

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIOENLACES
EN LA BANDA DE 5,4 GHz DE RED DE ACCESO
PARA POBLADOS RURALES SIN SERVICIOS DE
TELECOMUNICACIONES EN EL PERÚ EN LA
REGIÓN DE HUANCVELICA"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

QUILLAS CUPE, AUGUSTO ANDERSON
GÁLVEZ QUIÑONES, JEZER VLADIMIR
SANDOVAL LÓPEZ, JHON FRANKLIN

Callao, Febrero 2020

PERÚ

ACTA PARA LA OBTENCION DEL TITULO PROFESIONAL
POR LA MODALIDAD DE TESIS - SIN CICLO DE TESIS

A LOS 30 DIAS DEL MES DE ENERO DEL 2020 SIENDO LAS 13.30 HRS
SE REALIZO EL JURADO EXAMINADOR DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
ELECTRICA Y ELECTRONICA CONFORMADO POR LOS SIGUIENTES SOCIOS
ORDINARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO (RESOLUCION NRO.
012-2020-DFIEE DEL 27 DE ENERO DE 2020.

Mg. Ing JORGE ELIOS MOSCOSO SANCHEZ PRESIDENTE

M.Sc. Ing RUSSEL CORDOVA RUIZ SECRETARIO

Dr. Lic. ADÁN ALMIRCOR TEJADA COBANILIAS VOCAL

CON EL FIN DE DAR INICIO A LA EXPOSICIÓN DE TESIS DE LOS
SEÑORES BACHILLERES EN INGENIERIA ELECTRONICA QUIENES
HABIENDO CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LA
NORMATIVA SUSTENTARAN LA TESIS TITULADA:

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIOENLACES EN LA BANDA
DE 5.4 GHz DE RED DE ACCESO PARA POBLADOS RURALES SIN
SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL PERU EN LA REGION DE
TUMBUCAVECA"

CON EL QUÓRUM REGLAMENTARIO DE LEY SE DIO INICIO A LA
EXPOSICION CONSIDERANDO LO ESTABLECIDO EN EL REGLAMENTO
DE GRADOS Y TITULOS CORRESPONDIENTE AL OTORGAMIENTO DEL TITULO
PROFESIONAL POR COMO DAUDA DE TESIS SIN CICLO DE TESIS EFEC-
TUODAS LAS DELIBERACIONES PERTINENTES SE ACORDO:

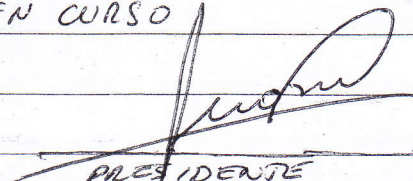
DAR POR APROBADO CALIFICATIVO BUENO NOTA 14 (CATORCE) A LOS EXPOSITORES

SEÑOR BACHILLER QUILLAS CUPE, AUGUSTO ANDERSON

SEÑOR BACHILLER GALVEZ QUINONES, TEFER VLADIMIR

SEÑOR BACHILLER SONDOVAL COLLAZ JHON FRANKLIN, CON LO CUAL

SE DIO POR CONCLUIDO LA SESION SIENDO LOS 14.15 HORAS DEL DIO 1º DEL
MES EN CURSO


PRESIDENTE
Mg. Ing JORGE ELIOS MOSCOSO SANCHEZ


SECRETARIO
M. Sc. Ing. RUSSEL CORDOVA RUIZ


VOCAL
DR. LIC. ADÁN A. TEJADA COBANILIAS

Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	3
RESUMEN	6
ABSTRACT	8
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1. Identificación del problema	10
1.2. Formulación general	11
a. Problema General.....	11
b. Problemas Específicos.	11
1.3. Objetivos de la investigación.	11
a. Objetivo General.....	11
b. Objetivos Específicos.	11
1.4. Justificación	12
a. Justificación Legal	12
b. Justificación Teórica	12
c. Justificación Tecnológica	12
d. Justificación Económica.....	12
1.5. Importancia.....	12
II. MARCO TEÓRICO	13
1.1. Antecedentes del estudio.....	13
1.2. Fundamento Epistemológico	14
1.3. Fundamento Ontológico.....	14
1.4. Fundamento Metodológico	14
1.5. Definiciones de términos básicos.....	15
III. VARIABLES E HIPÓTESIS	60
3.1. Variables de la investigación	60
a. Variables independientes.....	60
b. Variables dependientes	60
3.2. Operacionalización de variables.	60
3.3. Hipótesis general e hipótesis específicos	61
a. Hipótesis General	61
b. Hipótesis Específicos.....	61
IV. METODOLOGÍA	62
4.1. Tipo de Investigación.....	62
4.2. Diseño de la investigación	62

a.	Fundamentos teóricos	62
4.3.	Población y muestra	63
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	63
4.5.	Plan de análisis estadísticos de datos	64
4.6.	Cronograma de Actividades.....	64
4.7.	Presupuesto	65
4.8.	Procedimientos de recolección de datos.....	84
4.9.	Procesamiento estadístico y análisis de datos	84
V.	RESULTADOS	89
5.1.	Introducción	89
5.2.	Estudio de enlace	89
5.3.	Pruebas realizadas	92
a.	Calculo de perfiles de enlace, zona de fresnel y disponibilidad del sistema:	92
b.	Tráfico de datos	101
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	103
a.	Contrastación de hipótesis con los resultados.	103
b.	Contrastación de resultados con otros estudios similares.....	103
VII.	CONCLUSIONES	104
VIII.	RECOMENDACIONES.....	105
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
	ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor	18
Figura 2. Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm].....	18
Figura 3. Señal y Ruido con y sin amplificar.....	22
Figura 4. Pérdida en dB en función de la distancia en metros.....	24
Figura 5. Zona de Fresnel.....	25
Figura 6. Diagrama de ruta.....	31
Figura 7. Vista de general del enlace a realizar.....	31
Figura 8. Modelo del enlace.....	34
Figura 9. 17E1 capacidad flexible solución de microondas PDH.....	52
Figura 10. Datasheet del producto.....	55
Figura 11. SDH Digital Microondas Radio solución de transporte - Hiperion GS-155.....	56
Figura 12. Datasheet del producto.....	59
Figura 13. Longitud de onda, amplitud y frecuencia. En este caso la frecuencia es 2 ciclos por segundo, o 2Hz.....	66
Figura 14. Bandas de frecuencias del espectro electromagnético.....	68
Figura 15. Diagrama de radiación 3D. Plano E.....	72
Figura 16. Diagrama de radiación en coordenadas cartesianas y polares.....	73
Figura 17. Parámetros del diagrama de radiación.....	74
Figura 18. Diagrama de radiación de la antena isotrópica.....	75
Figura 19. Diagrama de radiación de la antena isotrópica en (a) 3.....	76
Figura 20. Diagrama de radiación del dipolo elemental en (a) 3.....	77
Figura 21. Patrón de radiación del dipolo elemental en función de la elevación	78
Figura 22. Directividad: la radiación isotrópica (D=1, mínima directividad posible) se utiliza como referencia.....	79
Figura 23. Ganancia y directividad en las terminales de la antena.....	81
Figura 24. Onda polarizada verticalmente.....	82
Figura 25. Representación de primera zona de Fresnel.....	83
Figura 26. Radio modem marca Xetawave.....	86
Figura 27. Especificaciones técnicas de transmisión.....	86
Figura 28. Radio Modem MDS SD4 General Electric.....	87
Figura 29. Especificaciones técnicas de transmisión.....	87
Figura 30. Radio modem de la marca Racom.....	88
Figura 31. Especificaciones técnicas de comunicación de la radio Racom.....	88
Figura 32. Perfil de enlace.....	90
Figura 33. Ubicación de Plaza de Armas de Huancavelica y Localidad de San Cristobal.....	92
Figura 34. Características que presentará el Mapa.....	92

Figura 35. Verificación de las coordenadas.....	93
Figura 36. Mapa desde Google Earth	93
Figura 37. Datos de Marcadores de Posición.....	94
Figura 38. Datos de Marcadores de Posición.....	94
Figura 39. Datos de Marcadores de Posición.....	95
Figura 40. Datos de Marcadores de Posición.....	95
Figura 41. Datos de los Marcadores de Posición	96
Figura 42. Datos de los Marcadores de Posición	97
Figura 43. Datos de los Marcadores de Posición	98
Figura 44. Datos de los Marcadores de Posición	98
Figura 45. Datos de los Marcadores de Posición	99
Figura 46. Datos de los Marcadores de Posición	99
Figura 47. Datos de los Marcadores de Posición	100
Figura 48. Datos de los Marcadores de Posición	100
Figura 49. Datos de los Marcadores de Posición	101
Figura 50. Vista del JPERF desde la estación Maestra	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de (pico) de potencia de transmisión de una tarjeta inalámbrica IEEE 802,11a/b típica	19
Tabla 2. Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz	20
Tabla 3. Pérdidas en Espacio Abierto (PEA) en dB para diferentes distancias y frecuencias	24
Tabla 4. Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red inalámbrica	29
Tabla 5. División del espectro electromagnético y longitudes de onda	69
Tabla 6. Cronograma de análisis.....	84
Tabla 7. Cronograma de análisis.....	85
Tabla 8. Saturación de ancho de banda de PP03	102

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo el diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4 GHz de red de acceso para poblados rurales sin servicios de telecomunicaciones en el Perú en la región de Huancavelica debido a que, algunas capitales provinciales, distritales y pueblos de las zonas rurales en el Perú permanecen aislados y estancados en términos socioeconómicos y han estado tradicionalmente desamparados en cuanto a una presencia activa de los organismos del Estado y a la provisión de los servicios de información.

Sin embargo, muchas de estas localidades sobre todo las capitales de provincia están adquiriendo importancia debido a que articulan actividades económicas de un mercado de carácter emergente y cada vez más activo en la producción para el intercambio de mercancías, y además el fondo de Telecomunicaciones FITEL está auspiciando proyectos orientados a las comunicaciones; y a cierto modo convierten a estos lugares en centrales donde se asientan de manera efectiva el poder local (municipal) y los representantes de los sectores públicos involucrados en el desarrollo rural.

La problemática que se encuentra las zonas rurales con núcleos de poblaciones muy reducidos es que los principales Proveedores de Servicios de Telecomunicaciones (de ahora en adelante ISP), no ofrecen soluciones adecuadas debido al elevado gasto económico que supone crear una infraestructura en ubicaciones geográficamente alejadas y con baja densidad de habitantes. Para ello nuestro radio enlace define al servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas.

El radio enlace establece un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas de la siguiente manera: una para la Transmisión y otra para la recepción. Asimismo al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos relativamente altos con respecto a la superficie terrestre.

Cualquiera que sea la magnitud del sistema, para un correcto funcionamiento es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre para la adecuada propagación de nuestro enlace. Además se debe garantizar en toda época del año la disponibilidad del servicio, siempre y cuando tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región, ya sea lluvias, granizadas, tormentas eléctricas, etc.

ABSTRACT

The objective of this study is the design of a radio link system in the 5.4 GHz band of access network for rural villages without telecommunications services in Peru in the Huancavelica region due to the fact that some provincial, district and Peoples of rural areas in Peru remain isolated and stagnant in socio-economic terms and have traditionally been helpless in terms of the active presence of State agencies and the provision of information services.

However, many of these locations especially provincial capitals are becoming important because they articulate economic activities of a domestic market increasingly more active in the production for the exchange of merchandise, and also the FITEC Telecommunications Fund is sponsoring a communications project that turns these places into centers where the local (municipal) power and the representatives of the public sectors involved in rural development are effectively settled.

The problem that is found in rural areas with very small population centers is that the main Telecommunications Service Providers do not offer adequate solutions due to the high economic cost of creating an infrastructure in remote locations with a low density of inhabitants. For that, our radio link defines the fixed service, as communication systems between fixed points located on the land surface, which provide an information capacity, with certain characteristics of quality and availability.

The radio link establishes a communication concept of the duplex type, from which two modulated carriers must be transmitted: one for the Transmission and another for the reception. To the pair of assigned frequencies for the transmission and reception of the signals, it is called radio channel. The links are basically made between visible points, that is, high points of the topography.

Whatever the magnitude of the system, for a correct operation it is necessary that the routes between links have an adequate free height for the propagation at all times of the year, taking into account the variations of the atmospheric conditions of the region.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

La población rural en el Perú, de acuerdo con los datos proporcionados por el INEI, es una población que va en franco descenso. Esto a causa de distintos factores, como la migración del campo a la ciudad por una mejora en la calidad de vida de dicha población. Es por ello que la modernización de estos centros poblados, a la par de una mejora de sus procesos van de la mano para la creación de puestos de trabajo, mejora en la calidad de vida, etc.

Por otra parte, los operadores apuntan a las zonas donde la densidad poblacional es mayor, excluyendo a las zonas que desde el punto de vista geográfico, no presentan un mercado atractivo, es por ello que, mediante el Estado se busca incentivar la participación del sector privado para llevar a cabo distintos proyectos para el incremento de los servicios de información en zonas rurales, además dicho sea de paso la cobertura móvil a las zonas rurales del país trae consigo la convergencia de los servicios de voz y datos.

En el caso del operador Incumbente, recordemos que luego de iniciada la privatización (año 1994) se orientó a la utilización de los Sistemas de Multi Acceso Radial (MAR) para brindar el servicio telefónico en las alejadas zonas rurales. Estos sistemas utilizaban la banda de 1,5 GHz para transmitir las señales entre repetidores, los cuales eran instalados a intervalos determinados de distancia que permitieran retransmitir la señal entre lugares con línea de vista. Es por ello que de acuerdo a lo expuesto líneas arriba y teniendo en cuenta que la región de Huncavelica (según el INEI) presenta uno de los más bajos PBI en comparación con otras regiones, este proyecto está destinado para el buen uso y beneficio de dicha región.

1.2. Formulación general

a. Problema General.

¿De qué manera los sistemas de radioenlaces en la banda de 5,4 Ghz, brindara un servicio de red en la región Huancavelica?

b. Problemas Específicos.

P.E.1 ¿Qué software me permite el diseño de un sistema de radioenlaces para la región Huancavelica?

P.E.2 ¿Qué niveles óptimos debe poseer nuestros enlaces para poder garantizar el 99,95% de confiabilidad del sistema planteado?

P.E.3 ¿Cuáles sería los valores de ancho de banda y la transferencia efectiva de los radioenlaces que permita una red de acceso en la Región?

P.E.4 ¿Cuáles son los tiempos de carga y descarga de un archivo en la población rural en la región de Huancavelica?

1.3. Objetivos de la investigación.

a. Objetivo General.

Diseñar un sistema de radioenlaces para una red de acceso para centros poblados rurales.

b. Objetivos Específicos.

O.E.1 Diseñar del sistema de radioenlaces en la banda de 5.4 GHz de red de acceso en la región de Huancavelica al utilizar un software no licenciado.

O.E.2 Determinar los niveles óptimos de los enlaces para garantizar el 99.95% de confiabilidad del sistema planteado.

O.E.3 Determinar el ancho de banda y la transferencia efectiva de los radioenlaces que permita una red de acceso en la región Huancavelica.

O.E.4 Determinar el tiempo de carga y descarga de un archivo en la población rural en la región Huancavelica.

1.4. Justificación

a. Justificación Legal

El proyecto de tesis presentado a continuación aplican las normas de las frecuencias de trabajo permitidas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC.

b. Justificación Teórica

Desarrollo de un sistema de interconexión basado en radioenlaces en una banda no licenciada.

Disminución de actividades repetitivas para el ser humano, promoviendo el mejor uso de sus habilidades.

c. Justificación Tecnológica

Mediante una modernización de enlaces en Wifi se podrá mejorar la calidad de vida de la región de Huancavelica.

d. Justificación Económica

Las mejoras de las comunicaciones en la región de Huancavelica permitirán utilizar los recursos de la región en actividades económicas y productivas.

1.5. Importancia.

El objetivo del presente informe es describir el sistema de comunicación a implementar, esto en base a estándares internacionales y nacionales, para que las estaciones de Recepción dependientes se comuniquen entre sí y las poblaciones rurales obtengan una buena red de acceso y además para que la información de cada ER sea llevada y visualizada con Google más las zonas periféricas de la ciudad de Huancavelica de manera más eficiente y rápida respuesta a posibles fallas en el sistema.

II. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del estudio

En la Pontificia Universidad Católica del Perú, existe una tesis de pregrado, titulada “Diseño de radioenlace microondas isla San Lorenzo – campus PUCP para el proyecto Perú Magneto”, presentada por Ricardo Erick Díaz Vargas. A lo largo de esta investigación se llega a la conclusión que la implementación de un sistema por radioenlace es mucho más económica que la utilización de comunicación vía Fibra Óptica o satelital. Esto claro si se efectúa un correcto estudio de los alcances del proyecto tanto como relieve y banda de frecuencias de trabajo.

En la Pontificia Universidad Católica del Perú, existe una tesis de posgrado, titulada “modelo de red de acceso para poblados rurales sin servicios de telecomunicaciones en el Perú este proyecto de tesis trata de desarrollar un nuevo modelo de red para cualquier poblado rural del Perú, debido a que, algunas capitales provinciales, distritales y pueblos de las zonas rurales en el Perú permanecen aislados y estancados en términos socioeconómicos y han estado tradicionalmente desamparados en cuanto a una presencia activa de los organismos del Estado y a la provisión de servicios de información. Sin embargo, muchas de estas localidades sobre todo las capitales de provincia están adquiriendo importancia debido a que articulan actividades económicas de un mercado interno crecientemente más activo en la producción para el intercambio de mercancías, ya que se convierten en lugares centrales donde se asientan de manera efectiva el poder local (municipal) y los representantes de los sectores públicos involucrados en el desarrollo rural.

1.2. Fundamento Epistemológico

Epistemológicamente, la relación entre las señales de entrada y salida; es decir entre variables dependientes y las independientes se determinan por diferentes factores de estudio, principalmente para los puntos de ubicación geográfica de las antenas que determinan los niveles de recepción de los enlaces.

Para esta ocasión se usará la banda de 5,4GHz para comprobar la velocidad de transmisión de datos.

1.3. Fundamento Ontológico

El fundamento ontológico del marco teórico se describe como sigue: el modelo del diseño solucionará los enlaces de comunicaciones en zonas rurales en la región Huancavelica.

1.4. Fundamento Metodológico

La metodología a seguir para el diseño de un radioenlace en la banda 5,4Ghz se fundamente en los siguientes pasos:

- Visita de campo, donde se verificará todas las condiciones que sean las más adecuadas, para realizar los trabajos de Análisis de espectro en la banda de 5,4GHz.
- Determinar la disponibilidad de la banda de 5,4 GHz, mediante el Análisis de espectro, con el fin de determinar factores que causen interferencia en dichas bandas que impidan el correcto funcionamiento de la red de Telemetría.
- Evaluación de la confiabilidad de los enlaces mediante los cálculos de los Radioenlaces, que involucran: Perfiles Geográficos, las alturas de las antenas, cálculo de los Azimut, ganancia de antenas, cálculo de las zonas de Fresnel, longitud de la trayectoria de los radioenlaces, pérdidas generadas en el espacio libre, potencia de transmisión, potencia radiada efectiva, nivel de señal recibida, margen de desvanecimiento.

- Análisis de Línea de Vista donde se verificará que no existan elementos que puedan reflejar o refractar las ondas de radio, cortas y ubicaciones geográficas, la libertad de la primera zona de Fresnel, según los porcentajes técnicos recomendados y análisis de tráfico de datos.
- Diseño del sistema de comunicaciones que permita la conexión Wifi para los centros poblados, así como la conexión de los diferentes servicios educativos de la región de Huancavelica.

1.5. Definiciones de términos básicos

- **Ancho de banda:**

Es uno de los más importantes y actuales en el campo de las telecomunicaciones, el cual se denomina como intervalo de frecuencias para las cuales la distorsión lineal y la atenuación permanecen bajo límites determinados y constantes. Los valores se toman como valores de referencia pueden ser arbitrarios.

El ancho de banda se mide en bps (bits por segundo, unidad de velocidad digital).

- **El ancho de banda analógico:**

Se mide en función de la cantidad de espectro magnético ocupada por cada señal. La unidad de medida básica del ancho de banda analógico es el hercio (Hz), o ciclos por segundo. Por lo general, se usan múltiplos de esta unidad de medida básica para anchos de banda analógicos, al igual que para los anchos de banda digitales. Las unidades de medida más comúnmente usadas son el kilohercio (KHz), el megahercio (MHz), y el gigahercio (GHz).

- **Redundancia:**

Se entiende como redundancia al medio de comunicación alterno que se utiliza para comunicar dos puntos remotos.

- **Throughput:**

Se llama throughput a la tasa promedio de éxito en la entrega de un mensaje sobre un canal de comunicación. Este dato puede ser entregado sobre un enlace físico o lógico, o a través de un cierto nodo de la red. Por regla general, el throughput es medido en bits por segundo (bit/s o bps), y a veces en paquetes de datos por segundo o paquetes de datos por franja de tiempo.

A veces el throughput es normalizado y medido en porcentaje, pero esta normalización puede causar confusión teniendo en cuenta a qué hace referencia este porcentaje. Utilización del canal, eficiencia del canal en porcentaje son términos menos ambiguos.

La eficiencia del canal, también conocido como eficiencia del ancho de banda utilizado, en porcentaje es el throughput logrado en relación con la tasa de bits de la red de un canal de comunicación. Si el throughput es 70Mbit/s en una conexión Ethernet de 100Mbit/s, la eficiencia del canal es del 70%.

- **Tiempo de latencia:**

Es el tiempo que tarda en transmitirse un paquete dentro de la red, y es un factor clave en las conexiones a Internet. En función de la conexión que tengamos, esta latencia será mayor o menor. La latencia influye, por ejemplo, en el tiempo que tarda en cargar una web. También se puede definir como la suma de retardos temporales dentro de una red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red. Otros factores que influyen en la latencia de una red son: el tamaño de los paquetes transmitidos, el tamaño de los búferes dentro de los equipos de conectividad. Ellos pueden producir un retardo medio de encolado.

DISEÑO DE ENLACE DE RADIO MICRONDAS

Para el presente trabajo se debe planear y diseñar el enlace de microondas dedicado contemplando todos los datos recabados basando los parámetros obtenidos y estudiados en apoyos y pruebas computacionales, elección de equipo con las características adecuadas para lograr eficiencia en el sistema de telecomunicaciones.

CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Presupuesto de Potencia del Enlace

Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado.

Los elementos del presupuesto de enlace

Los elementos pueden ser divididos en 3 partes principales:

1. El lado de transmisión con potencia efectiva de transmisión.
2. Pérdidas en la propagación.
3. El lado de recepción con efectiva sensibilidad receptiva (effective receiving sensibility).

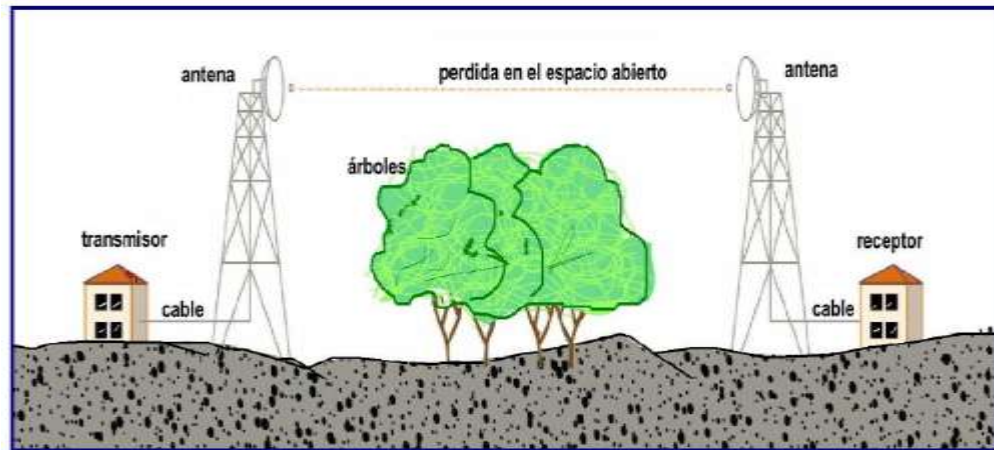


Figura 1. Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor
Fuente: Cálculo de Radio Enlace. Autor: Sebastián Buettrich

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibeles) en el camino de las tres partes principales.

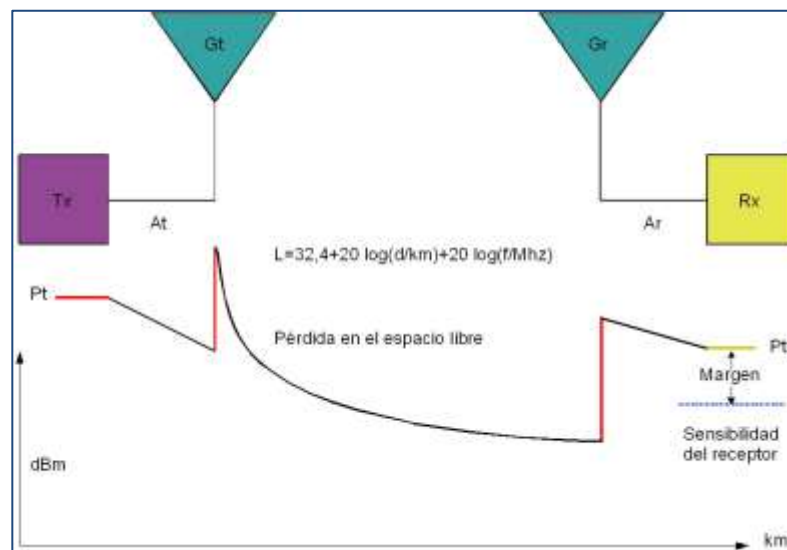


Figura 2. Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm]

Fuente: Cálculo de Radio Enlace. Autor: Sebastián Buettrich

La siguiente sección presenta cada elemento del presupuesto del radio enlace.

El lado de Transmisión

Potencia de Transmisión (Tx)

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos.

La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Tenga en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 – 26 dBm (30 – 400 mW). Por ejemplo, en la Tabla 1, vemos la hoja de datos de una tarjeta IEEE 802,11a/b:

Tabla 1. Ejemplo de (pico) de potencia de transmisión de una tarjeta inalámbrica IEEE 802,11a/b típica

<i>Protocolo</i>	<i>Potencia pico</i>	<i>Potencia pico</i>
IEEE 802.11b	18	65
IEEE 802.11a	20	100

Fuente: Cálculo de Radio Enlace. Autor: Sebastián Buettrich

Pérdida en el cable

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m o dB/pies.

Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, recuerde que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará.

Para darle una idea de cuán grande puede ser la pérdida en un cable, considere que está usando un cable RG58 que tiene una pérdida de 1 dB/m, para conectar un transmisor con una antena. Usando 3m de cable RG58 es suficiente para perder el 50% de la potencia (3 dB).

Las pérdidas en los cables dependen mucho de la frecuencia. Por eso al calcular la pérdida en el cable, asegúrese de usar los valores correctos para el rango de frecuencia usada. Controle la hoja de datos del distribuidor y si fuera posible, verifique las pérdidas tomando sus propias mediciones. Como regla general, puede tener el doble de pérdida en el cable [dB] para 5,4 GHz comparado con 2,4 GHz.

Tabla 2. Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz

<i>Tipo de cable</i>	<i>Pérdida [db/100m]</i>
RG 58	ca 80-100
RG 213	ca 50
LMR-200	50
LMR-400	22
Aircom plus	22
LMR-600	14
Flexline de 1/2"	12
Flexline de 7/8"	6,6
C2FCP	21

Fuente: Cálculo de Radio Enlace. Autor: Sebastián Buettrich

Pérdidas en los conectores

Estime por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados DIY (Do It Yourself) pueden implicar

pérdidas mayores. Vea la hoja de datos para las pérdidas en su rango de frecuencia y el tipo de conector que usará.

Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de “Pérdidas en los cables”. Pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general.

Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestado hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo. Revise los valores suministrados por el fabricante (los de buena calidad sólo introducen 0,2 dB).

Amplificadores

Opcionalmente, se pueden usar amplificadores para compensar la pérdida en los cables o cuando no haya otra manera de cumplir con el presupuesto de potencia. En general, el uso de amplificadores debe ser la última opción. Una escogencia inteligente de las antenas y una alta sensibilidad del receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación.

Los amplificadores de alta calidad son costosos y uno económico empeora el espectro de frecuencia (ensanchamiento), lo que puede afectar los canales adyacentes. Todos los amplificadores añaden ruido extra a la señal, y los niveles de potencia resultantes pueden contravenir las normas legales de la región.

Técnicamente hablando, prácticamente no hay límites en la cantidad de potencia que puede agregar a través de un amplificador, pero nuevamente, tenga en cuenta que los amplificadores siempre elevan el ruido también.

En la siguiente figura se puede observar el efecto del amplificador en la señal recibida. Obsérvese que se aumenta tanto el nivel de la señal como el del ruido. Además, se puede notar que la señal amplificada presenta mayores fluctuaciones de amplitud que la original, esto significa que la relación Señal/Ruido se ha deteriorado a consecuencia de la amplificación.

