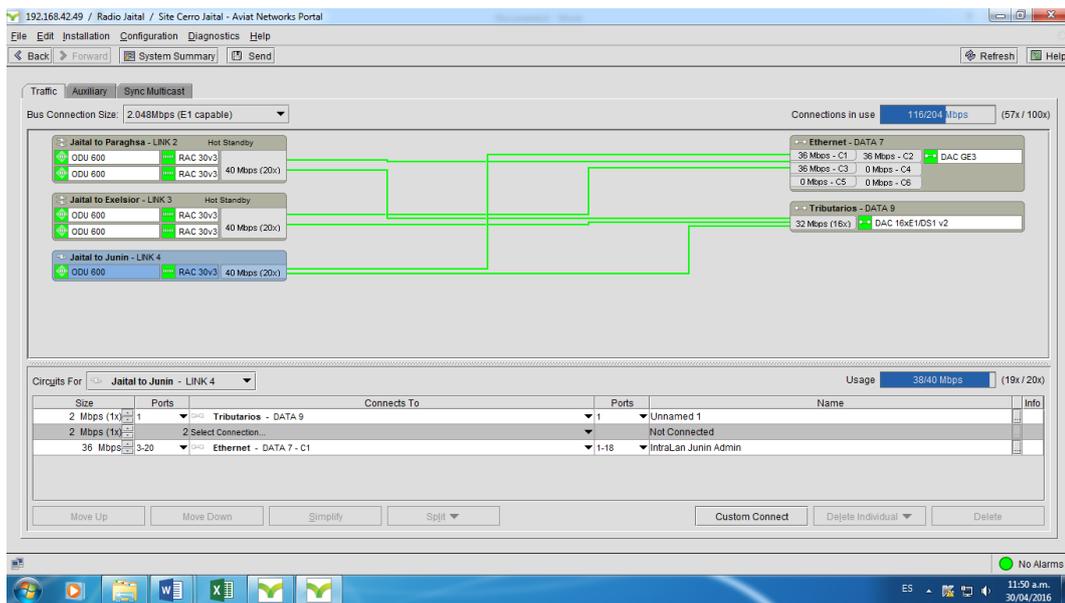


Ilustración A3 5. Habilitar puertos Ethernet