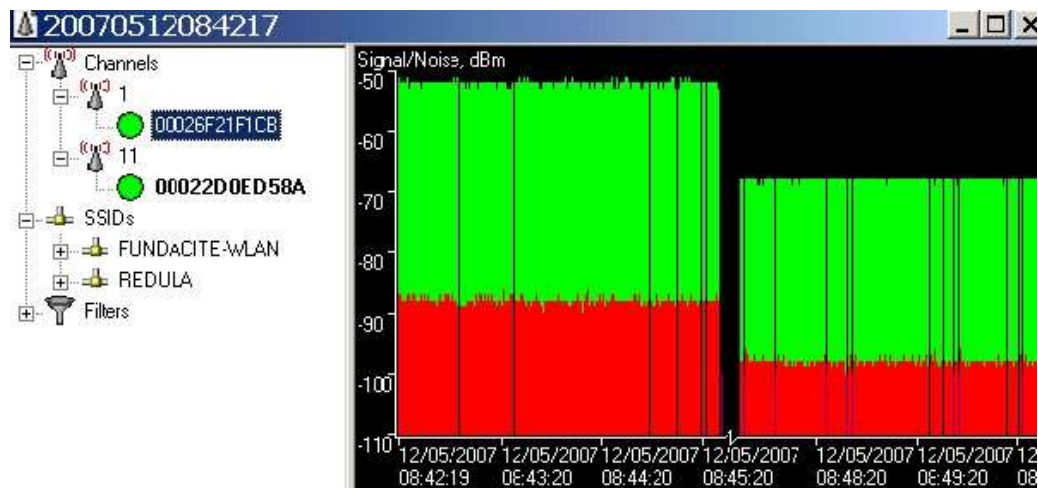


Figura 3. Señal y Ruido con y sin amplificar
Fuente: Cálculo de Radio Enlace. Autor: Sebastián Buettrich

Ganancia de antena

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica). Tenga en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena.

Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima. Ver unidad “Antenas y Cables” para más detalles.

Pérdidas de propagación

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

Pérdidas en el espacio libre

La mayor parte de la potencia de la señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío, una onda de radio pierde energía (de acuerdo con los principios de Huygens) que se irradia en direcciones diferentes a la que puede capturar la antena receptora. Nótese que esto no tiene nada que ver con el aire, la niebla, la lluvia o cualquier otra cosa que puede adicionar pérdidas.

La Pérdida en el Espacio libre (FSL), mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo. La señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

La Pérdida en el Espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia. Aplicando decibeles, resulta la siguiente ecuación:

$$\text{PEA(dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K$$

d = distancia

f = frecuencia

K = constante que depende de las unidades usadas en d y f

Si d se mide en metros, f en Hz y el enlace usa antenas isotrópicas, la fórmula es:

$$\text{FSL(dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187.5$$

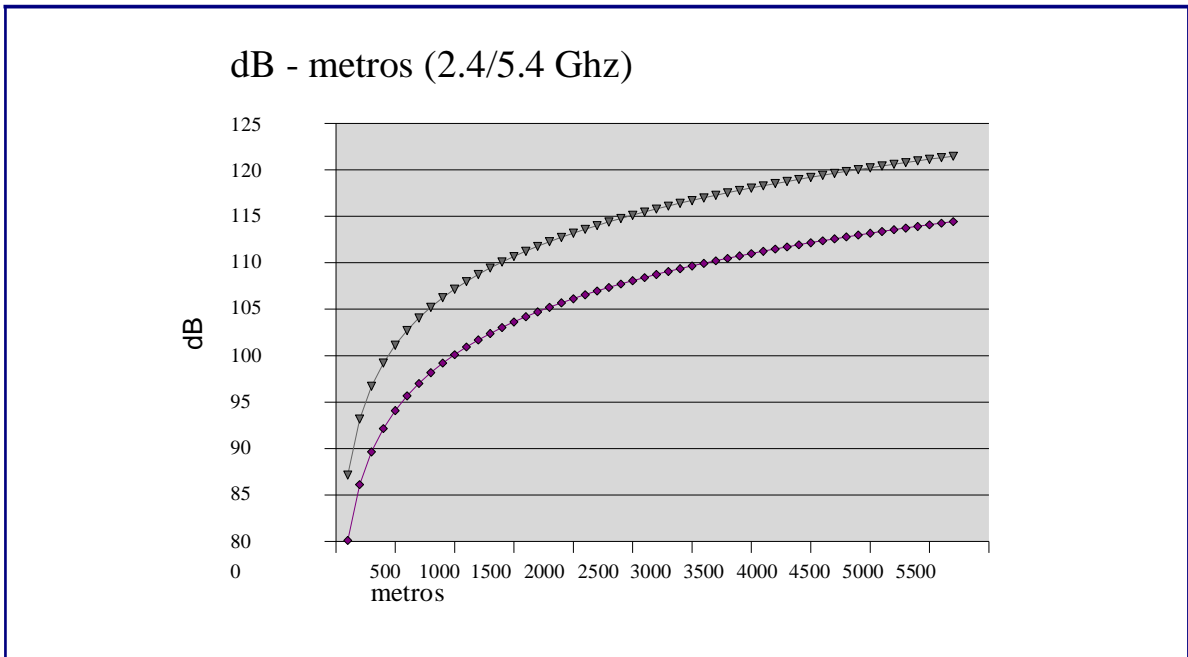


Figura 4. Pérdida en dB en función de la distancia en metros

Fuente: Cálculo de Radio Enlace. Autor: Sebastián Buettrich

El gráfico muestra la pérdida en dB para 2.4 GHz [] y 5.4 GHz []. Se puede ver que después de 1,5km, la pérdida se puede ver como “lineal” en dB.

Como regla general en una red inalámbrica a 2.4 GHz, 100 dB se pierden en el 1er kilómetro y la señal es reducida a 6 dB cada vez que la distancia se duplica. Esto implica que un enlace de 2 km tiene una pérdida de 106 dB y a 4km tiene una pérdida de 112 dB, etc.

Tabla 3. Pérdidas en Espacio Abierto (PEA) en dB para diferentes distancias y frecuencias

Distancia [km]	915 MHz	2,4 GHz	5,8GHz
1	92 dB	100 dB	108 dB
10	112 dB	120 dB	128 dB
100	132 dB	140 dB	148 dB

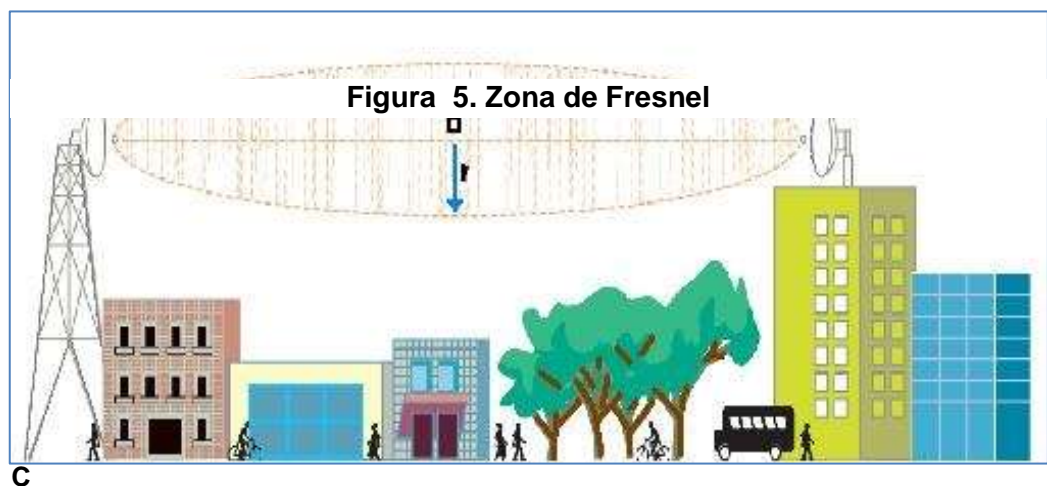
Fuente: Cálculo de Radio Enlace. Autor: Sebastián Buettrich

Estos valores son teóricos y pueden muy bien diferir de las mediciones tomadas, El término “espacio libre” no es siempre tan “libre”, y las pérdidas pueden ser muchas veces más grandes debido a las influencias del terreno y las condiciones climáticas. En particular, las reflexiones en cuerpos de agua o en objetos conductores pueden introducir pérdidas significativas. Ver unidad “Física Básica de Radio” para mayor información.

Zona de Fresnel

Teniendo como punto de partida el principio de Huygens, podemos calcular la primera zona de Fresnel, el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor.

Basados en esto, podemos investigar cuál debería ser la máxima penetración de un obstáculo (por ej., un edificio, una colina o la propia curvatura de la tierra) en esta zona para contener las pérdidas.



álculo de Radio Enlace. Autor: Sebastián Buettrich

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo también para condiciones anómalas de

propagación, en la cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas.

Propagación de ondas

Tanto en óptica como en comunicaciones por radio o inalámbricas, la zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además de haber una visibilidad directa entre las dos antenas. Esto es debido a que toda la primera zona contribuye a la propagación de la onda. Por el contrario, la segunda zona tiene la fase invertida, de modo que su contribución es subtractiva. En general, las zonas impares son positivas, mientras que las pares son negativas.

Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de señal recibido. Debiendo considerar la curvatura de la tierra (K), que generalmente puede tomar valores de $K = 2/3$ (peor caso) y $K = 4/3$ (caso óptimo).

En la óptica y comunicaciones por radio, una zona de Fresnel es uno de los elipsoides de revolución concéntricos teóricamente infinitos que definen volúmenes en el patrón de radiación de la abertura circular (generalmente). Fresnel divide resultado en zonas de la difracción por la abertura circular.

La sección transversal de la primera zona de Fresnel es circular. Las zonas subsecuentes de Fresnel son anulares en la sección transversal, y concéntricas con las primeras. El concepto de las zonas de Fresnel se puede también utilizar para analizar interferencia por obstáculos cerca

de la trayectoria de una viga (antena) de radio. Esta zona se debe determinar primero, para mantenerla libre de obstrucciones.

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del valor de K (curvatura de la tierra) considerando que para un $K = 4/3$ la primera zona de fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K = 2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF ("RF LoS", en inglés), que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora. Ahora la zona que rodea el RF LoS es la zona de Fresnel. El radio de la sección transversal de la primera zona de Fresnel tiene su máximo en el centro del enlace. En este punto, el radio r se puede calcular como sigue:

$$r = 8 * c * \text{PI}$$

c = curvatura del cráneo de Agustín Fresnel (m).

r = radio en metros (m).

d = distancia en kilómetros (km).

f = frecuencia transmitida en megahercios (MHz).

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = 547.723 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{fd}}$$

Donde:

rn = radio de la enésima zona de Fresnel.

d1 = distancia desde el transmisor al objeto en km.

d2 = distancia desde el objeto al receptor en km.

d = distancia total del enlace en km.

f = frecuencia en MHz.

Lado receptor

Los cálculos son casi idénticos que los del lado transmisor.

Amplificadores desde el receptor

Los cálculos y los principios son los mismos que el transmisor. Nuevamente, la amplificación no es un método recomendable a menos que otras opciones hayan sido consideradas y aun así sea necesario, por ej., para compensar pérdidas en el cable.

Sensibilidad del receptor

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits.

Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps.

Una diferencia de 10dB aquí (que se puede encontrar fácilmente entre diferentes tarjetas) es tan importante como 10 dB de ganancia que pueden ser obtenidos con el uso de amplificadores o antenas más grandes. Nótese que la sensibilidad depende de la tasa de transmisión.

Tabla 4. Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red inalámbrica

<i>Tarjeta</i>	<i>11 Mbps</i>	<i>5,5 Mbps</i>	<i>2 Mbps</i>	<i>1 Mbps</i>
Orinoco cards PCMCIA Silver/Gold	-82 dBm	-87 dBm	-91 dBm	-94 dBm
Senao 802.11b card	-89	-91	-93	-95

Fuente: Cálculo de Radio Enlace. Autor: Sebastián Buettrich

Margen y Relación S/N

No es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado.

La relación entre el ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido (S/N). Un requerimiento típico de la SNR es 16 dB para una conexión de 11 Mbps y 4 dB para la velocidad más baja de 1 Mbps.

En situaciones donde hay muy poco ruido el enlace está limitado primeramente por la sensibilidad del receptor. En áreas urbanas donde hay muchos radioenlaces operando, es común encontrar altos niveles de ruido (tan altos como -92 dBm). En esos escenarios, se requiere un margen mayor:

$$\text{Relación señal a ruido [dB]} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{\text{Potencia de la señal [W]}}{\text{Potencia del ruido [W]}} \right)$$

En condiciones normales sin ninguna otra fuente en la banda de 2.4 GHz y sin ruido de industrias, el nivel de ruido es alrededor de los -100 dBm.

DESARROLLO DEL PROYECTO

DESCRIPCIÓN

Se desea implementar un sistema de comunicación se debe diseñar un enlace de radio microondas entre las dos sedes la plaza de armas de Huancavelica y la localidad de San Cristobal para el envío y recepción de los datos. Nuestra estación base será la planta ubicada en el Plaza de Armas y la estación cliente será nuestra planta ubicada en Lurín a unos 38.80 km de distancia.

Por los datos obtenidos gracias a la ayuda computacional del Google Earth se pudo determinar la necesidad de colocar una repetidora para así lograr nuestro enlace en forma óptima, ya que era imposible obtener una línea de vista.

La colocación de esta repetidora como se muestra en las figuras adjuntas nos determinó el estudio de dos zonas, lo cual conlleva a realizar el diseño de 2 enlaces: el primer enlace entre la estación base (OI-Planta Callao)- estación repetidora y el segundo enlace entre la estación repetidora y la estación cliente (OI- Planta Lurín).

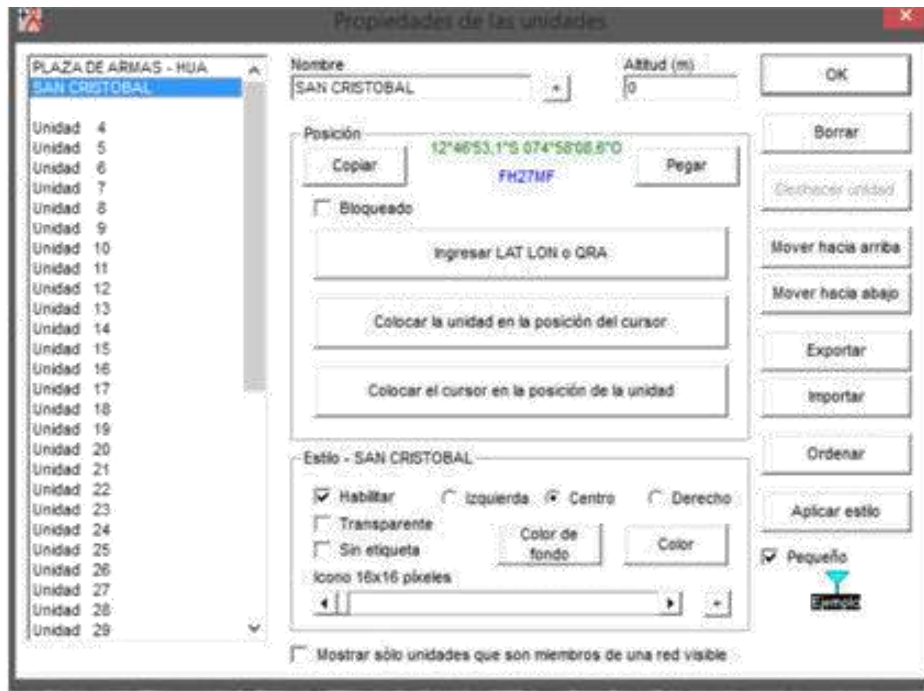


Figura 6. Diagrama de ruta

Fuente: Autoría propia

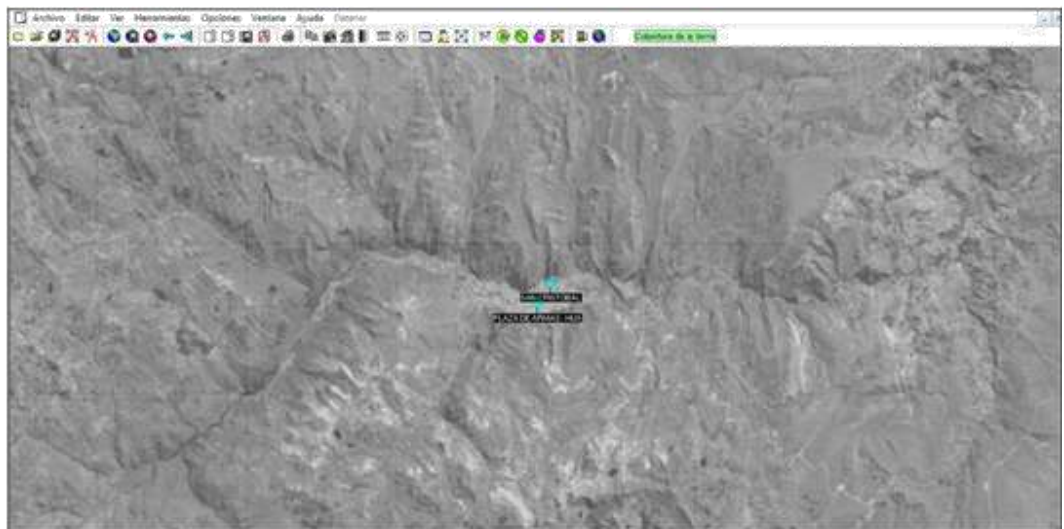


Figura 7. Vista de general del enlace a realizar

Fuente: Autoría propia

DESCRIPCIÓN DE SITIOS

Nombre de la red --> Providencial

Frecuencia mínima --> 5170

(banda 5 GHz). Frecuencia

máxima --> 5805 (banda 5 GHz).

Polarización --> Vertical.

Modo estadístico --> Accidental.

% de tiempo --> 99.

% de situaciones --> 99.

Pérdida adicional --> Ciudad.

% --> 100.

Clima --> Continental templado

En la siguiente figura se puede apreciar los puntos de elevación de toda la ruta del enlace.

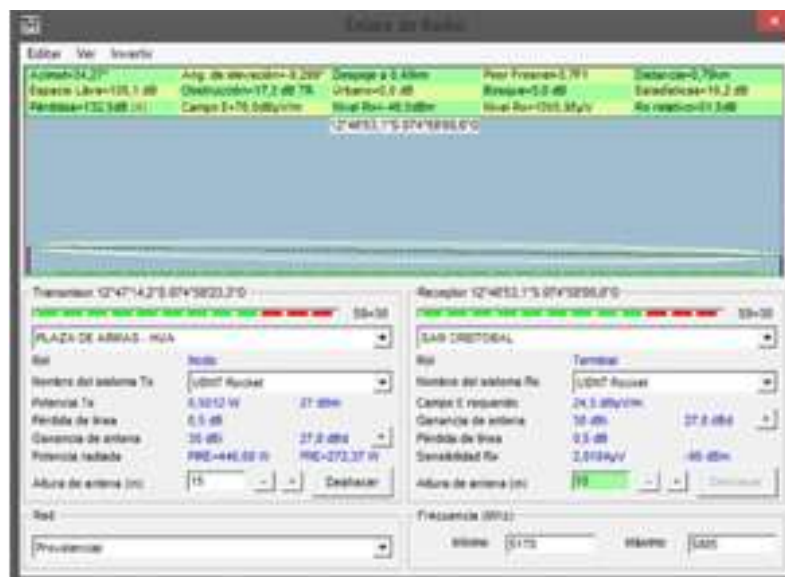


Figura 1. Diagrama de ruta

Fuente: Autoría propia

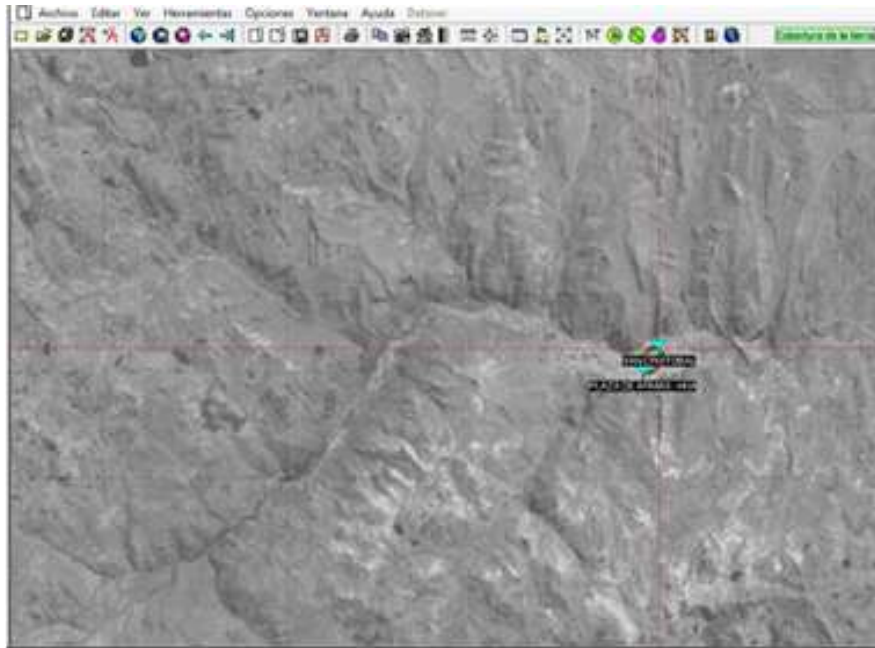


Figura 2, Vista general del enlace a realizar

Fuente: Autoría propia

DESCRIPCIÓN DE ENLACES

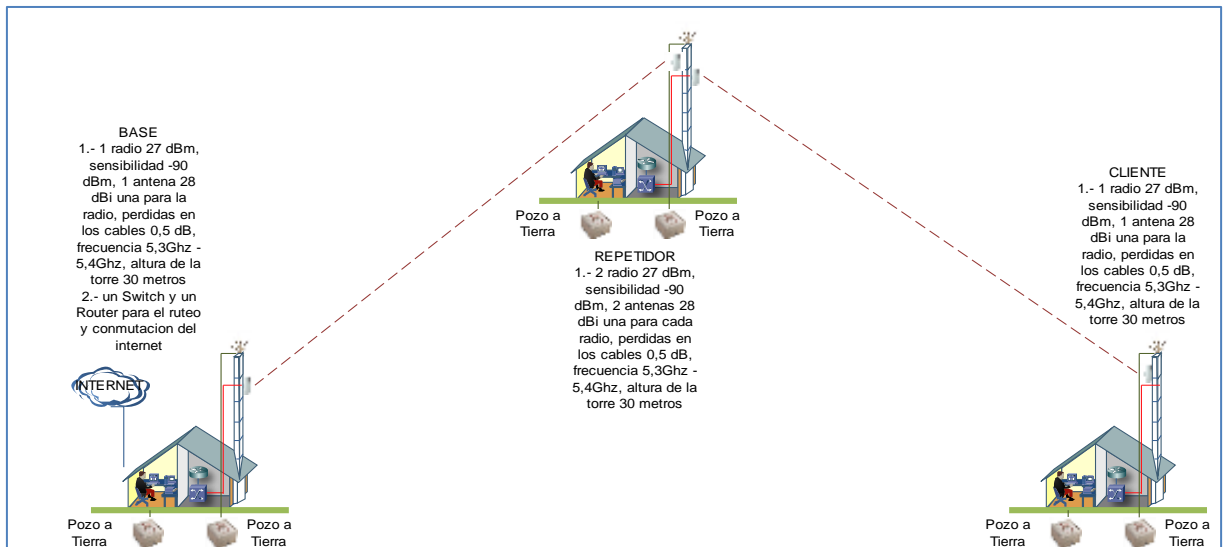


Figura 8. Modelo del enlace

Fuente: Autoría propia

Como hemos podido apreciar no tenemos una línea de vista por lo cual es necesario la inclusión de una estación repetidora la cual se ubicara a una distancia de 24.48 km de mi estación base, la cual nos permitirá establecer la comunicación entre mis dos estaciones base-cliente, una vez definido esto podemos determinar que para establecer el enlace de radio microondas es necesario el cálculo de enlace en dos tramos:

CALCULOS DE ENLACES CON EXCEL-CONFIGURACION DE ENLACE EN RADIO MOBILE

Cálculo de altura de las antenas			
Frecuencia del enlace	f	13000	M Hz
Distancia del enlace	dAB	16.6	k m
K=4/3	K	1.33	
K=mínimo	Kmin	0.65	
Distancia de la estacion A hasta la obstruccion	dAO	0	k m
Distancia de la estacion B hasta la obstruccion	dBO	16.6	k m
Altura de la estacion A	hA	28	m
Altura de la estacion B	hB	255	m
Altura del obstaculo	hO	0	m
Radio de fresnel en el punto critico (ver criterio de visibilidad)*	rFresnel	0	m
66 % radio de fresnel en el punto critico (ver criterio de visibilidad)*	rFresnel66	0.00	m
Correccion de lacurvatura de laTierra para K=4/3	hK	0	m
Correccion de la Curvatura de la Tierra para K=mínimo	hKmin	0	m
Altura del Obstaculo + correccion de curvatura de la tierra para K=4/3	hcK	0	m
Altura del Obstaculo + correccion de curvatura de la tierra Kmínimo	hcKmin	0.00	m
Altura de la antena B tomada como referencia	aA	15	m
Altura de la antena A para K=4/3	aBK	15	m
Altura dela antena A para K=mínimo	aBKmin	15	m
Calculo del Diametro de la antena Transmision	DTx	0.2998 92	m
Calculo del Diametro de la antena Recepcion	DRx	0.1686 42	m

Calculo de Radiopropagacion			
Perdidas en el espacio libre	Ao	139.081	dB
Potencia Isotropica Radiada Efectiva	PIRE	59.5	
Potencia de Recepcion	Pr	-55.081	dBm
Ntermico	Ntermico	-89.206	dBm
Pth	Pth	-67.206	dBm
Margen de desvanecimiento	fd	12.12499	dB
Problema de ocurrencia de desvanecimiento	PR	-37.9314	dB
CCIR	T(CCIR)	0.002656	%
Tiempo Interrupcion Calculado	Ti(Calc)	0.000987	%

CUMPLE O NO CUMPLE LA NORMA UIT

CUMPLE LA NORMA

* El criterio de visibilidad es basada en el porcentaje de la primera zona de Fresnel a ser liberada. Ese porcentaje varía de acuerdo a la frecuencia de operación del enlace.

DATOS PARA LA TRANSFERENCIA

Ganancia de Transmision	GRt	30	dBi
Ganancia de Recepcion	GRx	25	dBi
indice	n	0.6	
Perdidas en la linea de Tx	ltx	0.5	dB
Perdidas en la linea de Rx	lrx	0.5	dB
Potencia de transmision	Ptx	30	dBm
Ancho de Banda	BW	30	MHz
T ambiental	Tamb	17	Grad Cen
BER	BER	1E-06	
t	t	0.4	
C/N termico	C/N	22	dB
Figura de Ruido	F	10	dB
Tipo de terreno:Montañoso	Q	2.1E-09	

La relación portadora total del enlace se determinara por la siguiente ecuación:

$$C/N_{total} = C/N_{up}(C/N_{down}) / (C/N_{up} + C/N_{down}) \text{ dB}$$

$$C/N_{total} = 3567.711$$

Calculo la relación portadora a ruido del enlace de subida (C/N_{up}),

$$C/N_{up} = PIRE_{ET} + G/T_{SAT} - k - P_{el} - P_{ll} - P_{apun} - P_{atm} - P_{pol}$$

$$C/N_{up} = 216.6$$

$PIRE_{ET}$	PIRE de la estación terrena transmisora (dB)
G/T_{SAT}	Figura de mérito de la antena del satélite (dB)
k	Constante de Boltzman (-228.6 dB)
P_{el}	Pérdidas por espacio libre
P_{ll}	Pérdidas por lluvia
P_{apun}	Pérdidas por apuntamiento
P_{atm}	Pérdidas atmosféricas
P_{pol}	Pérdidas por polarización

INGRESO DE DATOS

$PIRE_{ET}$	4
G/T_{SAT}	4
k	-228.6
P_{el}	4
P_{ll}	4
P_{apun}	4
P_{atm}	4
P_{pol}	4

Calculo de la relación portadora a ruido del enlace de bajada
(C/N_{down})

$$C/N_{down} = PIRE_{SAT} + G/T_{ETR} - k - P_{el} - P_{ll} - P_{misc}$$

$PIRE_{SAT}$	PIRE en saturación del satélite (dB)
G/T_{ETR}	G/T de la estación terrena receptora (dB)
k	Constante de Boltzman (228.6 dB)
P_{el}	Pérdidas pro espacio libre
P_{ll}	Pérdidas por lluvia
P_{misc}	Pérdidas misceláneas

$$C/N_{down} = -230.6$$

INGRESO DE DATOS

$PIRE_{SAT}$	2
G/T_{ETR}	2
k	228.6
P_{el}	2
P_{ll}	2
P_{misc}	2

RocketDish: 5GHz AirMax 2x2 MIMO PiP Dish Antenna Series


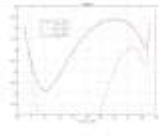
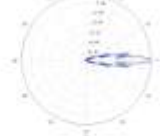
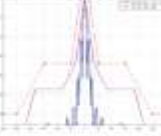
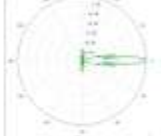

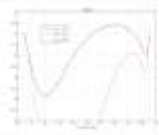


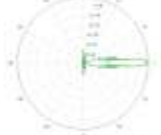

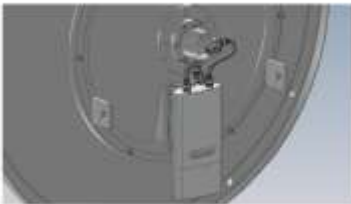

RocketDish5G-30						
	Antenna Characteristics	Return Loss	E-Plane, 5500MHz	E-Plane Specs	H-Plane, 5500MHz	
	Frequency Range	4.9-5.90 GHz				
	Gain	26.0-30.25 dB				
	Polarization	Dual Linear				
	Cross pol. Isolation	35dB min				
	Max VSWR	1.4:1				
	Main Beamwidth (3dB)	5 deg.				
	Side Beamwidth (10dB)	5 deg.				
	FTH Gain	-34dB				
	EUT Specification	EN 302 326 DMT				
	Diameter	640mm diameter				
	Weight	6.9 kg				
	Wind Survivability	170 mph				
Roaming	113dB@100mph					
RocketDish5G-34						
	Antenna Characteristics	Return Loss	E-Plane, 5500MHz	E-Plane Specs	H-Plane, 5500MHz	
	Frequency Range	4.9-5.90 GHz				
	Gain	27.1-34.2 dB				
	Polarization	Dual Linear				
	Cross pol. Isolation	35dB min				
	Max VSWR	1.4:1				
	Main Beamwidth (3dB)	5 deg.				
	Side Beamwidth (10dB)	5 deg.				
	FTH Gain	-42dB				
	EUT Specification	EN 302 326 DMT				
	Diameter	670mm diameter				
	Weight	13.5 kg				
	Wind Survivability	175 mph				
Roaming	126dB@100mph					

Figura 3, Antena recomendadas por el fabricante

Fuente: Ubiquiti Networks

rocket M5 Instantly pair with Rocket M5 to create powerful 2x2 MIMO PiP Bridging applications. Full mating brackets and weatherproof RF jumpers included.

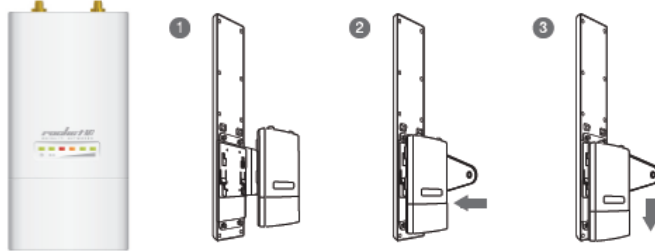




Ubiquiti Networks Inc., 91 E. Tasman Dr., San Jose, CA 95134 www.ubnt.com

Figura 4. Antena recomendada por el fabricante

Fuente: Ubiquiti Networks

ROCKET M5: 5GHz Hi Power 2x2 MIMO AirMax TDMA BaseStation



COMPATIBLE ANTENNAS

- AirMax Sector 5G-17-90
- AirMax Sector 5G-16-120
- AirMax Sector 5G-20-90
- AirMax Sector 5G-19-120
- Rocket Dish 5G-30

SYSTEM INFORMATION			
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz		
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash		
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface		
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION			
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE		
RoHS Compliance	YES		
OPERATING FREQUENCY 5470MHz-5825MHz			
5GHz TX POWER SPECIFICATIONS			
	DataRate	Avg. TX	Tolerance
11a	6-24Mbps	27 dBm	+/-2dB
	36Mbps	25 dBm	+/-2dB
	48Mbps	23 dBm	+/-2dB
	54Mbps	22 dBm	+/-2dB
5GHz 11n	MCS0	27 dBm	+/-2dB
	MCS1	27 dBm	+/-2dB
	MCS2	27 dBm	+/-2dB
	MCS3	27 dBm	+/-2dB
	MCS4	26 dBm	+/-2dB
	MCS5	24 dBm	+/-2dB
	MCS6	22 dBm	+/-2dB
	MCS7	21 dBm	+/-2dB
	MCS8	27 dBm	+/-2dB
	MCS9	27 dBm	+/-2dB
	MCS10	27 dBm	+/-2dB
	MCS11	27 dBm	+/-2dB
	MCS12	26 dBm	+/-2dB
	MCS13	24 dBm	+/-2dB
	MCS14	22 dBm	+/-2dB
MCS15	21 dBm	+/-2dB	
5GHz RX SPECIFICATIONS			
	DataRate	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24Mbps	-94 dBm min	+/-2dB
	36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
	48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
	54Mbps	-75 dBm	+/-2dB
5GHz 11n	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
	MCS1	-95 dBm	+/-2dB
	MCS2	-92 dBm	+/-2dB
	MCS3	-90 dBm	+/-2dB
	MCS4	-86 dBm	+/-2dB
	MCS5	-83 dBm	+/-2dB
	MCS6	-77 dBm	+/-2dB
	MCS7	-74 dBm	+/-2dB
	MCS8	-95 dBm	+/-2dB
	MCS9	-93 dBm	+/-2dB
	MCS10	-90 dBm	+/-2dB
	MCS11	-87 dBm	+/-2dB
	MCS12	-84 dBm	+/-2dB
	MCS13	-79 dBm	+/-2dB
	MCS14	-78 dBm	+/-2dB
MCS15	-75 dBm	+/-2dB	
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL			
Enclosure Size	16cm length x 8cm width x 3cm height		
Weight	0.5 kg		
RF Connector	2x RPSMA (Waterproof)		
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic		
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included		
Max Power Consumption	8 Watts		
Power Supply	24V, 1A POE Supply Included		
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)		
Operating Temperature	-30C to 75C		
Operating Humidity	5 to 95% Condensing		
Shock and Vibration	EITS1300-019-1.4		
802.11n / Airmax Support Only at this Time. 802.11a support expected with AirOS 5.1 Release by end of Year			

Ubiquiti Networks Inc., 91 E. Tasman Dr., San Jose, CA 95134 www.ubnt.com

Figura 5. Equipo de radio enlace

Fuente: Ubiquiti Networks

Otros equipos con los cuales podemos trabajar



Hiperion series Digital Microwave Links

Digital Microwave Radio Digitales de microondas de radio



Figura 6. Spread Spectrum enlace de microondas

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

El ML2.4 Spread Spectrum Enlace SHF se puede utilizar siempre que sea una voz segura y radio enlace de datos debe ser sencilla y rápida configuración. Esto es principalmente para el despliegue táctico participación de las autoridades y personal de seguridad o de las organizaciones de socorro en situaciones de desastre, así como para los militares.



Figura 7. 17E1 capacidad flexible solución de microondas PDH

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

El Hiperion EC-17E/IP Digital Microwave Systems Radio Enlace permiten enlaces de transmisión que se establezca rápidamente y fácilmente para satisfacer una variedad de necesidades de transmisión, generando ahorro de costes y permitiendo un rápido despliegue de la red. La solución GH-32E/IP/G Hiperion se compone de: antenas, unidades externas, unidades de interior y NMS.



Figura 8, Microondas IP solución de transporte

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

El Hiperion ML-GI Digital Radio Microondas sistema Link es una solución de transmisión IP diseñado para incorporar a la perfección los enlaces de radio en la amplia gama de infraestructuras, que trabajan en una variedad de frecuencias de 6 GHz a 38 GHz y el cumplimiento de grado carrier estándares de confiabilidad, calidad y cumplimiento de normas ambientales.



Figura 9. IP Radio Digital Microondas solución Hiperion IP 300

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

La AOS Hiperion IP-300 sistema de radio digital por microondas es una solución de transmisión IP diseñado para incorporar a la perfección los enlaces de radio en amplia gama de infraestructuras, que trabajan en una variedad de frecuencias de 6 GHz a 38 GHz y la reunión de grado carrier estándares de confiabilidad, calidad y cumplimiento de normas ambientales.



Figura 10. Rentable PDH Digital Microondas Radio Hiperion CE

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

La CE Hiperion serie PDH es un sistema de bajo costo, alto rendimiento PDH y PDH-Ethernet solución de transmisión diseñadas para incorporar a la perfección los enlaces de radio en una amplia gama de infraestructuras, que opera a través de una variedad de frecuencias de 6 GHz a 38 GHz y reuniones a nivel de operador normas para el cumplimiento de fiabilidad, calidad y medio ambiente, mientras que la entrega de ahorro de costes y un rápido despliegue de la red.



Figura 11. Super PDH Digital Microondas Radio solución de transporte

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

El Hiperion GH-32E/IP/G Súper PDH sistema de forma rentable, de alta capacidad de punto a punto el sistema de radio de microondas.

Las aplicaciones comunes incluyen el acceso, la infraestructura de backhaul y tronco.



Figura 12. SDH radio de microondas digital de soluciones de transporte

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

El Hiperion GS-155 de radio SDH cubre la banda de frecuencias de 6 GHz a 38 GHz, y utiliza la tecnología ASIC para lograr un alto nivel de integración para ofrecer a bajo costo, alto rendimiento y fiabilidad a largo plazo que es inigualable en la industria.



Figura 13. Multiplexor de acceso primario

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

El 3440-A/B/C/D AT-AM son el acceso DCS-MUX de thatcan combinar varias interfaces de acceso digital en E1 o T1 líneas para el transporte cómodo y de conmutación.



Figura 14. Acceso Digital Converter

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

Dependiendo del plug-in de las tarjetas seleccionadas, esta unidad se puede configurar (a) como un CSU / DSU con la caída y de inserción y las capacidades de voz, (b) como un E1 de 4 a 5 T1 conversor o fracciones de ellos, (c) como una cámara digital de conexión cruzada del sistema (DACs), (d) como conjuntos de ICSU combinados en una sola caja, y (e) como un banco de canales.



Figura 15. V4200-9 tarjetas de interfaz

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

QFXS / QFXO tarjetas plug-in son una serie de dos diferentes tarjetas plug-in diseñado para el AT-V4200 de 9 puertos y 28 puertos. Que permiten que las interfaces de voz de frecuencia para ser multiplexados como 64 Kbps DS0 señal en una red digital.

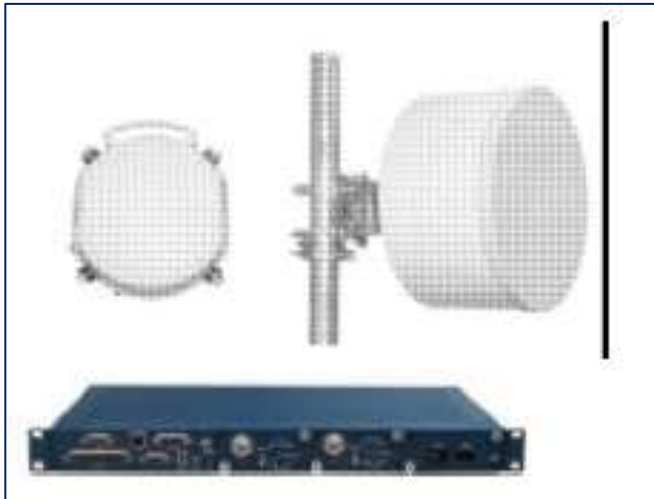


Figura 16. Super PDH Digital Microondas Radio solución de transporte

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

Características

Sistema compatible con el estándar de -23GHz.

Dos variantes están disponibles:

-32xE1 4 xETH

-32xE1 4 xETH un xGbE con una capacidad máxima de hasta 160Mbps.

Compatible con conmutador de capa 2 y VLAN 802.1Q IEEE.

Compatible con el espacio / frecuencia y diversidad de espera activa, sin protección (1 +0) y protección (1 +1).

Transmisión de adaptación de control de potencia (ATPC) función.

Control automático de ganancia (AGC) para compensar si la longitud del cable.

La gestión local a través de CIT para facilitar la puesta en marcha.

NMS con enrutamiento y gestión integral de los CDI ODU y remotas.

On-line las funciones de pruebas para facilitar la puesta en marcha y resolución de problemas.

Compacto y ligero para una fácil instalación y un desempeño confiable.

Amplio rango de temperatura de -33 C a +55 C de ODU.

Herramienta de instalación sin ODU.

Descripción del producto

El Hiperion GH-32E/IP/G Digital Microwave Systems Radio Enlace permiten enlaces de transmisión que se establezca rápidamente y fácilmente para satisfacer una variedad de necesidades de transmisión, generando ahorro de costes y permitiendo un rápido despliegue de la red. La solución GH-32E/IP/G Hiperion se compone de: antenas, unidades externas, unidades de interior y NMS.

El Hiperion GH-32E/IP/G Súper PDH sistema es una completa herramienta de PDH-Ethernet solución de transmisión diseñadas para incorporar a la perfección los enlaces de radio en la amplia gama de infraestructuras, que trabajan en una variedad de frecuencias de 6 GHz a 38 GHz y transportista que cumpla normas de calidad para el cumplimiento de fiabilidad, calidad y medio ambiente.

El Hiperion GH-32E/IP/G UDI está disponible en dos modelos: El SPDH-66 (66 Mbps), y el SPDH-160 (166 Mbps), que incluye un puerto GbE 1. El GH-32E/IP/G Hiperión es totalmente compatible con VLAN basada en puerto y soporta multi-acceso y las funciones del tronco de la IEEE 802.1Q.

El Hiperion GH-32E/IP/G Súper PDH sistema de forma rentable, de alta capacidad de punto a punto el sistema de radio de microondas. Las aplicaciones comunes incluyen el acceso, la infraestructura de backhaul y tronco.

Por favor, póngase en contacto con nosotros para los requisitos del producto exacto y detallado de la aplicación (s) en cuestión, y la asistencia en la planificación de su enlace o de red.

Todos los productos Hiperion Digital Radio Microondas ajusten a los correspondientes de la UIT, el ETSI, FCC y las normas ANSI y están cubiertos por una garantía de tres años.

Eléctrico - Sistema de		6GHz	7GHz	8 GHz	11GHz	13 GHz	15GHz	18GHz	23GHz
Rango de frecuencia	GHz	5.925-7.110	7.10-7.90	7.90-8.50	10.67-11.74	12.80-13.20	14.50-15.30	17.70-1970	21.20-23.60
UIT-R Cumplimiento		F.383-7 (Bajo) F.384-7 (Superior)	F.385-7	F.386-6	F.387-9	F.497-6	F.636-3	F.595-3	F.637-3
Modulación	66Mbps 160Mbps	16 QAM 128 QAM							
UIT-R RF Tx / Rx Espacio	MHz	252.04 (Baja) 350 (Alto)	154 o 161	119.126 o 311.32	490, 500 o 530	266	420 o 490	1010 o 1008	1008 o 1232
Ancho de banda de canal RF	MHz	28							
Tx Power en el puerto de la antena (± 2 tolerancia)	66Mbps 160Mbps	dBm		23	21			20	19
Sensibilidad Rx @ IffBER (Garantía: 2 dB)	66Mbps 160Mbps	dBm		-81	-68			-67	-66
RX de control de AGC Range		dB		60					
Estabilidad de frecuencia		ppm		2.5					
BER residual		<10 ⁻⁵							
Configuraciones compatibles RF		1 +0, 1 + 1							
Radio de protección		Hot standby / Espacio diversidad / diversidad de frecuencia							
Interfaces IP	66Mbps 160Mbps	4xFE (10/100 Base-T) 4xFE (10/100 Base-T). 1xGbE (10/100/1000 Base-T o Bas 1000 e)							
VLAN		puerto base, multi-acceso y el tronco (IEEE 802.1Q)							
Interfaces E1		G.703, 120 Ω desequilibrada o equilibrada 75 Ω DB-78							
Interfaz AUX		Asíncrono (19.2kbit / s) / sync (64 kbit / s), protocolo RS-422, DB-9							
Interfaz de voz EOW		4 hilos, RJ-22							
Puerto de interfaz de supervisión	CIT NMS	Nterface Fi, VT-100, a través de locales CIT RS-232, DB-9 Q-interfaz, SNMP, Ethernet 10/100 Base-T, RJ-45							
Programable por el usuario Interfaz E / S		4 entradas 4 salidas, DB-26							
Rendimiento		Mbps		Max 160Mbps					
Fuente de alimentación		VDC		-20 A -60					

Consumo de energía (por salto)	1 +0 1 + 1	W	< 55 <110
Si las frecuencias		MHz	350 (hasta la conversión), 140 (abajo-conversión)
Si Conexión de ODU			Conector tipo N, Belden 9913/RG-8, de hasta 300 metros
RSSI de conexión en la ODU			BNC
Acceso remoto UDI			Fuera de la banda de uso de la radio a la cabeza, y enrutamiento integrado
Mecánica - por instalación			
Dimensiones (H x W x D)	UDI	mm	44 x 438 x 280
	ODU		279 x 240 x 92
Peso	UDI	kg	5
	ODU		4.2
Temperatura de funcionamiento	UDI	°C	-5-55
	ODU		-33 A 55 -55 a 65 Opción
Altitud de funcionamiento sobre el nivel medio del mar Leve		m	4500
Humedad de funcionamiento (máx.)	UDI	%	<85 sin condensación
	ODU		<100
Cumplimiento Ambiental			ETSI ETS 300 019

Figura 17. Data sheet

Fuente: Elaboración propia

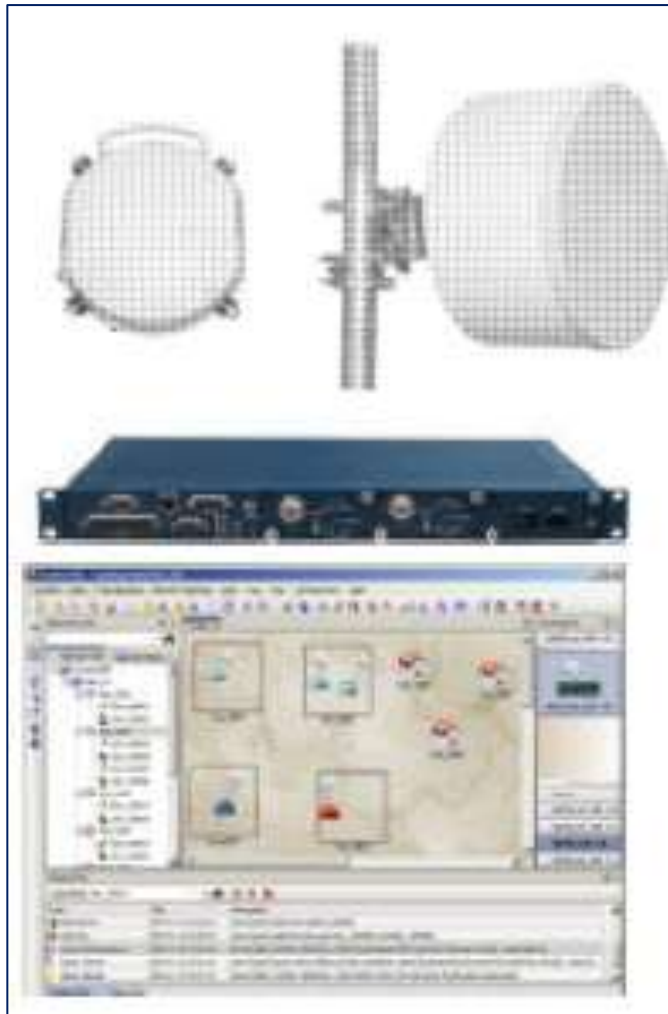


Figura 9. 17E1 capacidad flexible solución de microondas PDH

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

Características

Estándar totalmente compatible para sistemas de 7-38 GHz.

Dos variantes de productos disponibles:

- 17E1
- 17E1 y Ethernet de carga útil.

2E1 a 17E1 capacidad programable.

Capacidad de tráfico Ethernet: 4 Mbps, 8 Mbps, 16 Mbps, 34 Mbps configurable.

De configuración: 1 +0, 1 +1 Hot Standby, la diversidad del espacio, la diversidad de frecuencia.

Las interfaces estándar: BNC (no balanceada), RJ-45 (equilibrado) de los tributarios E1 y RJ-45.

Interfaz Ethernet.

Hot-swap Si la junta, simplifica las actualizaciones y la solución de problemas.

La gestión local a través de CIT para facilitar la puesta en marcha.

Los archivos de configuración del equipo se almacena en la memoria flash (USB).

NMS con enrutamiento y gestión integral de los CDI ODU y remotas.

Incorporado en las pruebas de funciones para facilitar la puesta en marcha y solución de problemas.

Amplio rango de funcionamiento de la fuente de alimentación.

Compacto y ligero ODU para una rápida y fácil sin necesidad de herramientas de instalación.

Descripción del producto

El Hiperion EC-17E/IP Digital Microwave Systems Radio Enlace permiten enlaces de transmisión que se establezca rápidamente y fácilmente para satisfacer una variedad de necesidades de transmisión, generando ahorro de costes y permitiendo un rápido despliegue de la red. La solución GH-32E/IP/G Hiperion se compone de: antenas, unidades externas, unidades de interior y NMS.

El Hiperion EC-17E/IP PDH sistema es una completa herramienta de PDH-Ethernet solución de transmisión diseñadas para incorporar a la perfección los enlaces de radio en la amplia gama de infraestructura, trabajando a través de una variedad de frecuencias de 6 GHz a 38 GHz y cumplir las normas de calidad de operador de fiabilidad, calidad y cumplimiento ambiental.

El EC-17E/IP Hiperión es totalmente compatible con VLAN basada en puerto y soporta multi-acceso y las funciones del tronco de la IEEE 802.1Q.

El Hiperion EC-17E/IP PDH sistema forma un costo efectivo, alta capacidad de punto a punto el sistema de radio de microondas. Las aplicaciones comunes incluyen el acceso, la infraestructura de backhaul y tronco.

Por favor, póngase en contacto con nosotros para los requisitos del producto exacto y detallado de la aplicación (s) en cuestión, y la asistencia en la planificación de su enlace o de red.

Todos los productos Hiperion Digital Radio Microondas ajusten a los correspondientes de la UIT, el ETSI, FCC y las normas ANSI y están cubiertos por una garantía de tres años.

Eléctrico - Sistema de		7GHz	8 GHz	11GHz	13 GHz	15GHz	18GHz	23GHz
Rango de frecuencia	GHz	7.10-7.90	7.90-8.50	10.67-11.74	12.80-13.20	14.50-15.30	17.70-19.70	21.20-23.60
UIT-R Cumplimiento		F.385-7	F.386-6	F.387-9	F.497-6	F.636-3	F.595-3	F.637-3
Modulación		QPSK						
UIT-R RF Tx / Rx Espacio	MHz	154 o 161	119.126 o 311.32	490, 500 o 530	266	420 o 490	1010 o 1008	1008 o 1232
Ancho de banda de canal RF	2x E1	3.5						
	E1 4x	7						
	8x E1	14						
	17x E1	28						
De potencia de transmisión en la antena del puerto (la tolerancia de ± 2 dB)	dBm	27		25		23		
Tx Power Range Control (1 paso dB)	dB	0-27 0-25						0-23
Rx AGC Range Control (-40 dBm a -70 dBm)	dB	60						
ATPC rango	dBm	-40 A -70						
Agregado	E1	2, 4, 8, 17						
	Interfaz de NMS	Sí						
	Borde del camino	Sí						
	Capacidad programable	Sí						
Emisiones espurias	30.0MHz a 21.2GHz	<-50						
	21.2GHz a 26.5GHz	<-30						
Sensibilidad de recepción @ BER = 1x10e-6 (Garantía: 2 dB)	2x E1	-91		-90		-89		-88
	E1 4x	-89		-88		-87		-86
	8x E1	-86		-85		-84		-83
	17x E1	-83		-82		-81		-80
Máximo RSL @ BER = 1x10e-6	dBm	-15						

Interfases IP		IEEE 802.3, 10/100 BaseT, conector RJ-45	
Rendimiento	Mbps	34	
BER residual		<1x10 ⁻⁶	
El apoyo de configuración RF		1 +0, 1 +1	
Radio de protección		Diversidad de frecuencia, Hot Stand-By, la diversidad del espacio	
Si las frecuencias	MHz	350 (hasta la conversión), 140 (abajo-conversión)	
Estabilidad de frecuencia	ppm	± 2,5	
Figura de Ruido	dB	<5	
Fuente de alimentación	VDC	-20 A -60	
Consumo de energía (por	W	1 +0	<46
		1 + 1	<76
Si Conexión de ODU		Conector tipo N, Belden 9913/RG-8, de hasta 300 metros	
RSSI de conexión en la ODU		BNC	
Mecánica - ODU			
Dimensiones (H x W x D)	mm	279 x 240 x 92	
Peso	kg	4.2	
Temperatura de funcionamiento	° C	-33 A 55 Opción - 55 a más 65	
Altitud operacional sobre nivel del mar (ma	m	4500	
Humedad de funcionamiento	%	<100	
Eléctrica - IDU			
Puerto de banda base de velocidad de bits	Mbit / s	2.048	
E1 pulso cumplimiento plantilla		UIT-T G.703	
De banda de base de E / S Bit Desviación	ppm	± 50	
Banda base I / O		75Ω desequilibrado, BNC o 120 Ω equilibrado, RJ-45	
Interfaz LAN		10/100 BaseT, RJ-45	
Interfaz AUX		Sync, 64 kbit / s, DB9-hembra, protocolo RS-422	
Interfaz de voz EOW		4 hilos, RJ-22	
USB		USB de almacenamiento flash sólo	
Puerto de interfaz de supervisión	CIT	VT-100, a través de artesanía local RS-232/DB-9 puerto hasta 11520kbit / s	
	NMS	SNMP, Ethernet 10/100 BaseT, RJ-45	
Programable por el usuario Interfaz E / S		De entrada y salida de 4x 4x, BD-26	
LED del panel frontal		Ejecutar, Falla UDI, identificación de la unidad activa, la identificación de fallo en la unidad	
Mecánica - IDU			
Dimensiones para fines de planificación (H x W x D)	mm	44 x 438 x 280	
Peso para la planificación	kg	"5	
Temperatura de funcionamiento	° C	-5-55	
Altitud operacional sobre nivel del mar (ma	m	4500	
Humedad de funcionamiento (máx.)	%	<85 sin condensación	

Figura 10. Datasheet del producto

Fuente: Elaboración propia

SDH radio de microondas digital de soluciones de transporte

SDH Digital Microondas Radio solución de transporte - Hiperion GS-155



Figura 11. SDH Digital Microondas Radio solución de transporte - Hiperion GS-155

Fuente: Hiperion Series Digital Microwave Links

Características

Totalmente compatible STM / 1 del sistema de 6.23 GHz con 155 Mbps o 155 Mbps de capacidad + 7E1.

La eficiencia del espectro de alta con 128QAM.

Transmisión de adaptación de control de potencia (ATPC) y el umbral del receptor de baja para el máximo rendimiento de enlace, fiabilidad y estabilidad.

STM-1 interfaz disponible como eléctrico u óptico.

Control automático de ganancia (AGC) para compensar si la longitud del cable.

Protección de hot standby Tx de conmutación con conexión sin hit protección Rx.

La gestión local a través de CIT para facilitar la puesta en marcha.
Configuración del equipo se almacena en la memoria flash (USB).
NMS con enrutamiento y gestión integral de los CDI ODU y remotas.
Incorporado en las pruebas de funciones para facilitar la puesta en marcha y solución de problemas.
Amplio rango de funcionamiento de la fuente de alimentación.
Compacto y ligero para una instalación rápida y fácil.

Descripción del producto

Hiperion Digital Microwave Systems Radio Enlace permiten enlaces de transmisión que se establezca rápidamente y fácilmente para satisfacer una variedad de necesidades de transmisión, generando ahorro de costes y permitiendo un rápido despliegue de la red. El Hiperion GS-155 soluciones SDH se compone de: antenas, las unidades exteriores, unidades de interior y NMS.

El Hiperion GS-155 sistema de radio SDH es una completa herramienta de 155 Mbit / s solución de transmisión diseñadas para incorporar a la perfección los enlaces de radio en una red sincrónica a base de fibra.

El Hiperion GS-155 de radio SDH cubre la banda de frecuencias de 6 GHz a 38 GHz, y utiliza la tecnología ASIC para lograr un alto nivel de integración para ofrecer a bajo costo, alto rendimiento y fiabilidad a largo plazo que es inigualable en la industria. El sistema cuenta con un totalmente compatible SDH regenerador y ofrece beneficios adicionales, incluyendo la conmutación de protección automática, la administración en banda con la sobrecarga de radio, y una estrecha integración con los sistemas de gestión de elementos SDH.

El Hiperion GS-155 sistema de radio SDH forma rentable, STM-1 altamente competitivo de punto a punto el sistema de radio de

microondas se reúne mundial actual carrier-grade estándares de confiabilidad, calidad y cumplimiento ambiental.

El Hiperion GS-155 SDH UDI está disponible en dos modelos: El STM / 1 (155 Mbps), y el STM / 1 + (155 Mbps + 7E1) que incluye un 7E1 de inserción / MUX.

Las aplicaciones comunes incluyen el acceso, la infraestructura de backhaul y tronco.

Por favor, póngase en contacto con nosotros para los requisitos del producto exacto y detallado de la aplicación (s) en cuestión, y la asistencia en la planificación de su enlace o de red.

Todos los productos Hiperion Digital Radio Microondas ajusten a los correspondientes de la UIT, el ETSI, FCC y las normas ANSI y están cubiertos por una garantía de tres años.

Datasheet

Eléctrico - Sistema de		6GHz	7GHz	8 GHz	11GHz	13 GHz	15GHz	18GHz	23GHz	
Rango de frecuencia	GHz	5.925-7.110	7.10-7.90	7.90-8.50	10.67-11.7	12.80-13.20	14.50-15.30	17.70-19.70	21.20-23.60	
UIT-R Cumplimiento		F.383-7 (Bajo) F.3847 (Alta)	F.385-7	F.386-6	F.387 -9	F.497-6	F.636-3	F.595-3	F.637-3	
Esquema de modulación		128QAM								
UIT-R RF Tx / Rx Espacio	MHz	252.04 (Baja) 350 (Alto)	154 o 161	119, 126 y 311.32	490, 500 o 530	266	420 o 490	1010 o 1008	1008 o 1232	
Ancho de banda de canal RF	MHz	28							27.5	28
De potencia de transmisión en la antena del puerto (± 2 dB de tolerancia)	dBm	21			19			18	17	
Tx Power Range Control (1 paso dB)	dBm	0-21			0-19			0-18	0-17	
Rx AGC Control de la gama	dB	> 60								
Sensibilidad de recepción @ BER = 1×10^{-6} (Garantía)	ddBm	-68			-67			-66		
Estabilidad de frecuencia	ppm	$\pm 2,5$								
BER residual		$< 1 \times 10^{-6}$								
Configuraciones compatibles RF		1 +0, 1 +1								
Radio de protección		Hot standby / Espacio diversidad / diversidad de frecuencia								
Cumplimiento de los estándares SDH		UIT-T G.703, G.825, G.957								
Tasa de línea	Mbit / s	158								
SDH agregado		SFP, eléctrico u óptico S-1.1, L-1.1								
SDH terminación		Regenerador de Terminación Sección								
SDH de Protección		STM-1 Puerto de Protección								
Si las frecuencias	MHz	350 (hasta la conversión), 140 (abajo-conversión)								
Estabilidad de frecuencia	ppm	± 10								
Figura de Ruido	dB	$< 5,5$							$< 5,5$	
Fuente de alimentación	VDC	-20 A-60V								
1 +0	W	< 55								
1 +1		< 110								

Figura 12. Datasheet del producto

Fuente: Elaboración del producto

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la investigación

a. Variables independientes

Respecto a nuestro planteamiento del problema y de las interrogantes planteadas al problema, los antecedentes, como los objetivos generales y específicos se consideraron las siguientes variables:

- Comunicación Wifi entre centros poblados de la Region.
- Canales de comunicación en la banda no licenciada de 5,4GHz.
- Puntos geográficos de ubicación de las estaciones de red.
- Distancia de las estaciones red.

b. Variables dependientes

- Diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4 GHz.
- Potencia de los equipos de transmisión.
- Ancho de banda de los radioenlaces.
- Niveles de recepción del radioenlace.
- Altura de las antenas.
- Velocidad de carga y descarga de un archivo.
- Ganancia de las antenas de trasmisión y recepción.
- Transmisión efectiva – throughput.

3.2. Operacionalización de variables.

VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES
Canales de comunicación en la banda NO licenciada de 5,4GHz	Medio de comunicación con una frecuencia específica del espectro de radioeléctrico de la banda de 5,4GHz
Potencia de los equipos de transmisión	La fuerza con la que nuestras radios industriales de comunicación, puedan generar la conexión necesaria para enlazar dos estaciones

Ganancia de las antenas de transmisión y recepción.	Este parámetro nos permite reducir la potencia de nuestras radios industriales de comunicación.
VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES
Ancho de banda de los radioenlaces	Es la cantidad de información que podemos transmitir por medio de nuestros radioenlaces.
Niveles de recepción del radioenlace	Es la sensibilidad o señal mínima necesaria para el correcto funcionamiento de nuestro radioenlace.
Velocidad de carga y descarga de un archivo	Medición en el tiempo de la carga y descarga de un archivo para la comunicación Wifi.
Transmisión efectiva - Throughput	Es el volumen de información neto que fluye por nuestro sistema de radioenlace.

3.3. Hipótesis general e hipótesis específicos

a. Hipótesis General

Un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4GHz permite la comunicación desde dos puntos en WIFI a pesar que esta banda no esta banda licenciada posee un ancho de banda demasiado limitado.

b. Hipótesis Específicos

H.E.1 El diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4GHz que en el esquema de Comunicación no requiere de un software licenciado.

H.E.2 Los niveles óptimos de los enlaces garantizan el 99.95% de confiabilidad de nuestro sistema planteado.

H.E.3 El ancho de banda y la transferencia efectiva (throughput) de los enlaces permite la comunicación en WIFI de las estaciones en un enlace en la Provincia de Huancavelica.

H.E.4 Los tiempos de carga y descarga de un archivo es lo más sensible para la transmisión.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de Investigación

La investigación que se realizó para hacer una adecuación de un proyecto que se ha estructurado en conexión de fibra óptica para la región de Huancavelica faltándole conexiones de enlaces Wifi, este estudio se determina como un proyecto factible en el cual se demostrará los beneficios de utilizar este tipo de banda de frecuencia no licenciada.

4.2. Diseño de la investigación

a. Fundamentos teóricos

Ondas electromagnéticas

Las comunicaciones inalámbricas hacen uso de las ondas electromagnéticas ya así poder enviar señales a través de largas distancias desde la perspectiva de algún usuario, las conexiones inalámbricas no son particularmente diferentes de cualquier otra conexión: el navegador web, diversos juegos online, el correo electrónico y otras aplicaciones funcionan como lo teníamos planeado. Pero las ondas de radio tienen algunas propiedades inesperadas en comparación con una red cableada Ethernet.

También se puede confiar en que desplegar muchos cables Ethernet unos al lado de otro no causarían inconvenientes, ya que los cables confinan efectivamente las señales dentro de sí.

Para poder construir enlaces inalámbricos de alta velocidad, es importante saber y comprender cuál es el comportamiento de las ondas de radio en el mundo real.

Cuando las oscilaciones viajan (esto es, cuando las vibraciones no están limitadas hacia un lugar) hablamos de ondas propagándose en el espacio. Por ejemplo una piedra arrojada a un lago causa una alteración, es decir crea oscilaciones periódicas que viaja a través del mismo como una onda.

Una onda tiene cierta velocidad, frecuencia y longitud de onda. Las mismas están conectadas por una simple relación:

$$\text{velocidad} = \text{frecuencia} * \text{longitud de onda}$$

La longitud de onda (algunas veces denotada como lambda, λ) es la distancia medida desde un punto en una onda hasta la parte equivalente de la siguiente, por ejemplo desde la cima de un pico hasta el siguiente. La frecuencia es el número de ondas enteras que pasan por un punto fijo en un segundo. La velocidad se mide en metros/segundo, la frecuencia en ciclos por segundo (o Hertz, abreviado Hz), y la longitud de onda, en metros.

Las ondas también tienen una propiedad denominada amplitud. Esta es la distancia desde el centro de la onda hasta el extremo de uno de sus picos, y puede ser asimilada a la “altura” de una onda de agua. La relación entre frecuencia, longitud de onda y amplitud se muestra en la Figura 4.1. Las ondas en el agua son fáciles de visualizar. Simplemente tire una piedra en un lago y verá las ondas y su movimiento a través del agua por un tiempo. En el caso de las ondas electromagnéticas, la parte que puede ser más difícil de comprender el origen de su oscilación.

4.3. Población y muestra

Por la naturaleza de la presente investigación no corresponde determinar la población ni el tamaño de la muestra, ni otros indicadores estadísticos.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El tipo de técnica de recolección de datos a utilizarse es la observación directa o participante estructurada. Se realizará la investigación tomando criterios de toma de datos y procedimientos establecidos para el monitoreo del espectro radioeléctrico y tráfico de datos.

Dada la naturaleza de la investigación, el método de la recolección de datos se realizará a través de un analizador de espectro en la banda de 5,4 GHz de manera periódica con intervalos de 30 minutos por unas 8 horas, se procederá a realizar capturas de pantalla, siendo específicos en los picos donde exista una interferencia mayor.

4.5. Plan de análisis estadísticos de datos

La naturaleza de la investigación, no genera un plan de análisis estadístico de datos.

4.6. Cronograma de Actividades

	ACTIVIDADES	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes	5to Mes	6to Mes	7mo Mes
A) Definir topología del sistema de radioenlaces.	A.1) Toma de coordenadas de las estaciones	x						
	A.2) Verificación de Infraestructura	x						
B) Realizar Análisis de espectro radioeléctrico en la banda de 5,4 GHz	B.1) Utilización de analizador de espectro		x					
	B.2) Determinar el rango de frecuencia disponible		x					
C) Realizar los cálculos de enlaces	C.1) Diseño de sistema mediante software licenciado			X				
D) Realizar línea de vista en las estaciones	D.1) Uso de cámaras digitales o dron.			X				
	D.2) Se requiere asegurar la línea de vista de los enlaces para asegurar el paso de las dos primeras zonas de Fresnel.			X				
F) Realizar implementación del esquema propuesto, para las	F.1) Implementación de las estaciones para las pruebas.					X		

pruebas de tráfico de datos								
	F.2) Configuración de las radios y realizar la conexión entre estaciones.					X		
G) Verificar topología propuesta.	G.1) Línea de vista disponible en implementación para prueba de tráfico.						X	
	G.3) Comunicación ininterrumpida entre estaciones.						X	
H) Verificación de los parámetros de enlace	H.1) Revisar los niveles de recepción de los enlaces.							X
	H.2) Garantizar la confiabilidad del sistema de enlaces.							X

4.7. Presupuesto

Todas las etapas de este proyecto de tesis serán desarrolladas según el siguiente detalle:

COMPONENTES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Alquiler de analizador de radio espectro	4	S/90.00/hora	S/360.00
Antena Yagi	2	S/40.00	S/80.00
Antena omnidireccional	1	S/60.00	S/60.00
Cable coaxial LMR400	30	S/4.00/m	S/120.00
Conectores tipo N	10	S/5.00	S/50.00
Alquiler de radio industrial de comunicaciones	3	S/100.00	S/300.00
Extensión eléctrica	3	S/10.00	S/30.00
Supresor de pico	3	S/10.00	S/30.00
Alquiler de HMI (Panel Basic)	2	S/75.00	S/150.00
Switch Lantech	1	S/100.00	S/100.00
Transporte a campo	7	S/100.00	S/700.00
TOTAL			S/2130.00

Personal que desarrollo en el proyecto de tesis:

CATEGORIA	SALARIO MENSUAL	% de jornada	TIEMPO (Semanal)	Costo TOTAL
Alumno tesista 1	S/500.00	100	1	S/ 500.00
Alumno tesista 2	S/500.00	100	1	S/ 500.00
Alumno tesista 3	S/500.00	100	1	S/ 500.00
TOTAL				S/. 1,500.00

Considerando los gastos por logística, equipos y los costos por honorarios, suman un total de S/. 3,630.00.

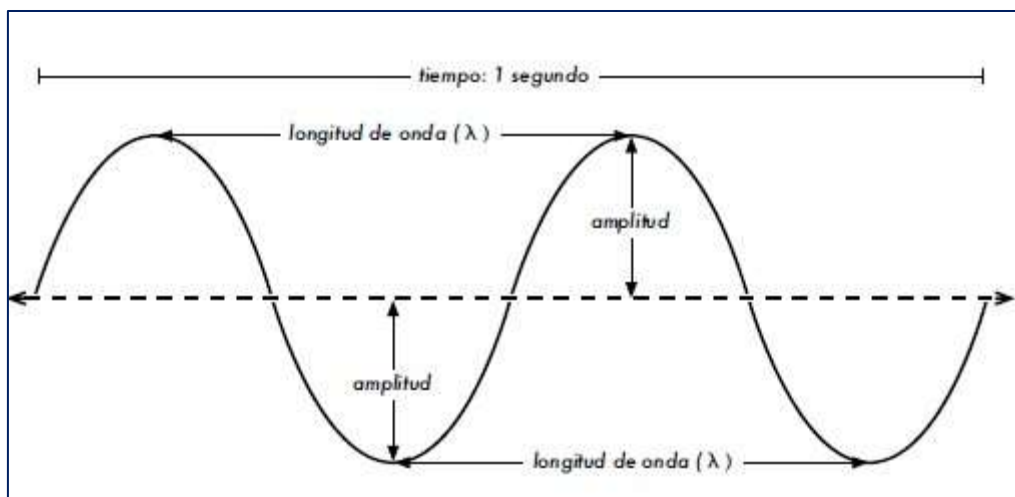


Figura 13. Longitud de onda, amplitud y frecuencia. En este caso la frecuencia es 2 ciclos por segundo, o 2Hz

Fuente: Redes inalámbricas en los países en desarrollo: una guía práctica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo. (2008). 4th ed. Gran Bretaña: Hacker Friendly LLC, 2008.

Fuerzas electromagnéticas

Las fuerzas electromagnéticas son fuerzas entre cargas y corrientes eléctricas. Nos percatamos de ellas cuando tocamos la manija de una puerta después de haber caminado en una alfombra sintética, o cuando rozamos una cerca eléctrica. Un ejemplo más fuerte de las fuerzas electromagnéticas son los relámpagos que vemos durante las tormentas

eléctricas. La fuerza eléctrica es la fuerza entre cargas eléctricas. La fuerza magnética es la fuerza entre corrientes eléctricas.

Los electrones son partículas que tienen carga eléctrica negativa. También hay otras partículas, pero los electrones son responsables de la mayor parte de las cosas que necesitamos conocer para saber cómo funciona un radio. Veamos qué sucede en un trozo de alambre recto en el cual empujamos los electrones de un extremo a otro periódicamente. En cierto momento, el extremo superior del alambre está cargado negativamente –todos los electrones están acumulados allí. Esto genera un campo eléctrico que va de positivo a negativo a lo largo del alambre. Al momento siguiente, los electrones se han acumulado al otro lado y el campo eléctrico apunta en el otro sentido.

Si esto sucede una y otra vez, los vectores de campo eléctrico, por así decirlo, (flechas de positivo a negativo) abandonan el alambre y son radiados en el espacio que lo rodea.

Lo que hemos descrito se conoce como dipolo (debido a los dos polos, positivo y negativo), o más comúnmente antena dipolo. Esta es la forma más simple de la antena omnidireccional. El movimiento del campo electromagnético es denominado comúnmente onda electromagnética.

Si vemos la relación:

$$\text{velocidad} = \text{frecuencia} * \text{longitud de onda}$$

En el caso de las ondas electromagnéticas, c es la velocidad de la luz.

$$c = 300000\text{km/s} = 300000000\text{m/s} = 3 \times 10^8 \text{m/s}$$

$$c = f \lambda$$

Las ondas electromagnéticas difieren de las mecánicas en que no necesitan de un medio para propagarse. Las mismas se propagan incluso en el vacío del espacio.

Espectro electromagnético

En la figura 4.2 se pueden visualizar las bandas de frecuencias existentes en el espectro electromagnético, además clasificación de acuerdo a las longitudes de onda y ciertas características de estas, como ondas ionizantes o no ionizantes.

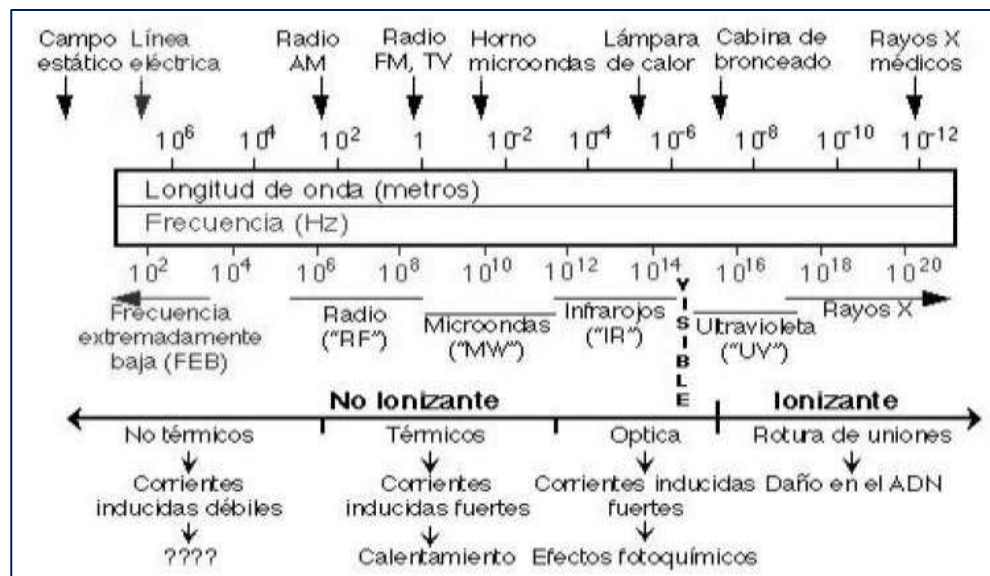


Figura 14. Bandas de frecuencias del espectro electromagnético

Fuente: **Redes inalámbricas en los países en desarrollo: una guía práctica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo. (2008). 4th ed. Gran Bretaña: Hacker Friendly LLC, 2008.**

Las ondas electromagnéticas abarcan un amplio rango de frecuencias (y, correspondientemente, de longitudes de onda). Este rango de frecuencias y longitudes de onda es denominado espectro electromagnético. La parte del espectro más familiar a los seres humanos es probablemente la luz, la porción visible del espectro electromagnético.

La luz se ubica aproximadamente entre las frecuencias de $7.5 \cdot 10^{14}$ Hz y $3.8 \cdot 10^{14}$ Hz, correspondientes a longitudes de onda desde cerca de 400 nm (violeta/azul) a 800 nm (rojo).

Tabla 5. División del espectro electromagnético y longitudes de onda

Frecuencia	Denominación	Longitud de onda
3 – 30 KHz	VLF Frecuencia muy baja	100.000 – 10.000 m
30 – 300 KHz	LF Frecuencia baja	10.000 – 1000 m
300 – 3000 KHz	MF Frecuencia media	1000 - 100 m
3 – 30 Mhz	HF Frecuencia alta	100 – 10 m
30 – 300 Mhz	VHF Frecuencia muy alta	10 – 1 m
300 – 3000 Mhz	UHF Frecuencia Ultra elevada	1 m – 10 cm
3 – 30 Ghz	SHF Frecuencia Superelevada	10 – 1 cm
30 – 300 Ghz	EHF Frecuencia Extremadamente alta	1 cm – 1 mm

Fuente: Elaboración propia

Normalmente también estamos expuestos a otras regiones del espectro electromagnético, incluyendo los campos de la red de distribución eléctrica CA (Corriente Alterna) de 50/60 Hz, radio AM y FM, Ultravioleta (en las frecuencias más altas de la luz visible), Infrarrojo (en las frecuencias más bajas de la luz visible) Rayos-X, y muchas otras.

Radio es el término utilizado para la porción del espectro electromagnético en la que las ondas pueden ser transmitidas aplicando corriente alterna a una antena. Esto abarca el rango de 30 kHz a 300 GHz, pero en el sentido más restringido del término, el límite superior de la frecuencia sería de 1 GHz, por encima del cual hablamos de microondas y ondas milimétricas.

Cuando hablamos de radio, la mayoría de la gente piensa en la radio FM, que usa una frecuencia de alrededor de 100 MHz. Entre la radio y el

infrarrojo encontramos la región de las microondas –con frecuencias de 1 GHz a 300 GHz, y longitudes de onda de 30 cm a 1 mm.

El uso más popular de las microondas puede ser el horno de microondas que, de hecho, trabaja exactamente en la misma región que los estándares inalámbricos.

Esta región es llamada banda ISM, por su sigla en inglés (ISM Band), Y en español ICM, que significa Industrial, Científica y Médica.

La mayoría de las otras regiones del espectro electromagnético están estrictamente controladas mediante licencias, siendo los valores de las licencias un factor económico muy significativo.

En muchos países, el derecho de uso de una porción del espectro se ha vendido a las compañías de telecomunicaciones en millones de dólares. En la mayoría de los países, las bandas ISM han sido reservadas para el uso sin licencia, por lo tanto no se debe pagar para usarlas.

Las frecuencias más importantes para nosotros son las de 2 400 – 2 495 MHz, usadas por los estándares 802.11b y 802.11g (correspondientes a longitudes de onda de alrededor de 12.5 cm), y las de 5.150 – 5.850 GHz (correspondientes a longitudes de onda de alrededor de 5 a 6 cm), usadas por 802.11a. El estándar 802.11n puede trabajar en cualquiera de estas bandas.

Vea el capítulo Familia WiFi para una revisión de estándares y frecuencias. También puede encontrar más información sobre la parte de radio del espectro electromagnético en el capítulo Espectro Radioeléctrico.

Intensidad de radiación

Una de las características fundamentales de una antena es su capacidad para radiar con una cierta direccionalidad, es decir, para concentrar la energía radiada en ciertas direcciones del espacio. Por lo tanto, será conveniente cuantificar este comportamiento con algún parámetro que permita establecer una comparación entre diferentes antenas.

Previo a este paso, se tiene que definir el marco de referencia en el que se encuentra situada la antena con la que se quiere caracterizar. Para dicho efecto, se utiliza un sistema de coordenadas que permite definir cómodamente una dirección en el espacio: coordenadas esféricas. El sistema de coordenadas esféricas define los vectores unitarios $\hat{r}, \hat{\theta}, \hat{\phi}$ que forman una base ortogonal.

La onda electromagnética radiada por una antena se compone de una intensidad de campo eléctrico E [V/m] y una intensidad de campo magnético H [H/m], ambas magnitudes vectoriales ligadas por las ecuaciones de Maxwell.

Diagrama de radiación

Un diagrama de radiación es una representación gráfica de las propiedades de radiación de la antena en función de las diferentes direcciones del espacio (sistema de coordenadas esférico) a una distancia fija. Con la antena situada en el origen y manteniendo constante la distancia, expresa el campo eléctrico en función de las variables angulares θ y ϕ . El diagrama de radiación cobra relevancia en la zona de campo lejano, es decir, en la zona donde la forma del diagrama es invariante en función de la distancia. Como el campo magnético se deriva directamente del campo eléctrico, la representación podría realizarse a partir de cualquiera de los dos, siendo norma habitual que los diagramas se refieran al campo eléctrico.

En campo lejano, la densidad de potencia es proporcional al cuadrado del módulo del campo eléctrico, algo que hace que la representación gráfica de un diagrama de potencia contenga la misma información que un diagrama de radiación de campo.

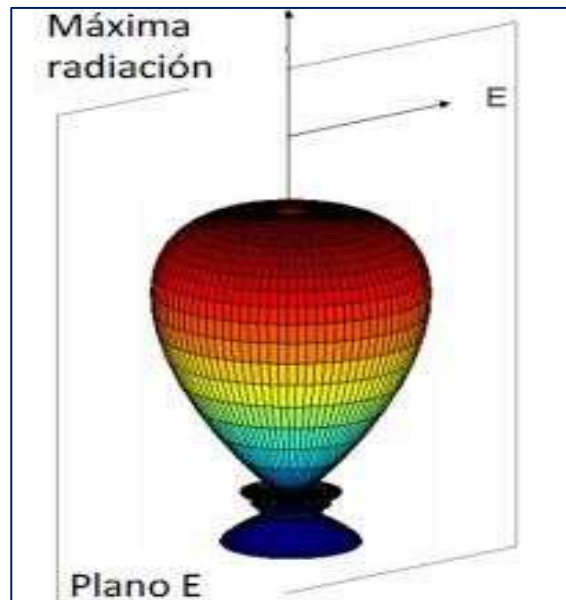


Figura 15. Diagrama de radiación 3D. Plano E

Fuente: Anguera J, Perez A. Teoría de Antenas. 1st ed. España: Lluís Vicent; 2008.

En antenas linealmente polarizadas se definen los planos E y H:

- Plano E: formado por la dirección de máxima radiación y el campo eléctrico en esta dirección.
- Plano H: formado por la dirección de máxima radiación y el campo magnético en esta dirección.

Ambos planos son perpendiculares (en campo lejano, el campo eléctrico y el magnético se comportan como una onda plana, son perpendiculares) y su intersección determina una línea que define la dirección de máxima radiación de la antena.

El diagrama de radiación de una antena suele representarse mediante cortes extraídos del diagrama tridimensional para una ϕ constante y/o una θ constante (planos principales). Estos cortes se pueden representar en coordenadas polares o cartesianas.

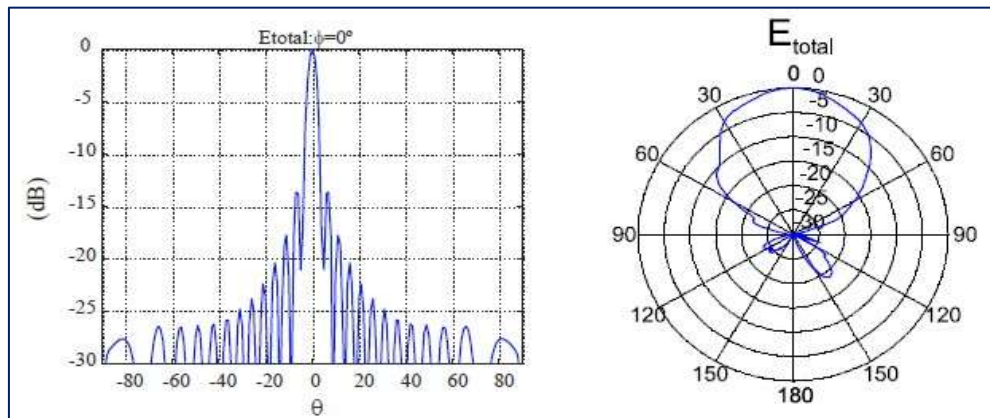


Figura 16. Diagrama de radiación en coordenadas cartesianas y polares

FUENTE: Anguera J, Perez A. Teoría de Antenas. 1st ed. España: Lluís Vicent; 2008.

El campo se puede representar de forma absoluta o relativa (normalizando el valor máximo a la unidad). También es bastante habitual la representación del diagrama en escala logarítmica. Un diagrama relativo logarítmico tiene el máximo en 0 dB y el resto de direcciones del espacio con dB negativos. Cuando la escala es logarítmica, los diagramas de campo y de potencia son idénticos.

Algunas definiciones relacionadas con el diagrama de radiación:

- Lóbulo principal: zona en la que la radiación es máxima.
- Lóbulos laterales: zona que rodea los máximos de menor amplitud.
- Lóbulo secundario: lóbulo lateral de mayor amplitud
- Lóbulo posterior: zona diametralmente opuesta al lóbulo principal.
- Ancho de haz a mitad de potencia ($\Delta\theta_{-3dB}$): separación angular de las direcciones en las que el diagrama de radiación de potencia toma el valor mitad del máximo. En campo eléctrico en 0'707 del máximo.

- Ancho de haz entre ceros ($\Delta\theta_z$): separación angular en las direcciones del espacio en las cuales el lóbulo principal toma un valor nulo.
- Relación delante-detrás (D/D): cociente entre el lóbulo principal y el lóbulo posterior [dB].
- Relación lóbulo principal a secundario (NLPS): cociente entre el lóbulo principal y el lóbulo secundario, que suele ser adyacente al lóbulo principal [dB].

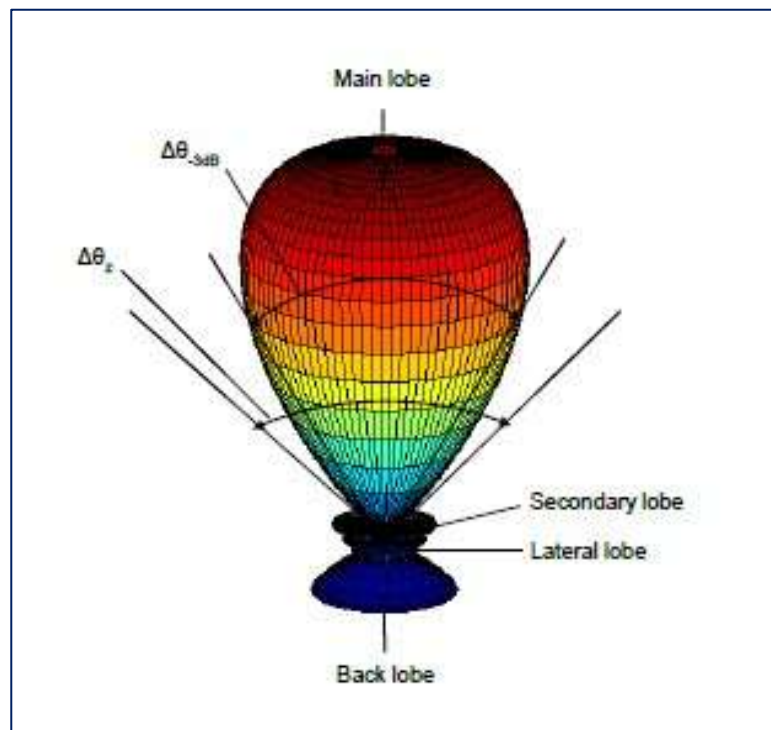


Figura 17. Parámetros del diagrama de radiación

Fuente: Anguera J, Perez A. Teoría de Antenas. 1st ed. España: Lluís Vicent; 2008.

Los rayos procedentes de las diferentes partes de una antena llegan al campo lejano con diferente magnitud y fase a causa de las variaciones de corriente sobre la estructura del elemento radiante. La interferencia de estos rayos en las diferentes direcciones del espacio puede ser

constructiva o destructiva, de aquí que aparezcan zonas donde la radiación es mayor y otros donde es menor (lóbulos).

Un radiador isotrópico se define como una hipotética antena sin pérdidas que radia de la misma manera en todas direcciones. Se adopta este modelo de radiación como referencia para expresar la directividad de otras antenas. La potencia radiada por una antena isotrópica es:

$$P_r = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \gamma(\theta, \varphi) r^2 \sin \theta d\theta d\varphi = 4\pi r^2 \gamma$$

Una antena direccional tiene la propiedad de radiar o recibir ondas electromagnéticas de manera más eficiente en unas direcciones que en otras. Si un diagrama de radiación presenta simetría de revolución en torno a un eje, se dice que la antena es omnidireccional: toda la información contenida en el diagrama tridimensional puede representarse en un único corte que contenga el eje.

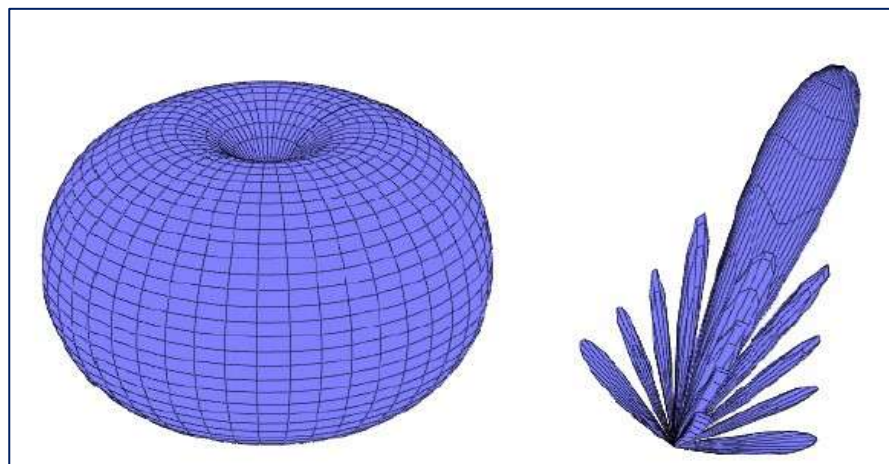


Figura 18. Diagrama de radiación de la antena isotrópica

Fuente: Anguera J, Perez A. Teoría de Antenas. 1st ed. España: Lluís Vicent; 2008.

Un parámetro que se utiliza para juzgar la eficiencia del haz (beam efficiency), que es la relación entre la potencia transmitida dentro de un cono de ángulo α_1 y la potencia total transmitida por la antena:

$$BE = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{\alpha_1} \gamma(\theta, \varphi) r^2 \sin \theta d\theta d\varphi}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \gamma(\theta, \varphi) r^2 \sin \theta d\theta d\varphi}$$

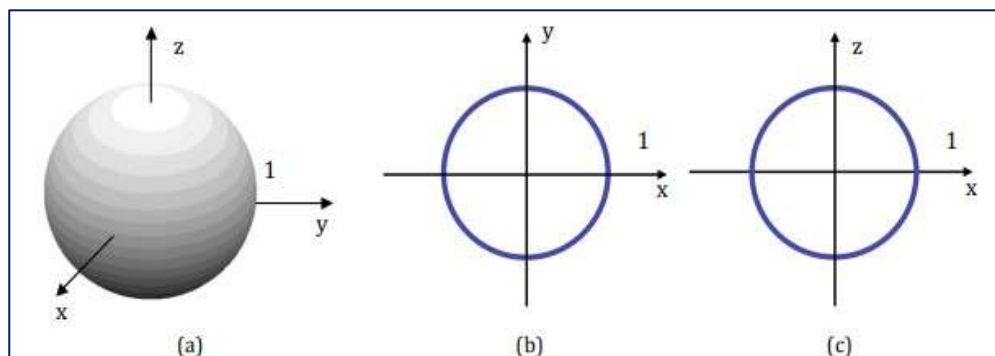


Figura 19. Diagrama de radiación de la antena isotrópica en (a) 3

Fuente: Murillo Fuentes, J. (2007). Fundamentos de radiación y radiocomunicación (2nd ed., p. 52). [Sevilla]: [Escuela Técnica Superior de Ingenieros].

El diagrama de radiación para la antena isótropa y el dipolo elemental se representan en la Figura 4.12 y Figura 4.13 respectivamente. En esta última figura, a cualquier corte vertical se le denomina plano E, puesto que el campo eléctrico está contenido en el mismo. Por otro lado, si el corte es horizontal, se denomina plano H. Ahora este plano contiene al campo magnético. Se ha representado el patrón de radiación como el valor de la ganancia directiva en tres dimensiones o en cortes por planos. Esta última representación se denomina también “polar”.

Cada punto consta de un ángulo, azimut o elevación generalmente, y una distancia al centro que es el valor del patrón de radiación. Este valor puede ser la ganancia directiva, pero sería posible utilizar el vector de

poyniting, la intensidad de radiación o el campo eléctrico. Por otro lado, aparte de las representaciones 3D o por planos ya propuestas, se puede representar alguno de estos valores, en unidades naturales o logarítmicas, frente al azimut o la elevación, pero utilizando unos ejes cartesianos. En estos diagramas es más fácil estudiar el ancho de los lóbulos del patrón de radiación. En la Figura 4.14 se incluye este tipo de diagrama de radiación para el dipolo elemental.

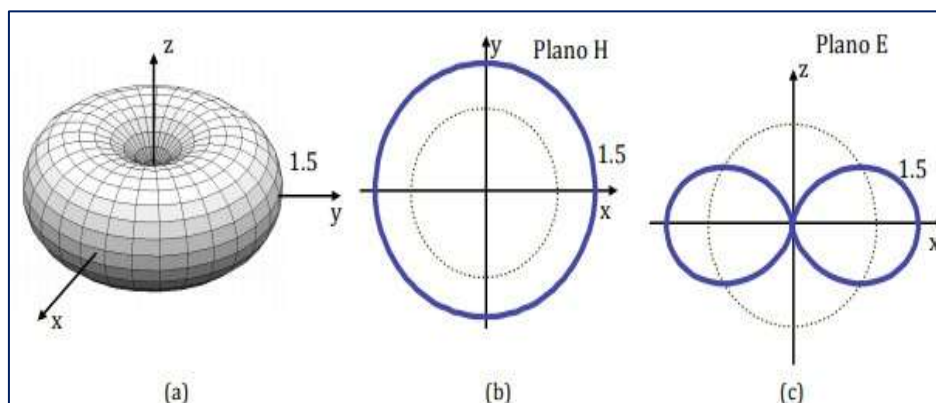


Figura 20. Diagrama de radiación del dipolo elemental en (a) 3

Fuente: Murillo Fuentes, J. (2007). Fundamentos de radiación y radiocomunicación (2nd ed., p. 52). [Sevilla]: [Escuela Técnica Superior de Ingenieros].

En la figura 4.14 se han identificado el ancho de haz mitad, o de 3dB, (HPBW, Half Power Beamwidth) o el ancho de haz entre nulos (FNBW, First Null Beamwidth).

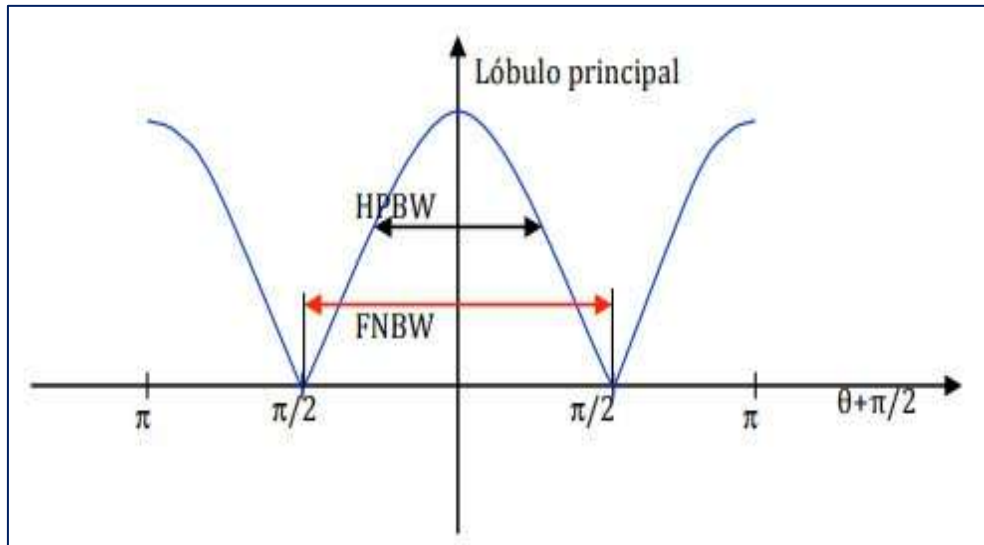


Figura 21. Patrón de radiación del dipolo elemental en función de la elevación

Fuente: Murillo Fuentes, J. (2007). Fundamentos de radiación y radiocomunicación (2nd ed., p. 53). [Sevilla]: [Escuela Técnica Superior de Ingenieros].

Ganancia directiva

Cuando en dos antenas se tiene la misma potencia total radiada y una de ellas radia menos potencia en cierta dirección entonces radiará más en otras direcciones por lo que se define la ganancia directiva como la razón de la densidad de potencia (W/m^2) radiada en esa dirección a cierta distancia determinada, a la densidad de potencia que se radiara a la misma distancia por una antena isotrópica radiando la misma potencia total. Esta ganancia direccional puede ser diferente en diferentes direcciones.

Para determinar la ganancia directiva de una antena dada, es necesario calcular o medir la densidad de potencia en la dirección requerida (y a una cierta distancia) y entonces calcular la densidad de potencia (a la misma distancia) para una antena isotrópica que radie la misma potencia que la antena dada.

Directividad

La directividad de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia dada, y la densidad de potencia que radiaría a esta misma distancia una antena isotrópica que radiase la misma potencia que la antena transmisora.

De manera gráfica, podemos decir que si una antena es muy directiva, es capaz de concentrar la potencia que radia (o recibe) en una determinada dirección. Por ejemplo, una antena tipo reflector parabólico para observación astronómica tiene mucha directividad (50- dB). Esto le permite apuntar en una determinada dirección para recibir la señal y no recibir otras direcciones. Otro Las antenas de televisión que encontramos en los edificios, denominadas Yagi-Uda, pueden ponderar la energía procedente de una determinada dirección (donde se encuentra la fuente que radia) y no recibir la de otras.

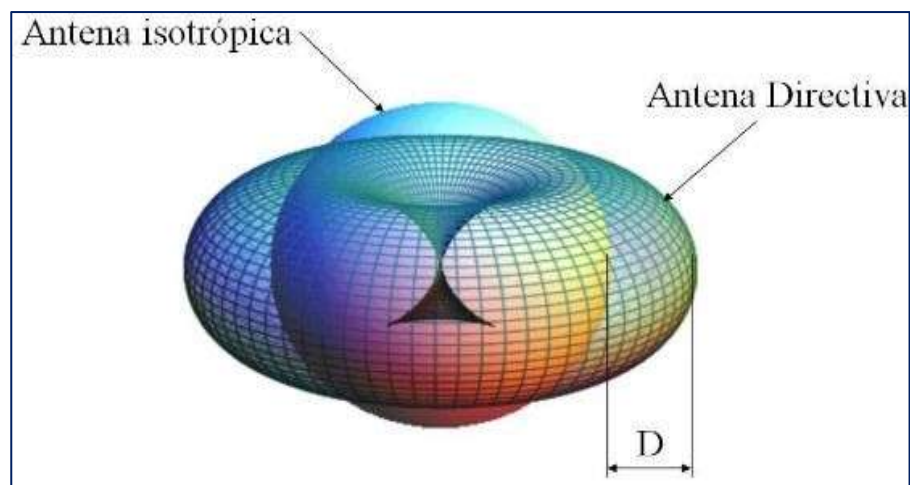


Figura 22. Directividad: la radiación isotrópica ($D=1$, mínima directividad posible) se utiliza como referencia

**Fuente: Ecuación de transmisión. (2018). Consultado en:
http://www.upv.es/antenas/Tema_1/ecuacion_de_transmision.htm**

Una antena con una directividad superior a la isotrópica radiará más potencia en la dirección del máximo, en detrimento de otras direcciones, donde radiará menos.

$$D_{(\theta,\varphi)} = \frac{\gamma(\theta, \varphi)}{\frac{P_r}{4\pi r^2}}$$

Si no se especifica la dirección angular, se sobreentiende que la directividad se refiere a la dirección de máxima radiación:

$$D_{(\theta,\varphi)} = \frac{\gamma_{max}}{\frac{P_r}{4\pi r^2}}$$

Si una antena es muy directiva, es capaz de concentrar la potencia que radia (o recibe) en una determinada dirección.

Como puede observarse en las ecuaciones anteriores, la directividad puede obtenerse a partir del conocimiento del diagrama de radiación de la antena. Si se define el diagrama de radiación normalizado mediante:

$$t(\theta, \varphi) = \frac{\gamma(\theta, \varphi)}{\gamma_{max}} = \frac{K_{(\theta,\varphi)}}{K_{max}} = \frac{D_{(\theta,\varphi)}}{D}$$

La expresión de la directividad puede escribirse de la forma:

$$D = \frac{4\pi}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi t_{(\theta,\varphi)} d\Omega} = \frac{4\pi}{\Omega_e}$$

Y Ω_e se define como ángulo sólido equivalente:

$$\Omega_e = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi t_{(\theta,\varphi)} d\Omega = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi t_{(\theta,\varphi)} \sin\theta d\theta d\Omega$$

Ganancia de la antena

La directividad es una magnitud que describe sólo propiedades de direccionalidad de la antena, y depende únicamente del patrón de radiación. Otro parámetro importante que está directamente relacionado con la directividad es la ganancia de la antena.

Es importante subrayar que tanto la directividad como la ganancia son funciones que dependen de las coordenadas esféricas θ y φ . Solemos

referirnos a directividad y ganancia máxima cuando no es más que el máximo de la función.

Su definición es similar, pero la comparación no se establece con la potencia radiada, si no con la potencia entregada a la antena. La ganancia pone de manifiesto el hecho de que una antena real no radia toda la potencia que se le suministra, si no que parte de ésta se disipa en forma de calor (R_Ω). Por lo tanto, la ganancia y la directividad están relacionadas por la eficiencia de la antena:

$$G_{(\theta,\varphi)} = \frac{\gamma(\theta,\varphi)}{\frac{P_A}{4\pi r^2}} = \frac{P_r}{P_A} \cdot \frac{\gamma(\theta,\varphi)}{\frac{P_r}{4\pi r^2}} = n_r \cdot D(\theta,\varphi)$$

$$G = n_r \cdot D$$

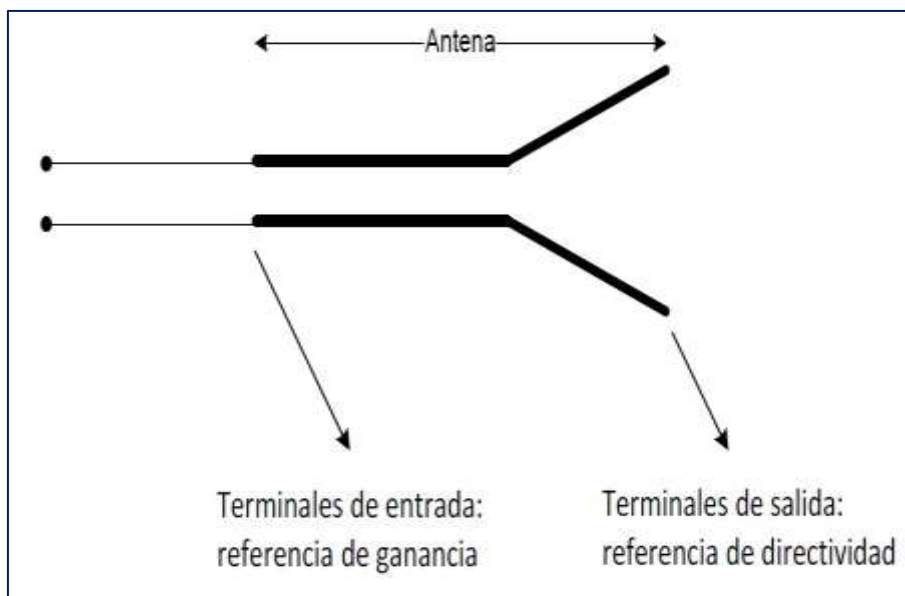


Figura 23. Ganancia y directividad en las terminales de la antena

Fuente: Murillo Fuentes, J. (2007). Fundamentos de radiación y radiocomunicación (2nd ed., p. 56). [Sevilla]: [Escuela Técnica Superior de Ingenieros].

Polarización

La polarización de una antena en una dirección dada se define como “la polarización de la onda radiada cuando ésta se encuentra excitada”. La polarización generalmente se define en la dirección en la que la antena radia el máximo de potencia, ya que los enlaces se diseñan para que sean eficientes en la dirección de máxima radiación. La polarización de la onda radiada varía con la dirección respecto al centro de la antena, por lo que diferentes partes del diagrama de radiación pueden tener diferentes polarizaciones. En cada punto del espacio existe un vector de campo eléctrico $\vec{E}(\vec{r}, t)$; función de la posición y el tiempo. La polarización de una onda es la figura geométrica descrita, con el paso del tiempo, por el extremo del vector de campo eléctrico en un punto del espacio en el plano perpendicular a la dirección de propagación.

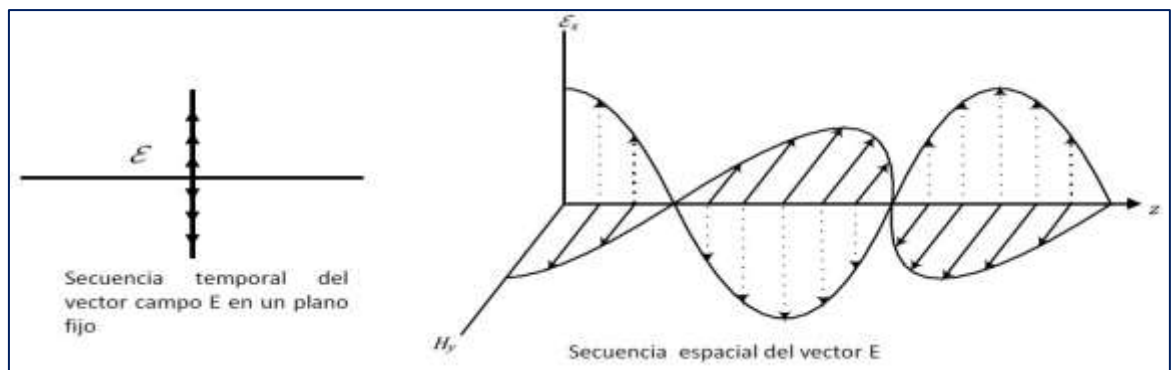


Figura 24. Onda polarizada verticalmente

Fuente: Murillo Fuentes, J. (2007). Fundamentos de radiación y radiocomunicación (2nd ed., p. 58). [Sevilla]: [Escuela Técnica Superior de Ingenieros].

Zona de fresnel

La difracción de las señales electromagnéticas en las partículas del aire produce los denominados elipsoides o zonas de Fresnel. Para fines de estudio, las zonas de Fresnel se consideran como una familia de elipsoides que se forman en el medio de propagación por donde las señales de RF viajan de emisor a receptor. Una zona de Fresnel está definida por los límites donde las ondas interiores llegan al receptor con

la misma fase de la señal transmitida. La fase de las señales en las zonas de Fresnel están, de esta manera, alternadas: en fase (primera zona) otra en contrafase (segunda zona), otra en fase (tercera zona), etc. El radio de la zona de Fresnel depende de la longitud de onda (λ) y de la distancia entre las antenas. Para señales con longitud de onda baja la diferencia entre distintos caminos dará una zona de contrafase más rápidamente y con ello el radio de Fresnel será menor. Si d_1 y d_2 son las distancias de los sitios al punto donde se desea conocer la zona de Fresnel, propio del obstáculo más pronunciado en el trayecto de propagación, el radio (en metros) de la primera zona de Fresnel se calcula con la ecuación:

$$r_f = 547 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f_d}}$$

Donde d ($=d_1+d_2$) es la distancia total del enlace. Las distancias d_1 , d_2 y d se toman en Km y la frecuencia de la portadora en MHz.

El lóbulo que se genera para la propagación de la señal y es dependiente de la frecuencia. Se recomienda mantener el 60% de la primera zona de Fresnel sin obstrucciones para obtener enlaces óptimos.

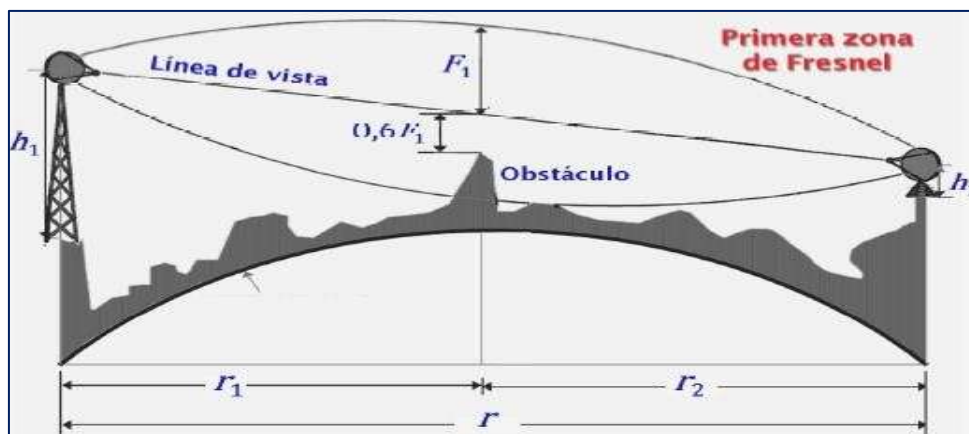


Figura 25. Representación de primera zona de Fresnel

FUENTE: Anguera J, Perez A. Teoria de Antenas. (1st ed, p. 83). España: Lluís Vicent; 2008.

4.8. Procedimientos de recolección de datos

Por la naturaleza de la presente investigación se tomará en cuenta como procedimiento la recolección de datos en campo y para el análisis de espectro radioeléctrico:

- Instalamos la antena Yagi de 5,4GHz. Procedemos a la instalación de nuestra antena Yagi, con el azimuth correspondiente a la arquitectura de comunicaciones para poder hacer el análisis de espectro.
- Realizamos el cableado entre la antena y el analizador de Espectro.
- Energizamos nuestro Analizador de Espectro a una toma de corriente de 220V/60Hz, que será suministrado por un propietario de la zona, estación existente o desde un grupo electrógeno.
- Insertamos el USB, encender el analizador y realizar la siguiente configuración al equipo:

Tabla 6. Cronograma de análisis

Frecuencia Central	425 MHz
Span	50 MHz
RBW	30 KHz
VBW	100 Hz
SWT	min (aprox. 4.04 s)
Atenuación	0.0 dB

Fuente: Elaboración propia

4.9. Procesamiento estadístico y análisis de datos

Dada la naturaleza de la investigación, el diseño de los radioenlaces para los centros poblados rurales de la región de Huancavelica en la banda de 5,4 GHz la técnica de análisis de datos basados en el procedimiento establecido es verificar en la pantalla del analizador si aparecen portadoras en el rango de operación.

- Verificamos las frecuencias de cada una de las portadoras que aparezcan en el rango.
- Captura de pantalla del Espectro medida.
- Se procederá a realizar las capturas de pantalla, sobre las portadoras que se encuentren dentro del rango de medición.
- El análisis de espectro se realizó por 2 horas en cada punto de la población.

Tabla 7. Cronograma de análisis

Estación	Estado	Modelo del analizador	Serie del Analizador	N° de Días	Fecha de análisis
PE-773	Realizado	SSA3021X	SSA3XLBD1R0755	1	01/07/18
CRP-06	Realizado	SSA3021X	SSA3XLBD1R0756	1	01/07/18
PP-03	Realizado	SSA3021X	SSA3XLBD1R0755	1	01/07/18
RE-01	Realizado	SSA3021X	SSA3XLBD1R0756	1	01/07/18
CI-02	Realizado	SSA3021X	SSA3XLBD1R0755	1	01/07/18

Fuente: Elaboración propia

Radio Modem

Para realizar la prueba de tráfico de datos, recurriremos a la utilización de radios modem industriales en la banda de 5,4GHz, las cuales encontramos en distintas marcas, aquí mencionaremos 3, esto por su acceso en el mercado local en stock.



Figura 26. Radio modem marca Xetawave

Fuente: Xeta4-FCC (Xetawave)

Figura N° 4. 21

Technical Specifications – North American FCC & IC Applications		
Transmitter		
Frequency Range	--	406 – 430 / 450 – 470 MHz
Output Power	--	50 – 8000 mW (17 – 39 dBm)
Modulations	-	MSK, QPSK, BPSK, 16QAM, 32QAM
RF Data Rate	--	10 kbps – 57 kbps
Occupied Bandwidth	--	12.5 kHz (25 kHz, 50 kHz and other custom channel sizes available to meet local regulations)
Frequency Stability	--	1.0 ppm
Duty Cycle	-	Continuous
Output Impedance	-	50 Ohms
Range	--	70+ miles

Figura 27. Especificaciones técnicas de transmisión

Fuente: Xeta4-FCC (Xetawave)

Figura N° 4. 22



Figura 28. Radio Modem MDS SD4 General Electric
Fuente: MDS SD4 (General Electric)

Figura N° 4. 23

SD4	
RF data rate & bandwidth	4,800 bps @ 6.25 kHz 9,600 & 19,200 bps @ 12.5 kHz 19,200 & 38,400 bps @ 25 kHz
Frequency bands	300 - 360 MHz 350 - 400 MHz 400 - 450 MHz 450 - 512 MHz

Figura 29. Especificaciones técnicas de transmisión
Fuente: MDS SD4 (General Electric)

Figura N° 4. 24



Figura 30. Radio modem de la marca Racom

Fuente: Ripex400 (Racom)

Radio parameters	
Frequency bands	135-154; 154-174; 215-240; 300-320; 320-340; 340-360; 368-400; 400-432; 432-470; 470-512; 928-960 MHz
Channel spacing	6.25 / 12.5 / 25 / 50 kHz
Frequency stability	+/- 1.0 ppm
Modulation	QAM (Linear): 16DEQAM, D8PSK, $\pi/4$ DQPSK, DPSK FSK (Exponential): 4CPFSK, 2CPFSK
Data speed (up to)	> 200 kbps@50 kHz; > 100 kbps@25 kHz; > 50 kbps@12.5 kHz; > 25 kbps@6,25 kHz
RF Output power	0.1 to 10 W programmable
Duty cycle	Continuous
Sensitivity for BER 10e-6	-99 dBm / 16DEQAM / 25 kHz -115 dBm / 2CPFSK / 25 kHz

Figura 31. Especificaciones técnicas de comunicación de la radio Racom

Fuente: Ripex400 (Racom)

Las características que utilizaremos para decidir por una de las radios, será la velocidad de transmisión, esto debido a la topología a proponer, y el ancho de banda a ocupar la conexión Wifi.

V. RESULTADOS

5.1. Introducción

Para los resultados del modelo de enlace que se realizó el estudio de los perfiles geográficos, altura de las antenas, cálculo de los azimut, ganancia de las antenas, longitud de la trayectoria de los radioenlaces zona de Fresnel, y disponibilidad del sistema a través del software del Excel y Radio Mobile.

5.2. Estudio de enlace

Durante el proceso de replanteo se ha visitado todas las estaciones objeto de estudio, tras lo cual se han realizado las siguientes consideraciones.

- Se ha verificado la Línea de Vista de nuestros enlaces propuestos.
- Se ha comprobado la viabilidad de los enlaces calculando los perfiles de enlace, Zona de Fresnel y la disponibilidad del sistema, tanto en la banda de 5,4 GHz como en 23 GHz.
- Se ha realizado los cálculos de electrónica digital, diseño de los radioenlaces y de radio propagación, utilizado como herramienta de diseño el software RADIO MOBILE. Para así verificar las características adecuadas de los equipos que serán necesarios en el proyecto.
- Mediante el uso de Analizadores de Espectro se ha verificado el comportamiento de la banda no licenciada de 5,4Ghz en la zona del estudio, para detectar las interferencias, canales ocupados por otros sistemas de comunicaciones presentes, y así elegir del espectro los canales disponibles para la comunicación de nuestro sistema.

Figura N° 5. 1

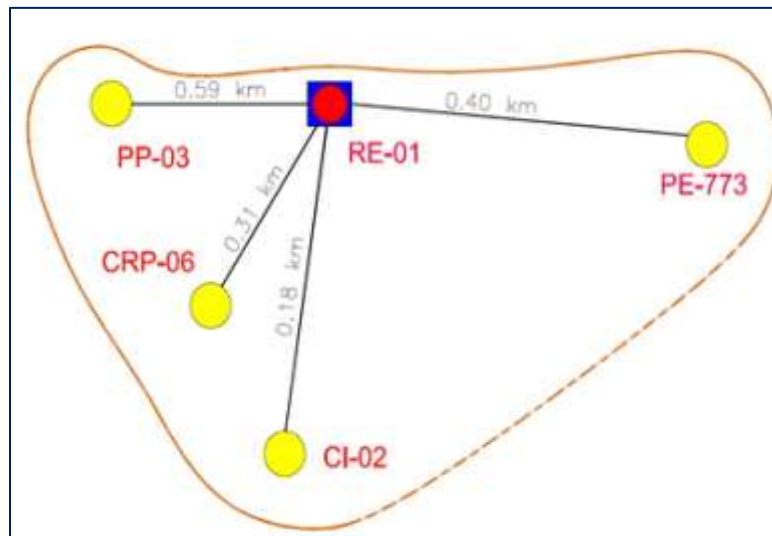


Figura 32. Perfil de enlace

Fuente: Elaboración propia

Mediante el Software Excel y Radio Mobile se realizará lo siguiente.

- Cálculo de los perfiles geográficos.
- Cálculo de altura de las antenas.
- Cálculo de los Azimut.
- Cálculo de la Ganancia de las antenas.
- Cálculo de las zonas de Fresnel.
- Cálculo de la longitud de la trayectoria de los radioenlaces.
- Cálculo de las pérdidas de espacio libre.
- Cálculo de la potencia de transmisión.
- Cálculo de la potencia radiada efectiva.
- Nivel señal recibida.
- Margen de desvanecimiento.
- Diagnóstico del área o áreas a interconectar. Evaluación de cotas y ubicación geográfica.
- Se verificará y asegurará que la línea de vista entre las estaciones, en caso de no contar con línea de vista se realizará replanteos de la arquitectura de comunicaciones con el fin de garantizar los enlaces, (se debe buscar el mejor enlace entre las estaciones).

- Se asegurará que la primera zona Fresnel esté libre de obstáculos, o asegurar que este libre los porcentajes técnicos recomendados.
- Elaboración de los perfiles geográficos de los enlaces a implementar.
- Se asegurará que los enlaces conformados en el estudio final tendrán una confiabilidad del 99.95%. (Se debe aclarar que la disponibilidad y confiabilidad del sistema de la radio no garantiza la transmisión de datos superior a lo permitido en el ancho de banda establecido para la frecuencia de 5,4Ghz y es una banda no licenciada.

Para la realización del estudio de los puntos especificados líneas arriba se necesitó:

- Radio Maestra Ethernet (1+1) en la banda de 5,4 GHz, con antena Omnidireccional externa.

5.3. Pruebas realizadas

a. Calculo de perfiles de enlace, zona de fresnel y disponibilidad del sistema:

1. Ubicamos la plaza de armas de Huancavelica y la localidad de San Cristobal en google earth.

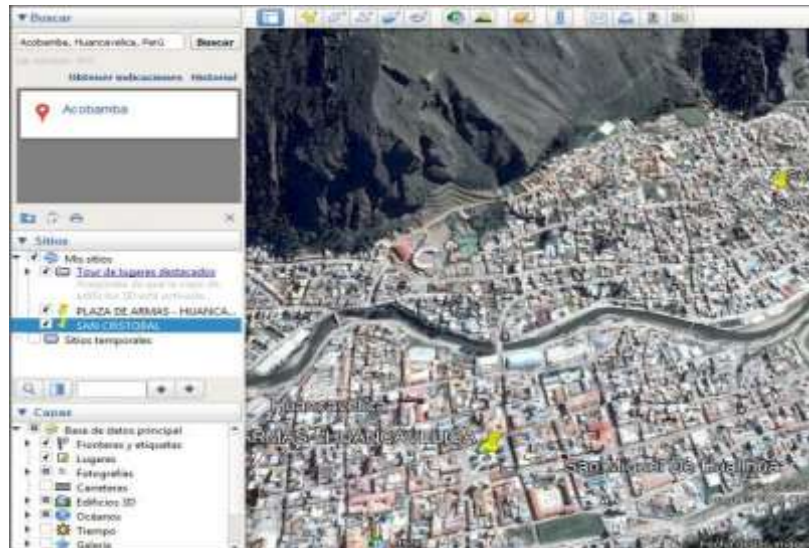


Figura 33. Ubicación de Plaza de Armas de Huancavelica y Localidad de San Cristobal

Fuente: Google Earth

2. Dentro de RADIOMOBILE seleccionamos las características que presentará nuestro mapa.



Figura 34. Características que presentará el Mapa

Fuente: Elaboración propia

3. Verificamos que se encuentre en las coordenadas correctas.

Fuente:
Elaboración
ción
propia



e

Figura 35. Verificación de las coordenadas

niendo el

mapa desde google earth.

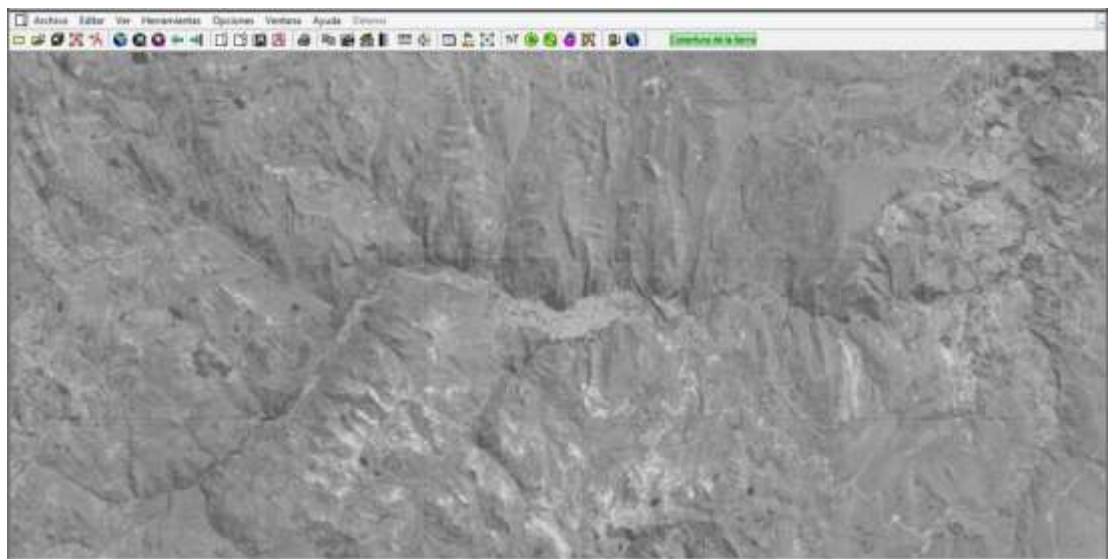


Figura 36. Mapa desde Google Earth

Fuente: Elaboración propia

5. Agregamos las unidades con los datos de marcadores de posición del mapa en google earth.

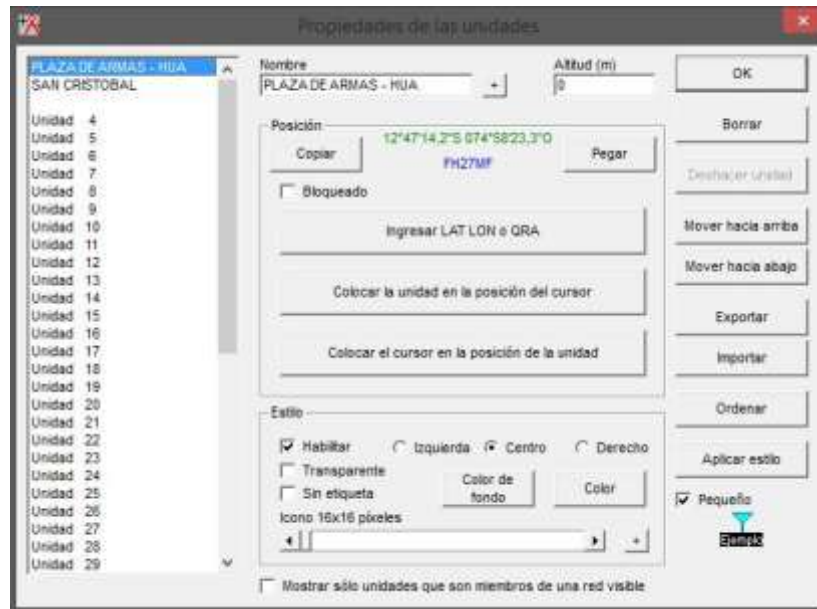


Figura 37. Datos de Marcadores de Posición
Fuente: Google Earth

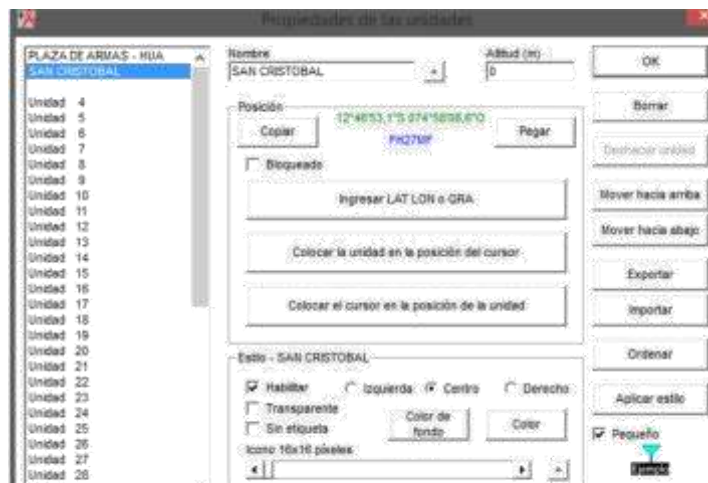


Figura 38. Datos de Marcadores de Posición
Fuente: Google Earth



Figura 39. Datos de Marcadores de Posición
Fuente: Google Earth

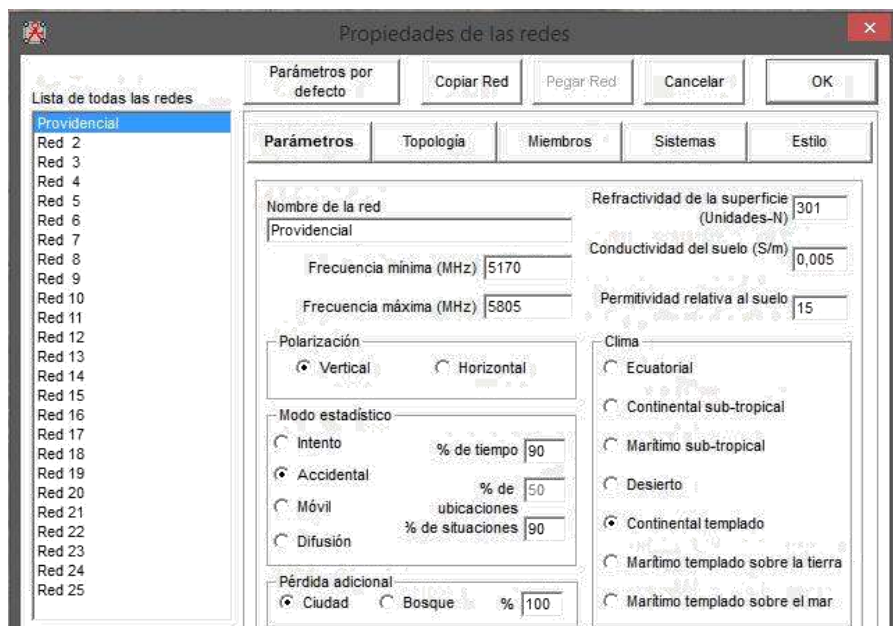


Figura 40. Datos de Marcadores de Posición
Fuente: Google Earth

6. Teniendo ya las unidades designaremos las características que tendrá la red que queramos asignar.

Para ello hacemos clic en el botón para las propiedades de las redes. Nos aparecerá la primera ventana donde vamos a asignar los siguientes datos:

Nombre de la red --> Providencial Frecuencia mínima --> 5170 (banda 5 GHz). Frecuencia máxima --> 5805 (banda 5 GHz). Polarización --> Vertical.

Modo estadístico --> Accidental.

% de tiempo --> 99.

% de situaciones --> 99.

Pérdida adicional --> Ciudad.

% --> 100.

Clima --> Continental templado.

Y por último en la sección de Topología elegimos los siguiente.

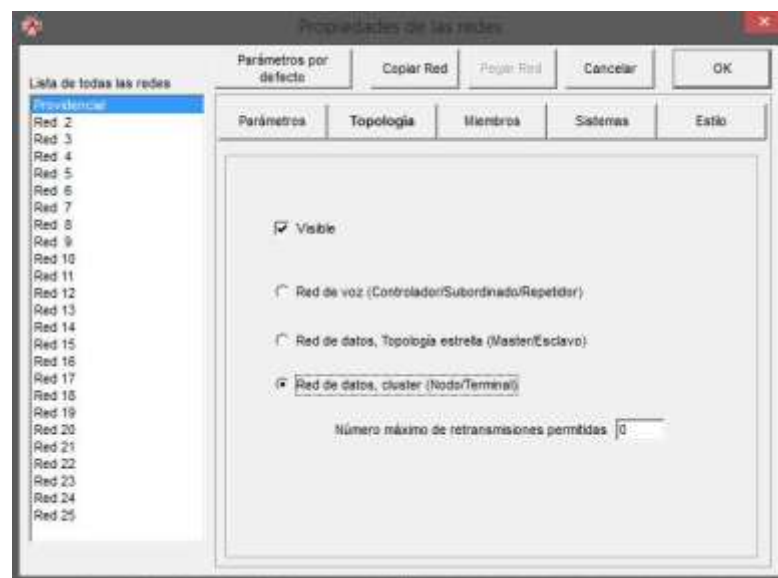


Figura 41. Datos de los Marcadores de Posición

Fuente: Google Earth

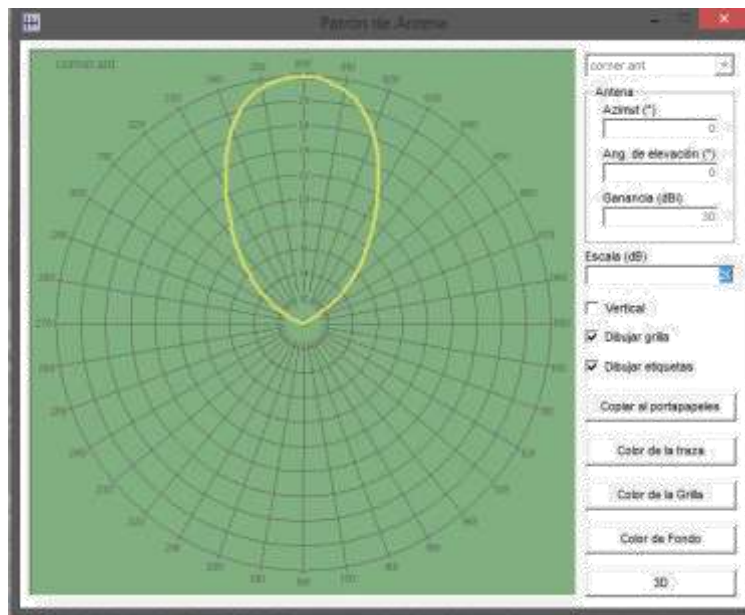


Figura 42. Datos de los Marcadores de Posición

Fuente: Google Earth

7. Para la sección de sistemas se utilizará la marca Ubiquiti ya que es aquella que en mi opinión personal tiene mejor alcance y cobertura.

Elegimos el Sistema 1, a continuación, en el desplegable de la derecha referente al Radios y elegimos cualquiera menos el 00 (VHF-UHF), nosotros elegimos el 02. A continuación, introducimos los siguientes datos de configuración:

Nombre del sistema --> UBNT Rocket M5 30 dBi. Potencia del Transmisor --> 27 dBm.

Umbral del Receptor --> -98 dBm. Tipo de antena --> corner.ant
Ganancia de antena --> 30 dBi.

Fig. corner.ant

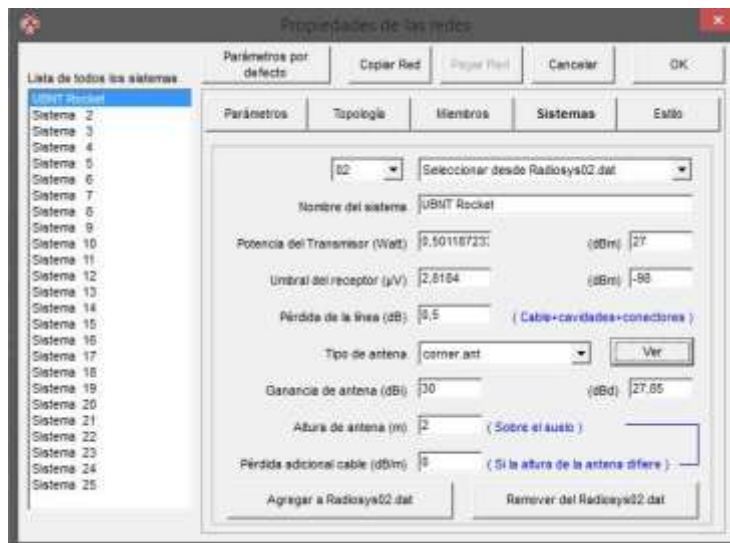


Figura 43. Datos de los Marcadores de Posición
Fuente: Google Earth

Por último, vamos al apartado Miembros donde vamos a elegir las unidades y asociarlas al sistema, así como hacia donde se orienta la antena.

NODO (PLAZA DE ARMAS - HUANCAMELICA)

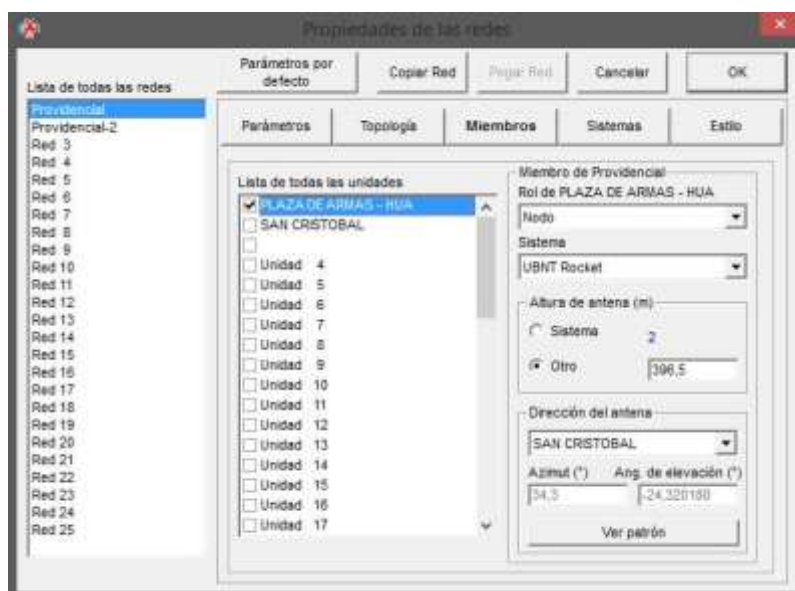


Figura 44. Datos de los Marcadores de Posición
Fuente: Google Earth

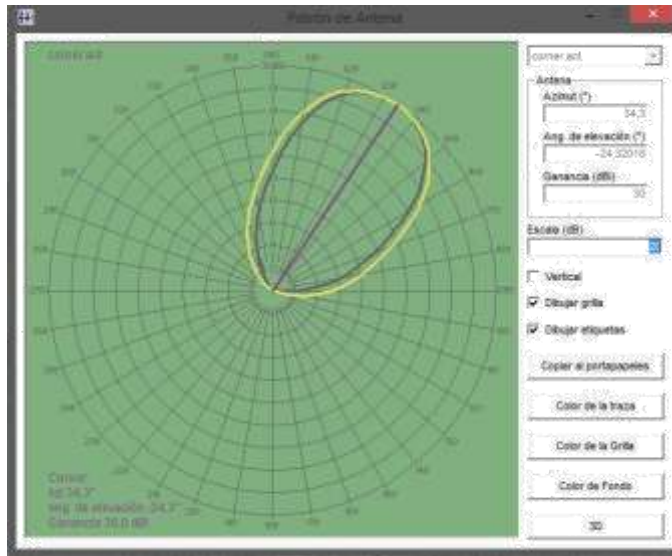


Figura 45. Datos de los Marcadores de Posición

Fuente: Google Earth

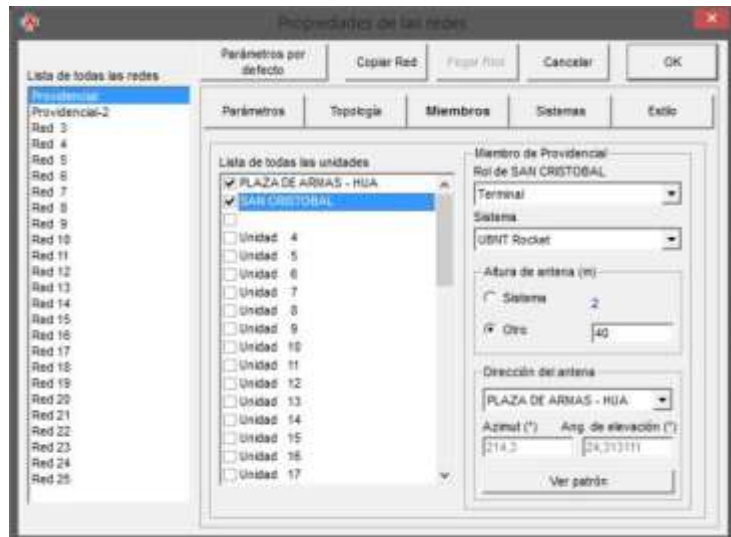


Figura 46. Datos de los Marcadores de Posición

Fuente: Google Earth

TERMINAL (SAN CRISTOBAL)

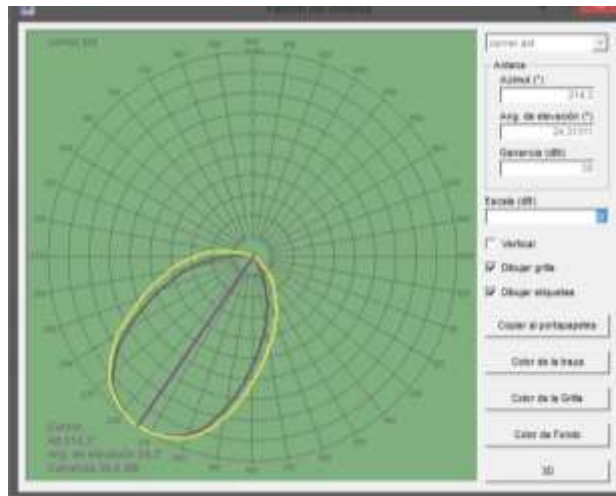


Figura 47. Datos de los Marcadores de Posición

Fuente: Google Earth

8. Vamos a realizar el cálculo e interpretación para ello vamos clic en el icono enlace de radio.



Figura 48. Datos de los Marcadores de Posición

Fuente: Google Earth

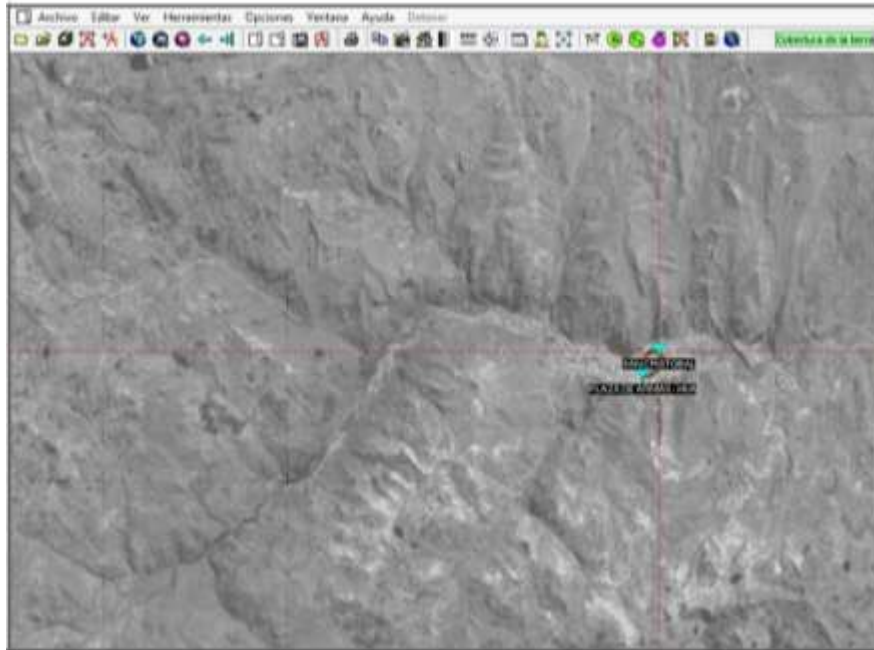


Figura 49. Datos de los Marcadores de Posición

Fuente: Google Earth

b. Tráfico de datos

La topología propuesta para la prueba de tráfico de datos será una red punto multipunto (PMP).

Se utilizaron canales determinados en el Estudio de Radio Espectro en la banda de 5,4GHz, con una configuración en modo Router. Como etapas

Se realizó saturación de los enlaces de manera individual (estación remota y, únicamente con estación cabecera), y luego, la misma actividad en toda la red implementada, esto para poder evaluar el comportamiento de los equipos ante la sobrecarga de información que pueda existir en algunas estaciones de cabecera.

Se hizo uso de un protocolo de tráfico de datos donde se registraron todos los valores obtenidos en cada una de las prueba.

Saturación de ancho de banda

Utilizaremos el software JPERF para enviar la información, y realizaremos el monitoreo de la información con el software WIRESHARK.

Realizaremos las pruebas de manera independiente y finalmente lo haremos en simultáneo. Empezaremos con el envío de 30KB, 50KB, 100KB, 300KB, 500KB y 1MB.

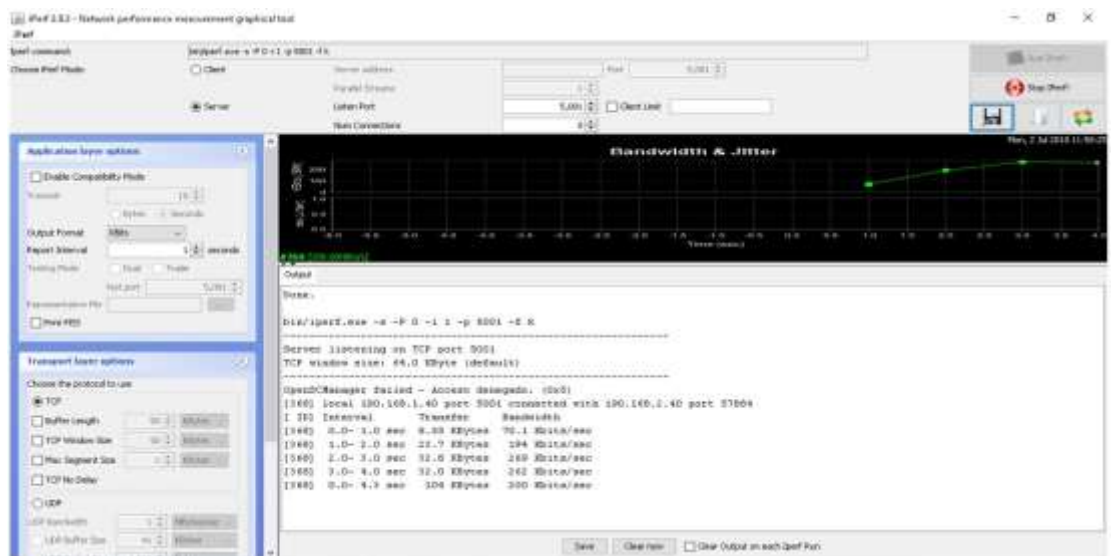


Figura 50. Vista del JPERF desde la estación Maestra

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Saturación de ancho de banda de PP03

Address A	Port A	Address B	Port B	Packets	Bytes	Packets A → B	Bytes A → B	Packets B → A	Bytes B → A	Ret Obs	Duration	Bits/A → B	Bits/B → A
190.168.2.40	57909	190.168.1.40	5001	55	384 k	25	76 k	36	1748	10553221	1.5752	142 k	9877
190.168.2.40	57961	190.168.1.40	5001	35	40 k	46	40 k	39	2598	41264504	3.0621	142 k	9879
190.168.2.40	57888	190.168.1.40	5001	348	116 k	79	112 k	67	4010	37723196	4.5550	187 k	7549
190.168.2.40	57949	190.168.1.40	5001	371	209 k	100	270 k	179	12 k	10170729	18.7879	206 k	9265
190.168.2.40	57900	190.168.1.40	5001	664	556 k	361	574 k	323	21 k	131208170	33.4386	199 k	7900
190.168.2.40	50037	190.168.1.40	5001	1,414	1142 k	770	1095 k	676	46 k	122,075,515	41.9283	209 k	8790

Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a. **Contrastación de hipótesis con los resultados.**

Para el diseño del sistema de radioenlaces en la banda 5,4 GHz en las, se ha verificado la Línea de Vista de los enlaces propuestos con un estudio del relieve en la zona propuesta y a través de cálculos demostrados.

Se ha comprobado la viabilidad de los enlaces calculando los perfiles de enlace, Zona de Fresnel y la disponibilidad del sistema en la banda de 5,4GHz, se ha demostrado un nivel de confiabilidad del sistema propuesto del 99.95%.

Se ha realizado los cálculos de electrónica digital, diseño de los radioenlaces y de radio propagación, utilizado como herramienta de diseño el software RADIO MOBILE, para así verificar las características adecuadas de los equipos que serán necesarios en el proyecto.

El diseño de las estaciones de radioenlaces en la banda 5,4GHz se pudo comprobar un funcionamiento en las comunicaciones en Wifi de banda no licenciada.

b. **Contrastación de resultados con otros estudios similares.**

Se analizó los resultados de la tesis de la Pontífice Universidad Católica del Perú - “DISEÑO DE RADIOENLACE MICROONDAS ISLA SAN LORENZO – CAMPUS PUCP PARA EL PROYECTO PERU MAGNETO” de Ricardo Erick Díaz Vargas, según las conclusiones se demuestra que el medio de comunicación es adecuado y económico en comparación a si usáramos fibra óptica o satelital. El sistema tiene un nivel de confiabilidad de 99.95% lo que lo hace viable y factible en el ancho de banda elegido.

VII. CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4GHz para el enlace en Wifi.
- El diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4GHz permite la conexión en Wifi de la banda no licenciada.
- Los niveles óptimos de los enlaces garantizan el 99.95% de confiabilidad del sistema planteado, esto siguiendo los parámetros de diseño de los radioenlaces.
- Se determinó el ancho de banda y la transferencia efectiva (throughput) de los enlaces permite una comunicación optima en Wifi para la región Huancavelica.

VIII. RECOMENDACIONES

- Implementar este modelo de enlace que sea sostenible en el tiempo para las localidades de la región de Huancavelica.
- La conexión inalámbrica de las redes es menor, puesto que el costo de inversión y gastos es menor a la red alámbrica.
- Al introducir servicios de internet(operador) debe contribuir FITEC (Fondo de inversión en Telecomunicaciones) de acuerdo a la ley.
- Este servicio será apoyado a la red dorsal de Fibra óptica de la región.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBORNOZ, J. Radioenlaces Digitales. Primera Parte. Saarbrücken: Editorial Académica Española, 2013.
- ANGUERA, J. y PÉREZ, A. Teoría de Antenas. 1.^a ed. Sevilla: Lluís Vicent, 2008.
- BRICEÑO Márquez, J. Transmisión de datos. 3.^a ed. Merida, Venezuela: Taller de Publicaciones de la Facultad de Ingeniería, ULA, 2015.
- DÍAZ Vargas, R. Diseño de Radioenlace Microondas Isla San Lorenzo - Campus PUCP para el Proyecto Perú Magneto. Tesis (Ingeniero de las Telecomunicaciones). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.
- EEE Std 211-1997. Standard Definitions of Terms for Radio Wave Propagation, 1997.
- GALEANO Villa, Jorge Luis. Análisis, diseño, simulación y presupuestación de un radio enlace punto a punto entre los Municipios de Belén de Umbría y Quinchía en el departamento de Risaralda [en línea], 2012. Pereira. [Fecha de consulta: 22 de agosto de. 2018]. Disponible en http://repositorio.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/10785/1360/3/DDP_AIST17.pdf
- GERENCIA DE PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO. Plan de Desarrollo Local Concertado PDLC Cieneguilla 2012-2021, 2012.
- GONZALES, F. Estudio y diseño de un radioenlace para transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena Alfa y Omega utilizando equipos Airmax de Ubiquiti. Proyecto previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Politécnica Nacional, 2015.

- GUZMAN P., H. Redes V. 1.^a ed. Santa Cruz, Bolivia, 2015.
- HUIDOBRO Moya, J. Fundamentos de telecomunicaciones. 1.^a ed. Madrid: Paraninfo, Thomson Learning, 2001.
- HUIDOBRO, J., MILLÁN Tejedor, R. & ROLDÁN Martínez, D. Tecnologías de telecomunicaciones. Madrid: Creaciones Copyright, 2005.
- LÓPEZ Vázquez, J. El radioenlace en la red de acceso GSM. 3.^a ed. Madrid, España, 2015.
- LOZANO García, A. Sistemas de propagación y diseño de antenas enfocado al análisis de enlaces de comunicación. Tesis (Magíster en Ciencias de la Ingeniería). México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2002.
- MURILLO Fuentes, J. Fundamentos de radiación y radiocomunicación. 2.^a ed. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingenieros, 2007.
- PIETROSEMOLI, E. Como instalar un Radioenlace [en línea], 2018. Radiocomunicaciones.net. Disponible en:
<http://www.radiocomunicaciones.net/pdf/radioenlaces/como-instalar-un-radioenlace.pdf> [Consultado 19 Sep. 2018].
- RAMOS Pascual, F. Radiocomunicaciones. Barcelona: Marcombo, 2015.
- RAMOS Pascual, F. Diseño de Radioenlaces [en línea], 2018. [Fecha de consulta: 6 de octubre de 2018]. Radiocomunicaciones.net. Disponible en <http://www.radiocomunicaciones.net/pdf/radioenlaces/disenio-basicoradioenlace.pdf>.
- RAMOS, F. Bandas de frecuencia y canalizaciones. [Blog] Tecnologías inalámbricas y diseño de radioenlaces [en línea], 2012. [Fecha de consulta: 16 de agosto de 2018]. Disponible en <http://www.radioenlaces.es/articulos/bandas-de-frecuencia-y-canalizaciones/>.

RODRÍGUEZ Penin, A. Sistemas SCADA. Barcelona: Marcombo, 2007.

RUESCA, P. Radio Enlace ¿Que es un Radioenlace? Radiocomunicaciones [en línea], 2018. Radiocomunicaciones Blog Técnico. [Fecha de consulta: 19 de agosto de 2018]. Disponible en <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>

RUESTA, P. Antenas dipolo – Definición. [Blog] Radio Comunicaciones [en línea], 2016. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2018]. Disponible en <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/antenas-dipolo/>

TOMASI, W. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. 4.^a ed. Phoenix, Arizona: Pearson Educación de México, SA de CV., 2011.

.

ANEXOS

- Matriz de Consistencia
- Especificaciones técnicas de los equipos utilizados
- Plan nacional de atribución de frecuencias PNAF
- Disposiciones de Radiocanales (Canalizaciones) para los servicios de telecomunicaciones.

Matriz de Consistencia.

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIOENLACES EN LA BANDA DE 5,4 GHz DE RED DE ACCESO PARA POBLADOS RURALES SIN SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL PERÚ EN LA REGION DE HUANCAMELICA”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema General: ¿De qué manera el diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4 Ghz de red de acceso para poblados rurales sin servicios de telecomunicaciones en el Perú en la región de Huancavelica”</p> <p>Problemas Específicos: 1. ¿qué software me permite el diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4 GHz de red de acceso para poblados rurales sin servicios de telecomunicaciones en el Perú en la región de Huancavelica” 2. ¿Qué niveles óptimos debe poseer nuestros enlaces para poder garantizar el 99?95% de confiabilidad del sistema planteado? 3. ¿Cuáles sería los valores de ancho de banda y la transferencia efectiva de los enlaces permita 4. ¿Cuáles son los tiempos de carga y descarga de un archivo desde la estación cabecera hacia las estaciones remotas sin interrumpir la comunicación en poblados rurales?</p>	<p>Objetivo General: . Diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4 Ghz de red de acceso para poblados rurales sin servicios de telecomunicaciones en el Perú en la región de Huancavelica”</p> <p>Objetivos Específicos: 1. diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4 Ghz de red de acceso para poblados rurales sin servicios de telecomunicaciones en el Perú en la región de Huancavelica” con un software licenciado. 2. Determinar los niveles óptimos de los enlaces para garantizar el 99.95% de confiabilidad del sistema planteado. 3. Determinar el ancho de banda y la transferencia efectiva (throughput) de los enlaces permite el enlace . 4. Determinar el tiempo de carga y descarga de un archivo desde la estación cabecera</p>	<p>Hipótesis General: Diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 5,4 Ghz de red de acceso para poblados rurales sin servicios de telecomunicaciones en el Perú en la región de Huancavelica”, a pesar de que esta banda no licenciada posee un ancho de banda demasiado limitado.</p> <p>Hipótesis Específicas: 1. requiere de un software licenciado. 2. Los niveles óptimos de los enlaces garantizan el 99.95% de confiabilidad de sistema planteado. 3. El ancho de transferencia efectiva los enlaces permite control de las estaciones Rurales . 1. Los tiempos de carga y descarga de un archivo de PLC desde la estación cabecera hacia las estaciones remotas no interrumpen el monitoreo y control de las otras estaciones de SEDAPAL del esquema Cieneguilla</p>	<p>Variables Independientes: -Canales de comunicación en la banda no licenciada de 5,4Ghz. -Puntos geográficos de ubicación de estaciones. - Distancia de las estaciones.</p> <p>Variable Dependiente: -Potencia de los equipos de transmisión. -Altura de las antenas. -Ganancia de las antenas de trasmisión y recepción. -Ancho de banda de radioenlaces. Niveles de radioenlace. -Velocidad descarga de audio . -Transmisión throughput.</p>	<p>La investigación que se realizó para hacer este estudio se determina como un proyecto factible en el cual se demostrara los beneficios de este tipo de enlace, este estudio se fundamenta en un estudio cuantitativo tecnológico con niveles de aplicación industrial</p>

1. Especificaciones técnicas de los equipos utilizados:

1.1. FICHA TÉCNICA RADIOS ETHERNET

- **Banda 400-450 MHz**

Tipo Radio : Industrial o Aplicación: Telemetría SCADA o Montaje Tablero : Indoor o Canales que se puede usar : 12.5/25 KHz o Modulación : QPSK/16QAM/32QAM o Rango Mínimo : 25 Km o Velocidad RF (Efectivos) : 100 KBPS o Topología soportada : Punto a Punto/Punto Multipunto/Repetidor

- **Radio**

Ciclo de Trabajo : Continuo o Potencia : 20 a 30 dBm (100 mW a 1 W) Valor mínimo o Multivelocidad : La maestra deberá tener Multivelocidad de comunicaciones de la maestra con las otras remotas.

Impedancia : 50 ohm o Sensibilidad (mínima) : 106 dBm

- **Interfaz Física** o Ethernet : 10/100 Base T o Serial : COM1: RS23/RS485 velocidad mín. 38400 bps

Antena: Conectores: RP-TNC/TNC/SMA/N/BNC. Estará en función de las pruebas de propagación y/o memoria de cálculo.

- **Protocolos**

Wireless : CSMA/CA

Ethernet : IEEE 802.3, IEEE802.1Q (VLAN) o TCP/IP : Modbus TCP, ICMP, UDP, TCP, HTTP, SNMP o Serial : Modbus RTU, DNP3 o Administración : HTTP, SSH, local console y SNMP

- **Eléctrica** o Alimentación Maestras, Repetidoras y Remotas : 24 VDC (nativos sin adaptadores) o Consideraciones similares: No se admitirá radios POE ni arreglos similares en tablero.

1.2. SWITCHES PARA LOS CD, ESTACIONES REMOTAS

- Switch industrial para ser montado en tableros de telemetría (din/rail)
- Switch LAN FASTETHERNET 8 a más puertos RJ-45 10/100 Mbps (para las estaciones Maestras y cabeceras deberán ser 1000 Mbps con posibilidad de ruteo – Capa 3)
- Switch administrable con operación en las capas 2 y 3 del modelo OSI.
- Auto negociación FULL/HALF-DUPLEX en todos los puertos.
- Leds indicadores de velocidad 10/100.
- Operación entre 0 – 24 VDC (fuentes redundantes) y de -40 a 70 °C.

Protocolos de ruteo dinámico RIP v1/v2, RIPNG y EIGRP.

- Incluye mecanismos de protección contra DOS.
- Soporte de ACLS por puerto, basados en información de capa 2,3 y 4.
- Administración a través de interface WEB, CLI, SNMP, TELNET y utilitarios Windows.
- Debe soportar protocolos TCP, UDP, ARP, RARP, FTP/TFTP, DHCP, SSH, RMON.
- Deberá cumplir los protocolos industriales: UL 508, CSA 22.2, EN60204-1, EN61010-1. EN61131-2.
- Estándar de certificación de emisiones electromecánicas: FCC PART 15 CLASS A, EN 55022: 1998 (CISPR22).
- Configuración y administración de VLANS.
- Funcionalidad de QOS MULTILAYER. Clasificación de tráfico basada en direcciones MAC de origen y destino (capa 2), direcciones IP de origen y destino (capa 3) y puertos TCP/UDP (capa 4).
- Control de tormentas de BROADCAST, MULTISCAT por puerto.

1.3. TORRE AUTOSOPORTADA

- Galvanizado en caliente Norma ASTM-A123.
- Soportar el grado 9 de magnitud de momento.

Debe estar acompañada del estudio estructural en donde se realice la instalación.

- Debe contener el estudio de suelos y de cimentación, los cuales deben incluir cálculos estructurales (Richter, velocidad de vientos, tipos de suelos, etc.), los cuales deben estar visados por el especialista estructural.
- Estudio de velocidades de aire a considerar de acuerdo a su altura.
- Deben tener tornillos y pernos en acero inoxidable.
- Toda estructura debe estar revestida con pintura anticorrosiva (marina).
- El diseño de la altura deberá considerar el crecimiento demográfico (5 a 10 años).
- Debe contar con pararrayos.
- Debe contar con luz de balizaje, con tecnología LED industrial (IP65) o solar.
- Para el acabado según requerimiento, en color blanco y naranja en franja de acuerdo al estipulado en las Normas de la Organización Aeronáutica Civil – OACI.

1.4. TORRE VENTADA PESADA

- Tipo: PESADO.
- Galvanizado en caliente Norma ASTM-A123.
- Mínimo lado de 30x30 cm.

Se podrá usar templadores rígidos de hierro galvanizado caliente.

- En caso de usar templadores serán de acero inoxidable.
- Los sujetadores serán de acero inoxidable.
- Los tornillos y pernos deberán ser de acero inoxidable.

- Toda la estructura debe estar revestido con pintura anticorrosiva (Marina)
- En caso de superar los 35 m de altura como indica el MTC (salvo varíe la norma) se debe considerar luz de balizaje, con tecnología LED industrial o solar.
- Para el acabado según requerimiento, en color blanco y naranja en franjas de acuerdo a lo estipulado en las Normas de las Organización Aeronáutica Civil – OACI.
- El diseño de la altura deberá considerar el crecimiento demográfico (5 a 10 años).
-

1.5. POSTES PARA TELECOMUNICACIONES

- Deben cumplir la NTP339, 027.
- El acero y cemento utilizado en la manufactura de postes deberá cumplir con las NTP 334.009, 334.082, 334.090, 341.029, 341.030, 341.931 y 350.002.
- Mástiles de 6 m de hierro galvanizado, abrazaderas y pernos en acero inoxidable.

El diseño de la altura deberá considerar el crecimiento demográfico (5 a 10 años).

3. PLAN NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS PNAF

CAPITULO I

TERMINOLOGIA

ARTICULO 1

TERMINOS Y DEFINICIONES

Sección II. Términos específicos relativos a la gestión de frecuencias

2.1 Atribución (de una banda de frecuencias): Inscripción en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, de una banda de frecuencias determinada, para que sea utilizada por uno o varios servicios de Radiocomunicación terrenal o espacial o por el servicio de radioastronomía en

condiciones especificadas. Este término se aplica también a la banda de frecuencias considerada.

2.2 Adjudicación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico): Inscripción de un canal determinado en un plan, adoptado por una conferencia competente, para ser utilizado para un servicio de radiocomunicación terrenal o espacial en uno o varios países o zonas geográficas determinados y según condiciones especificadas.

2.3 Asignación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico):

Autorización que se da para que una estación radioeléctrica utilice una frecuencia o un canal radioeléctrico determinado en condiciones especificadas.

Sección III. Servicios radioeléctricos

3.1 Servicio de radiocomunicación: Servicio definido en esta sección que implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación. Todo servicio de Radiocomunicación que se mencione en el presente Plan, salvo indicación expresa en contrario, corresponde a una radiocomunicación terrenal

3.2 Servicio fijo: Servicio de Radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

4. DISPOSICIONES DE RADIOCANALES (CANALIZACIONES) PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.

Banda 401,000 - 406,000 MHz (SERVICIO: FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico)*

Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz
1	401,025	41	402,025	81	403,025	121	404,025	161	405,025
2	401,050	42	402,050	82	403,050	122	404,050	162	405,050
3	401,075	43	402,075	83	403,075	123	404,075	163	405,075
4	401,100	44	402,100	84	403,100	124	404,100	164	405,100
5	401,125	45	402,125	85	403,125	125	404,125	165	405,125
6	401,150	46	402,150	86	403,150	126	404,150	166	405,150
7	401,175	47	402,175	87	403,175	127	404,175	167	405,175
8	401,200	48	402,200	88	403,200	128	404,200	168	405,200
9	401,225	49	402,225	89	403,225	129	404,225	169	405,225
10	401,250	50	402,250	90	403,250	130	404,250	170	405,250
11	401,275	51	402,275	91	403,275	131	404,275	171	405,275
12	401,300	52	402,300	92	403,300	132	404,300	172	405,300
13	401,325	53	402,325	93	403,325	133	404,325	173	405,325
14	401,350	54	402,350	94	403,350	134	404,350	174	405,350
15	401,375	55	402,375	95	403,375	135	404,375	175	405,375
16	401,400	56	402,400	96	403,400	136	404,400	176	405,400
17	401,425	57	402,425	97	403,425	137	404,425	177	405,425
18	401,450	58	402,450	98	403,450	138	404,450	178	405,450
19	401,475	59	402,475	99	403,475	139	404,475	179	405,475
20	401,500	60	402,500	100	403,500	140	404,500	180	405,500
21	401,525	61	402,525	101	403,525	141	404,525	181	405,525
22	401,550	62	402,550	102	403,550	142	404,550	182	405,550
23	401,575	63	402,575	103	403,575	143	404,575	183	405,575
24	401,600	64	402,600	104	403,600	144	404,600	184	405,600
25	401,625	65	402,625	105	403,625	145	404,625	185	405,625
26	401,650	66	402,650	106	403,650	146	404,650	186	405,650
27	401,675	67	402,675	107	403,675	147	404,675	187	405,675
28	401,700	68	402,700	108	403,700	148	404,700	188	405,700
29	401,725	69	402,725	109	403,725	149	404,725	189	405,725
30	401,750	70	402,750	110	403,750	150	404,750	190	405,750
31	401,775	71	402,775	111	403,775	151	404,775	191	405,775
32	401,800	72	402,800	112	403,800	152	404,800	192	405,800
33	401,825	73	402,825	113	403,825	153	404,825	193	405,825
34	401,850	74	402,850	114	403,850	154	404,850	194	405,850
35	401,875	75	402,875	115	403,875	155	404,875	195	405,875
36	401,900	76	402,900	116	403,900	156	404,900	196	405,900
37	401,925	77	402,925	117	403,925	157	404,925	197	405,925
38	401,950	78	402,950	118	403,950	158	404,950	198	405,950
39	401,975	79	402,975	119	403,975	159	404,975	199	405,975
40	402,000	80	403,000	120	404,000	160	405,000		

Banda 406,100 - 411,675 MHz (SERVICIO: FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico)

Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz
1	406,125	41	407,125	81	408,125	121	409,125	161	410,125
2	406,150	42	407,150	82	408,150	122	409,150	162	410,150
3	406,175	43	407,175	83	408,175	123	409,175	163	410,175
4	406,200	44	407,200	84	408,200	124	409,200	164	410,200
5	406,225	45	407,225	85	408,225	125	409,225	165	410,225
6	406,250	46	407,250	86	408,250	126	409,250	166	410,250
7	406,275	47	407,275	87	408,275	127	409,275	167	410,275
8	406,300	48	407,300	88	408,300	128	409,300	168	410,300
9	406,325	49	407,325	89	408,325	129	409,325	169	410,325
10	406,350	50	407,350	90	408,350	130	409,350	170	410,350
11	406,375	51	407,375	91	408,375	131	409,375	171	410,375
12	406,400	52	407,400	92	408,400	132	409,400	172	410,400
13	406,425	53	407,425	93	408,425	133	409,425	173	410,425
14	406,450	54	407,450	94	408,450	134	409,450	174	410,450
15	406,475	55	407,475	95	408,475	135	409,475	175	410,475
16	406,500	56	407,500	96	408,500	136	409,500	176	410,500
17	406,525	57	407,525	97	408,525	137	409,525	177	410,525
18	406,550	58	407,550	98	408,550	138	409,550	178	410,550
19	406,575	59	407,575	99	408,575	139	409,575	179	410,575
20	406,600	60	407,600	100	408,600	140	409,600	180	410,600
21	406,625	61	407,625	101	408,625	141	409,625	181	410,625
22	406,650	62	407,650	102	408,650	142	409,650	182	410,650
23	406,675	63	407,675	103	408,675	143	409,675	183	410,675
24	406,700	64	407,700	104	408,700	144	409,700	184	410,700
25	406,725	65	407,725	105	408,725	145	409,725	185	410,725
26	406,750	66	407,750	106	408,750	146	409,750	186	410,750
27	406,775	67	407,775	107	408,775	147	409,775	187	410,775
28	406,800	68	407,800	108	408,800	148	409,800	188	410,800
29	406,825	69	407,825	109	408,825	149	409,825	189	410,825
30	406,850	70	407,850	110	408,850	150	409,850	190	410,850
31	406,875	71	407,875	111	408,875	151	409,875	191	410,875
32	406,900	72	407,900	112	408,900	152	409,900	192	410,900
33	406,925	73	407,925	113	408,925	153	409,925	193	410,925
34	406,950	74	407,950	114	408,950	154	409,950	194	410,950
35	406,975	75	407,975	115	408,975	155	409,975	195	410,975
36	407,000	76	408,000	116	409,000	156	410,000	196	411,000
37	407,025	77	408,025	117	409,025	157	410,025	197	411,025
38	407,050	78	408,050	118	409,050	158	410,050	198	411,050
39	407,075	79	408,075	119	409,075	159	410,075	199	411,075
40	407,100	80	408,100	120	409,100	160	410,100	200	411,100

Banda 406,100 - 411,675 MHz (SERVICIO: FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico)

Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz
201	411,125	206	411,250	211	411,375	216	411,500	221	411,625
202	411,150	207	411,275	212	411,400	217	411,525	222	411,650
203	411,175	208	411,300	213	411,425	218	411,550		
204	411,200	209	411,325	214	411,450	219	411,575		
205	411,225	210	411,350	215	411,475	220	411,600		

Banda 420,000 - 421,675 MHz (SERVICIO: FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico)

Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz
1	420,025	16	420,400	31	420,775	46	421,150	61	421,525
2	420,050	17	420,425	32	420,800	47	421,175	62	421,550
3	420,075	18	420,450	33	420,825	48	421,200	63	421,575
4	420,100	19	420,475	34	420,850	49	421,225	64	421,600
5	420,125	20	420,500	35	420,875	50	421,250	65	421,625
6	420,150	21	420,525	36	420,900	51	421,275	66	421,650
7	420,175	22	420,550	37	420,925	52	421,300		
8	420,200	23	420,575	38	420,950	53	421,325		
9	420,225	24	420,600	39	420,975	54	421,350		
10	420,250	25	420,625	40	421,000	55	421,375		
11	420,275	26	420,650	41	421,025	56	421,400		
12	420,300	27	420,675	42	421,050	57	421,425		
13	420,325	28	420,700	43	421,075	58	421,450		
14	420,350	29	420,725	44	421,100	59	421,475		
15	420,375	30	420,750	45	421,125	60	421,500		

Banda 440,000 - 450,000 MHz (SERVICIO: FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico)

Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz
1	440,025	41	441,025	81	442,025	121	443,025	161	444,025
2	440,050	42	441,050	82	442,050	122	443,050	162	444,050
3	440,075	43	441,075	83	442,075	123	443,075	163	444,075
4	440,100	44	441,100	84	442,100	124	443,100	164	444,100
5	440,125	45	441,125	85	442,125	125	443,125	165	444,125
6	440,150	46	441,150	86	442,150	126	443,150	166	444,150
7	440,175	47	441,175	87	442,175	127	443,175	167	444,175
8	440,200	48	441,200	88	442,200	128	443,200	168	444,200
9	440,225	49	441,225	89	442,225	129	443,225	169	444,225
10	440,250	50	441,250	90	442,250	130	443,250	170	444,250
11	440,275	51	441,275	91	442,275	131	443,275	171	444,275
12	440,300	52	441,300	92	442,300	132	443,300	172	444,300
13	440,325	53	441,325	93	442,325	133	443,325	173	444,325
14	440,350	54	441,350	94	442,350	134	443,350	174	444,350
15	440,375	55	441,375	95	442,375	135	443,375	175	444,375
16	440,400	56	441,400	96	442,400	136	443,400	176	444,400
17	440,425	57	441,425	97	442,425	137	443,425	177	444,425
18	440,450	58	441,450	98	442,450	138	443,450	178	444,450
19	440,475	59	441,475	99	442,475	139	443,475	179	444,475
20	440,500	60	441,500	100	442,500	140	443,500	180	444,500
21	440,525	61	441,525	101	442,525	141	443,525	181	444,525
22	440,550	62	441,550	102	442,550	142	443,550	182	444,550
23	440,575	63	441,575	103	442,575	143	443,575	183	444,575
24	440,600	64	441,600	104	442,600	144	443,600	184	444,600
25	440,625	65	441,625	105	442,625	145	443,625	185	444,625
26	440,650	66	441,650	106	442,650	146	443,650	186	444,650
27	440,675	67	441,675	107	442,675	147	443,675	187	444,675
28	440,700	68	441,700	108	442,700	148	443,700	188	444,700
29	440,725	69	441,725	109	442,725	149	443,725	189	444,725
30	440,750	70	441,750	110	442,750	150	443,750	190	444,750
31	440,775	71	441,775	111	442,775	151	443,775	191	444,775
32	440,800	72	441,800	112	442,800	152	443,800	192	444,800
33	440,825	73	441,825	113	442,825	153	443,825	193	444,825
34	440,850	74	441,850	114	442,850	154	443,850	194	444,850
35	440,875	75	441,875	115	442,875	155	443,875	195	444,875
36	440,900	76	441,900	116	442,900	156	443,900	196	444,900
37	440,925	77	441,925	117	442,925	157	443,925	197	444,925
38	440,950	78	441,950	118	442,950	158	443,950	198	444,950
39	440,975	79	441,975	119	442,975	159	443,975	199	444,975
40	441,000	80	442,000	120	443,000	160	444,000	200	445,000

Banda 440,000 - 450,000 MHz (SERVICIO: FIJO, MOVIL salvo móvil aeronáutico)

Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz	Canal N°	Frecuencia (MHz) BW: 25 kHz
201	445,025	241	446,025	281	447,025	321	448,025	361	449,025
202	445,050	242	446,050	282	447,050	322	448,050	362	449,050
203	445,075	243	446,075	283	447,075	323	448,075	363	449,075
204	445,100	244	446,100	284	447,100	324	448,100	364	449,100
205	445,125	245	446,125	285	447,125	325	448,125	365	449,125
206	445,150	246	446,150	286	447,150	326	448,150	366	449,150
207	445,175	247	446,175	287	447,175	327	448,175	367	449,175
208	445,200	248	446,200	288	447,200	328	448,200	368	449,200
209	445,225	249	446,225	289	447,225	329	448,225	369	449,225
210	445,250	250	446,250	290	447,250	330	448,250	370	449,250
211	445,275	251	446,275	291	447,275	331	448,275	371	449,275
212	445,300	252	446,300	292	447,300	332	448,300	372	449,300
213	445,325	253	446,325	293	447,325	333	448,325	373	449,325
214	445,350	254	446,350	294	447,350	334	448,350	374	449,350
215	445,375	255	446,375	295	447,375	335	448,375	375	449,375
216	445,400	256	446,400	296	447,400	336	448,400	376	449,400
217	445,425	257	446,425	297	447,425	337	448,425	377	449,425
218	445,450	258	446,450	298	447,450	338	448,450	378	449,450
219	445,475	259	446,475	299	447,475	339	448,475	379	449,475
220	445,500	260	446,500	300	447,500	340	448,500	380	449,500
221	445,525	261	446,525	301	447,525	341	448,525	381	449,525
222	445,550	262	446,550	302	447,550	342	448,550	382	449,550
223	445,575	263	446,575	303	447,575	343	448,575	383	449,575
224	445,600	264	446,600	304	447,600	344	448,600	384	449,600
225	445,625	265	446,625	305	447,625	345	448,625	385	449,625
226	445,650	266	446,650	306	447,650	346	448,650	386	449,650
227	445,675	267	446,675	307	447,675	347	448,675	387	449,675
228	445,700	268	446,700	308	447,700	348	448,700	388	449,700
229	445,725	269	446,725	309	447,725	349	448,725	389	449,725
230	445,750	270	446,750	310	447,750	350	448,750	390	449,750
231	445,775	271	446,775	311	447,775	351	448,775	391	449,775
232	445,800	272	446,800	312	447,800	352	448,800	392	449,800
233	445,825	273	446,825	313	447,825	353	448,825	393	449,825
234	445,850	274	446,850	314	447,850	354	448,850	394	449,850
235	445,875	275	446,875	315	447,875	355	448,875	395	449,875
236	445,900	276	446,900	316	447,900	356	448,900	396	449,900
237	445,925	277	446,925	317	447,925	357	448,925	397	449,925
238	445,950	278	446,950	318	447,950	358	448,950	398	449,950
239	445,975	279	446,975	319	447,975	359	448,975	399	449,975
240	446,000	280	447,000	320	448,000	360	449,000		

Microwave Transmission

Hiperion series

Digital Microwave Links

Licensed Products



Contents

Terminal Configurations 1 + 0, Split System	7
Direct Mount Antenna, 17E1 PDH, 32E1 Super PDH, IP-34 Mbps	7
Remote Mount Antenna, 17E1 PDH, 32E1 Super PDH, IP-34 Mbps	8
Terminal Configuration 1 + 1, Split System	9
Hot Standby - Direct Mount Antenna, 17E1 PDH	9
Hot Standby - Remote Mount Antenna, 17E1 PDH	10
Space Diversity - Direct Mount Antenna, 17E1 PDH	11
Hot Standby - Direct Mount Antenna, 32E1 Super PDH	12
Hot Standby - Remote Mount Antenna, 32E1 Super PDH	13
Space Diversity - Direct Mount Antenna, 32E1, Super PDH	14
Terminal Configurations 1 + 0, IP All Outdoor System	15
Direct Mount Antenna	15
Link Configurations	16
System components 1 + 0, Split System	16
System components 1 + 1 Hot Standby, Split System	17
System components 1 + 1 Space Diversity, Split System	18
System components 1 + 1 Hot Standby, Split System	19
System components 1 + 1 Space Diversity, Split System	20
System components 1 + 0, IP All Outdoor System	21
Indoor Units	22
IDU Configurations	23
Value Range	23
4E1	23
8E1	23
16E1	23
IDU Configurations	24
Variable Range	24
16E1 + 1E1 + LAN	24
IDU Configurations	25
Premier Range	25
Super PDH 1 + 0	25
IDU Configurations	26
Premier Range	26
Super PDH 1 + 1	26
IDU Configurations	27
Premier Range	27
SDH 1 + 0	27
SDH 1 + 1	27



AT Electronics & Communications International Limited

IDU Configurations..... 28

Premier Range 28

IP 34 Mbps 1 + 0 28

IP 34 Mbps 1 + 1 28

IP 100 Mbps 1 + 0 28

IP 100 Mbps 1 + 1 28

IDU Configurations..... 29

Premier Range 29

GX Multi Access 1 + 0 (Example STM/1) 29

GX Multi Access 1 + 1, 2 + 0, East West (Example STM/1) 29

GX Multi Access 1 + 1, 2 + 0, East West (Example STM/1 + 32E1) 29

Indoor Units 30

Value Range 30

Indoor Units 31

Variable Range 31

Indoor Units 32

Vaiable Range - continued 32

Indoor Units 33

Premier Range - TDM 33

Indoor Units 34

Premier Range – IP Only 34

Indoor Units 35

Multi Access Range –PDH, Super PDH, STM/1 and IP 35

Hiperion Split System ODU's 36

6 GHz 36

7 GHz to 38 GHz 36

ODU Part Numbering 37

Example 37

7 GHz, 161 MHz Duplex Split..... 38

7 GHz, 154 MHz Duplex Split..... 39

7 GHz, 196 MHz Duplex Split..... 39

7 GHz, 245 MHz Duplex Split..... 40

8 GHz, 119 MHz Duplex Split..... 40

8 GHz, 126 MHz Duplex Split..... 41

8 GHz, 311.32 MHz Duplex Split..... 41

13 GHz, 266 MHz Duplex Split..... 42

15 GHz, 420 MHz Duplex Split..... 42

15 GHz, 490 MHz Duplex Split..... 43

15 GHz, 315/322 MHz Duplex Split..... 43

18 GHz, 1010 MHz Duplex Split..... 44



AT Electronics & Communications International Limited

23	GHz, 1008 MHz Duplex Split	45
23	GHz, 1232 MHz Duplex Split	45
23	GHz, 1200 MHz Duplex Split	45
	ODU's – OPSK/QAM Standard Power	46
7	GHz, 161 MHz Duplex Split	46
7	GHz, 154 MHz Duplex Split	47
7	GHz, 196 MHz Duplex Split	47
7	GHz, 245 MHz Duplex Split	48
8	GHz, 119 MHz Duplex Split	48
8	GHz, 126 MHz Duplex Split	49
8	GHz, 311.32 MHz Duplex Split	49
13	GHz, 266 MHz Duplex Split	50
15	GHz, 420 MHz Duplex Split	50
15	GHz, 490 MHz Duplex Split	51
15	GHz, 315/322 MHz Duplex Split	51
18	GHz, 1010 MHz Duplex Split	52
18	GHz, 1008 MHz Duplex Split	52
18	GHz, 1560 MHz Duplex Split	53
23	GHz, 1008 MHz Duplex Split	53
23	GHz, 1232 MHz Duplex Split	54
23	GHz, 1200 MHz Duplex Split	54
	ODU's – OPSK/QAM High Power	55
6	GHz, 252.04 MHz Duplex Split – “N-Type” Interface	55
6	GHz, 300 MHz Duplex Split – “N-Type” Interface	55
6	GHz, 340 MHz Duplex Split – “N-Type” Interface	56
6	GHz, 350 MHz Duplex Split – “N-Type” Interface	56
7	GHz, 161 MHz Duplex Split	57
7	GHz, 154 MHz Duplex Split	58
7	GHz, 196 MHz Duplex Split	58
7	GHz, 245 MHz Duplex Split	59
8	GHz, 119 MHz Duplex Split	59
8	GHz, 126 MHz Duplex Split	60
8	GHz, 311.32 MHz Duplex Split	60
11	GHz, 490 MHz Duplex Split	61
11	GHz, 500 MHz Duplex Split	61
11	GHz, 530 MHz Duplex Split	62
	10.2 GHz, 350 MHz Duplex Split	62
	10.5 GHz, 91 MHz Duplex Split	63
13	GHz, 266 MHz Duplex Split	63



AT Electronics & Communications International Limited

18 GHz, 1010 MHz Duplex Split	65
18 GHz, 1008 MHz Duplex Split	66
18 GHz, 1560 MHz Duplex Split	66
23 GHz, 1008 MHz Duplex Split	66
23 GHz, 1232 MHz Duplex Split	67
23 GHz, 1200 MHz Duplex Split	67
Redundancy Splitters	68
Equal Split: Loss – Port A = 3.5 dB. Loss – Port B = 3.5 dB	68
Unequal Split: Loss – Port A = 1.5 dB. Loss – Port B = 6.5 dB	68
Hiperion All Outdoor Units	69
All Out Door – IP 300 Mbps	70
7 GHz, 161 MHz Duplex Split	70
7 GHz, 154 MHz Duplex Split	71
7 GHz, 196 MHz Duplex Split	71
8 GHz, 119 MHz Duplex Split	72
8 GHz, 126 MHz Duplex Split	72
8 GHz, 311.32 MHz Duplex Split	73
11 GHz, 490 MHz Duplex Split	73
11 GHz, 500 MHz Duplex Split	73
11 GHz, 530 MHz Duplex Split	74
13 GHz, 266 MHz Duplex Split	74
15 GHz, 420 MHz Duplex Split	75
15 GHz, 490 MHz Duplex Split	75
18 GHz, 1010 MHz Duplex Split	76
18 GHz, 1008 MHz Duplex Split	76
18 GHz, 1560 MHz Duplex Split	76
23 GHz, 1008 MHz Duplex Split	76
23 GHz, 1232 MHz Duplex Split	77
Hiperion All Outdoor Accessories	78
Antennas	79
Andrew ValueLine series	79
7.125 ~ 8.5 GHZ	80
10.5 ~ 10.7 GHZ	80
10.5 ~ 11.7 GHZ	80
12.70 ~ 13.25 GHZ	81
14.25 ~ 15.35 GHZ	81
17.7 ~ 19.7 GHZ	81
21.2 ~ 23.6	82
Comba High Performance series	83

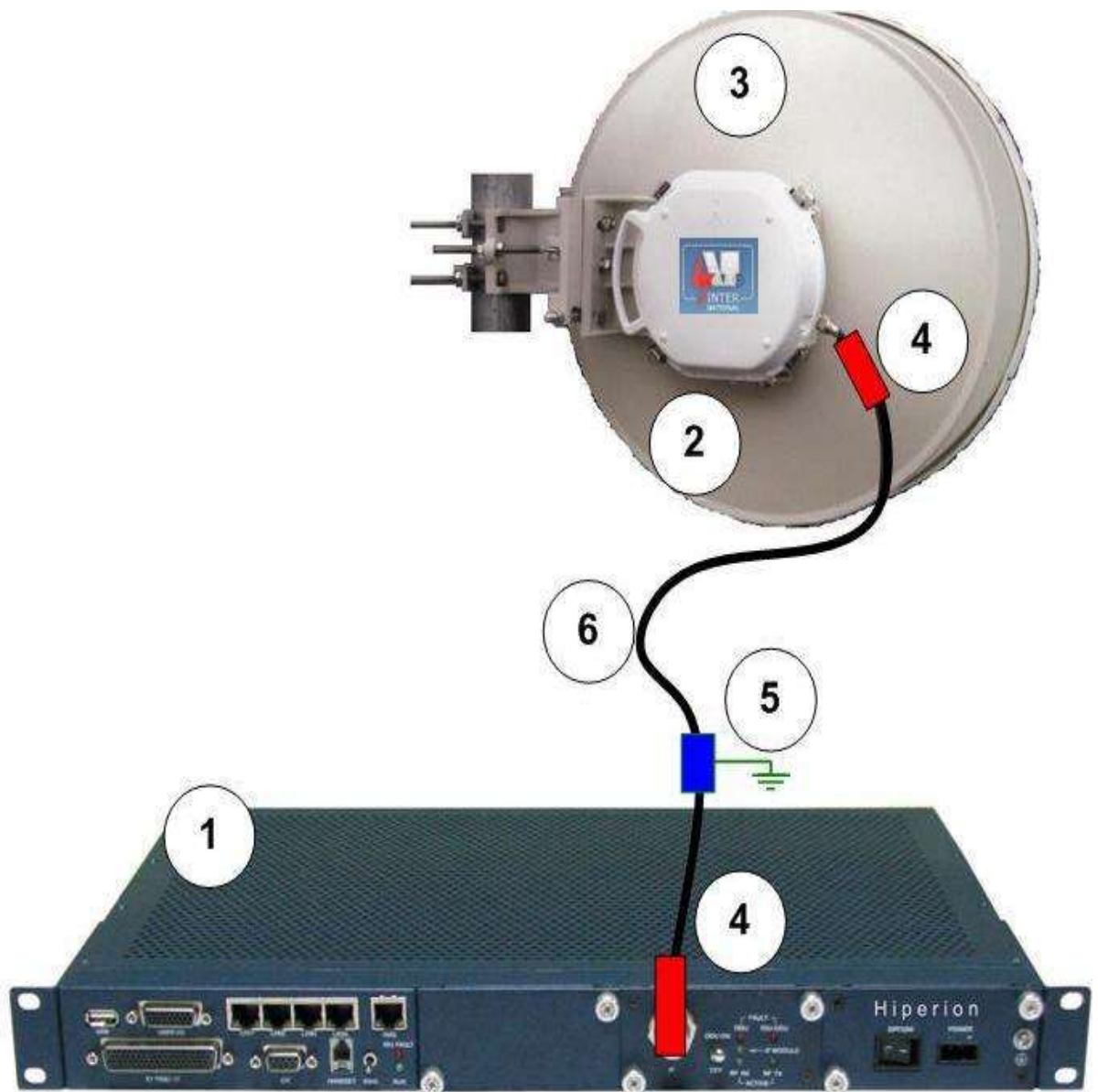


AT Electronics & Communications International Limited

14.25 ~ 15.35 GHZ.....	85
17.7 ~ 19.7 GHZ.....	85
21.2 ~ 23.6 GHZ.....	85
Radio Waves High Performance series.....	86
Radio Waves High Performance Camouflage series	87
7.125 ~ 8.5 GHZ.....	88
10.5 ~ 10.7 GHZ.....	88
10.5 ~ 11.7 GHZ.....	88
12.70 ~ 13.25 GHZ.....	89
14.25 ~ 15.35 GHZ.....	89
17.7 ~ 19.7 GHZ.....	89
21.2 ~ 23.6 GHZ.....	90
RFS CompactLine SB series and SliATLine SU series	91
7.125 ~ 8.5 GHZ.....	92
12.70 ~ 13.25 GHZ.....	92
14.25 ~ 15.35 GHZ.....	92
17.7 ~ 19.7 GHZ.....	93
21.2 ~ 23.6 GHZ.....	93
Accessories and Support	94
Interface Cables and Access Panels.....	94
IF cables and cable accessories	95
Technical Support	96
Shipping weights and dimensions	97
Links.....	97
1 + 0 configuration.....	97
1 + 1 configuration.....	97
Accessories.....	97
Antennas	98
Comba.....	98
Radio Waves.....	98
Trading Terms	99
Terms of Payment.....	99
Method of Dispatch	100
Shipping Terms & Point of Delivery.....	100
Packing	100
Conditions For Irrevocable Documentary Letter Of Credit.....	101
International Product Warranty	102
Appendix A	103
Standards and Compliance.....	103

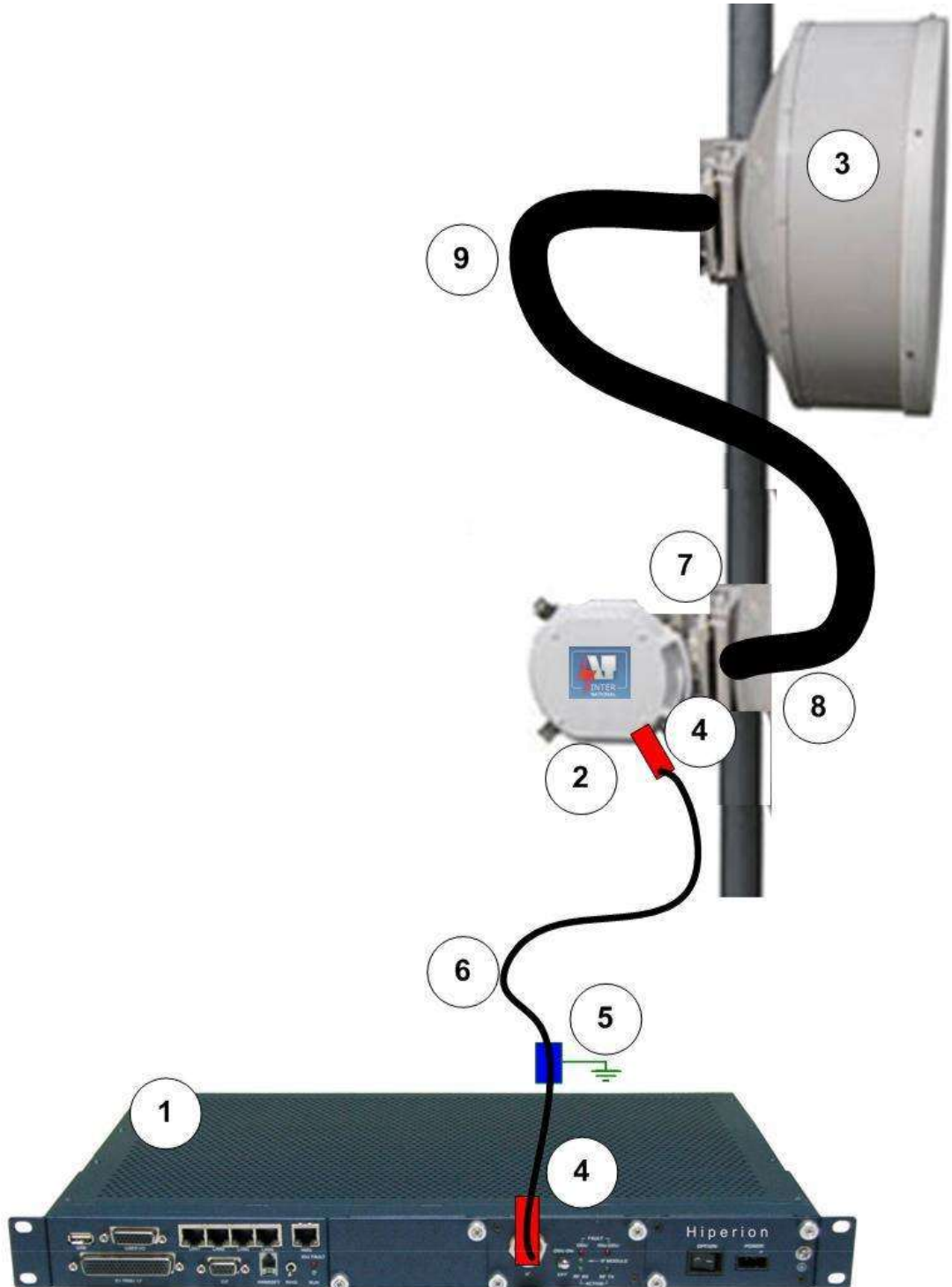
Terminal Configurations 1 + 0, Split System

Direct Mount Antenna, 17E1 PDH, 32E1 Super PDH, IP-34 Mbps



1 + 0, IDU, Direct Mount Antenna (Antenna up to 1800 mm Diameter).

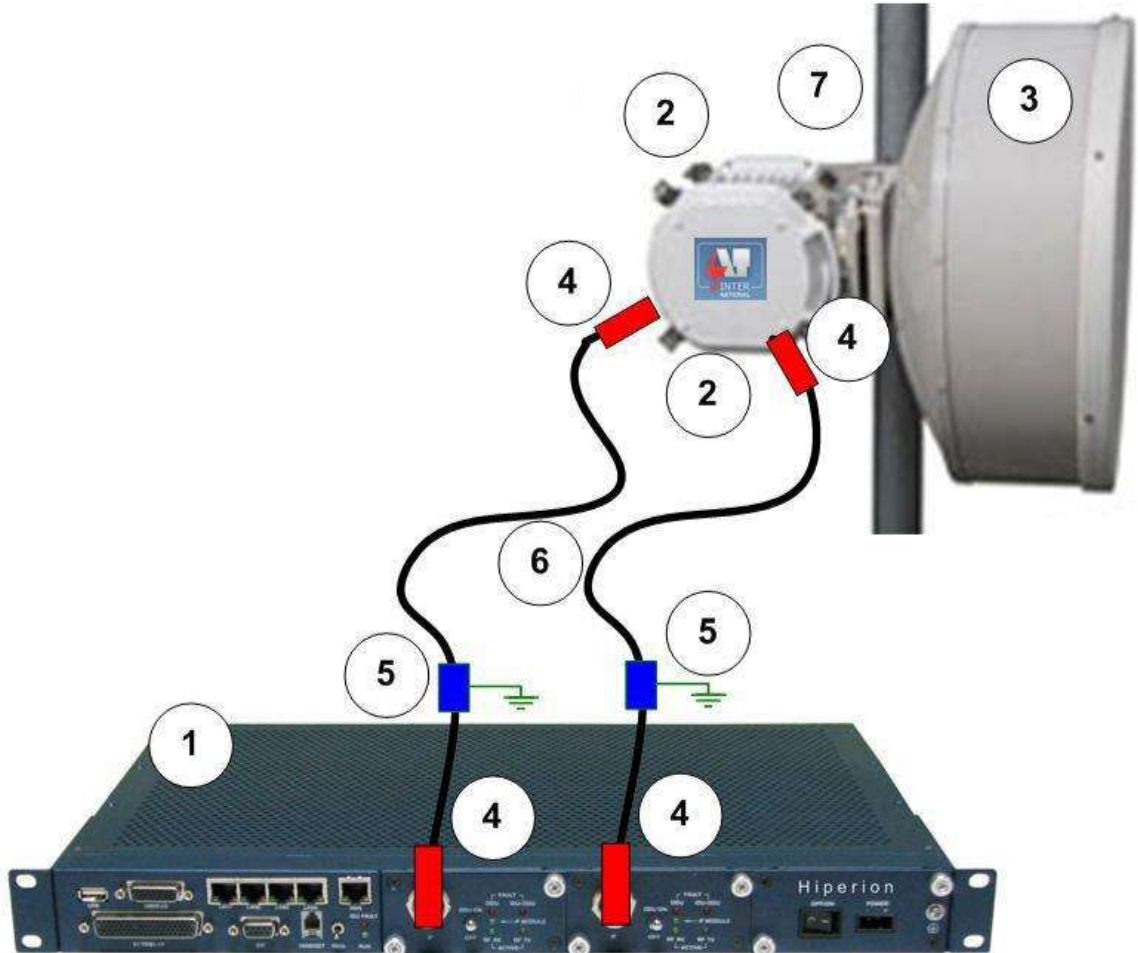
Remote Mount Antenna, 17E1 PDH, 32E1 Super PDH, IP-34 Mbps



1 + 0, IDU, Remote Mount Antenna.

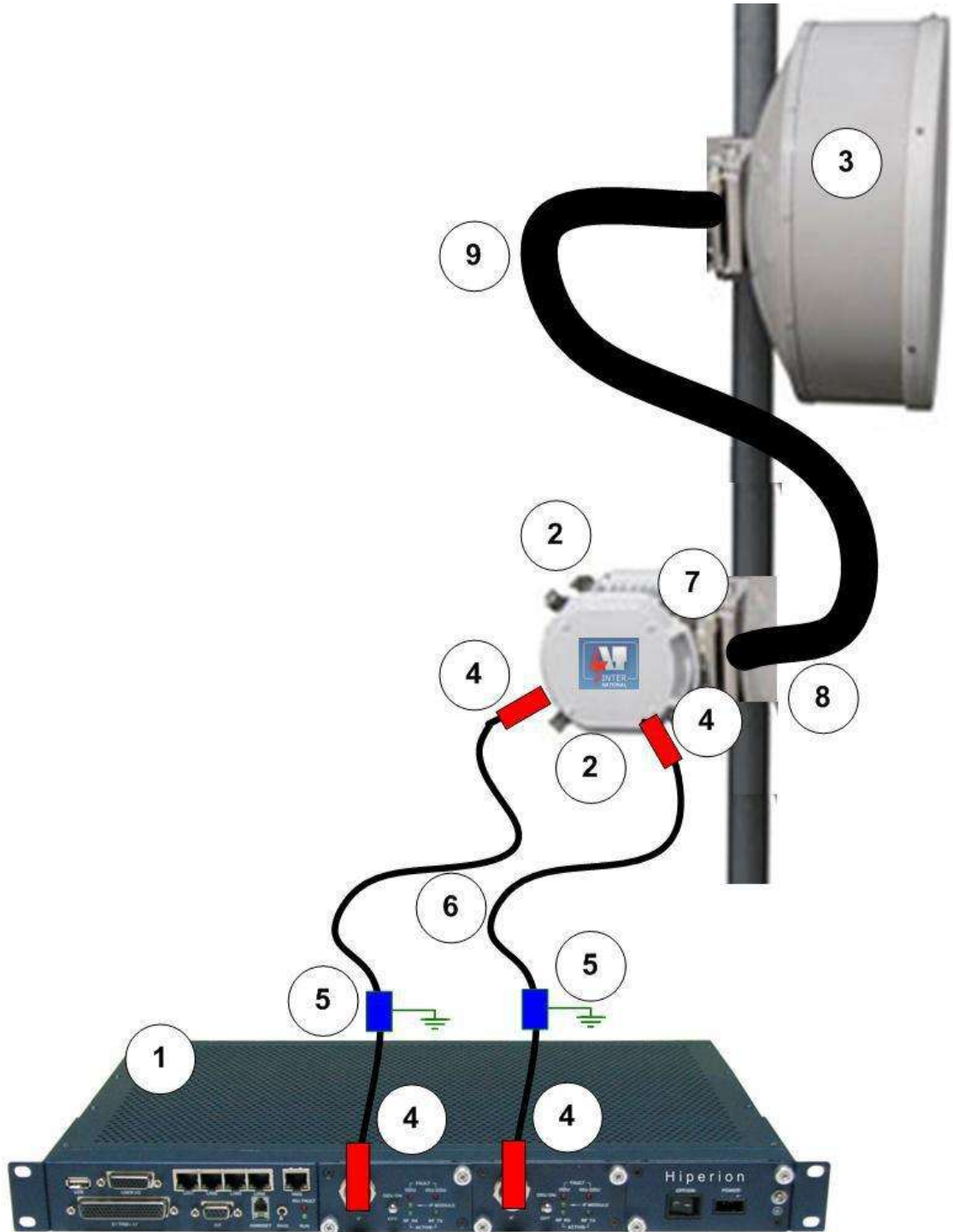
Terminal Configuration 1 + 1, Split System

Hot Standby - Direct Mount Antenna, 17E1 PDH



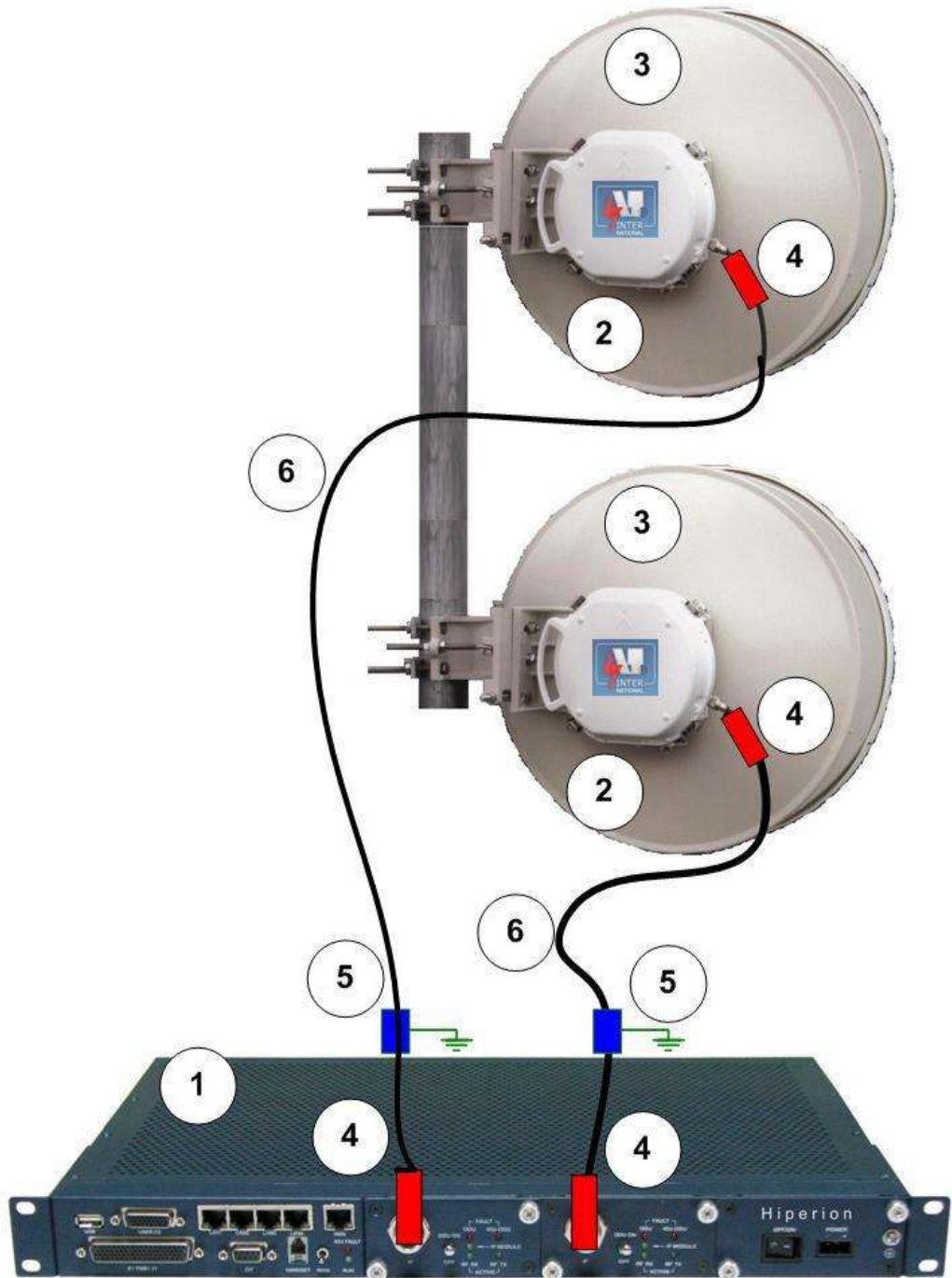
1 + 1, 17E1 IDU, Hot Standby Direct Mount Antenna (up to 1800mm Antenna)

Hot Standby - Remote Mount Antenna, 17E1 PDH



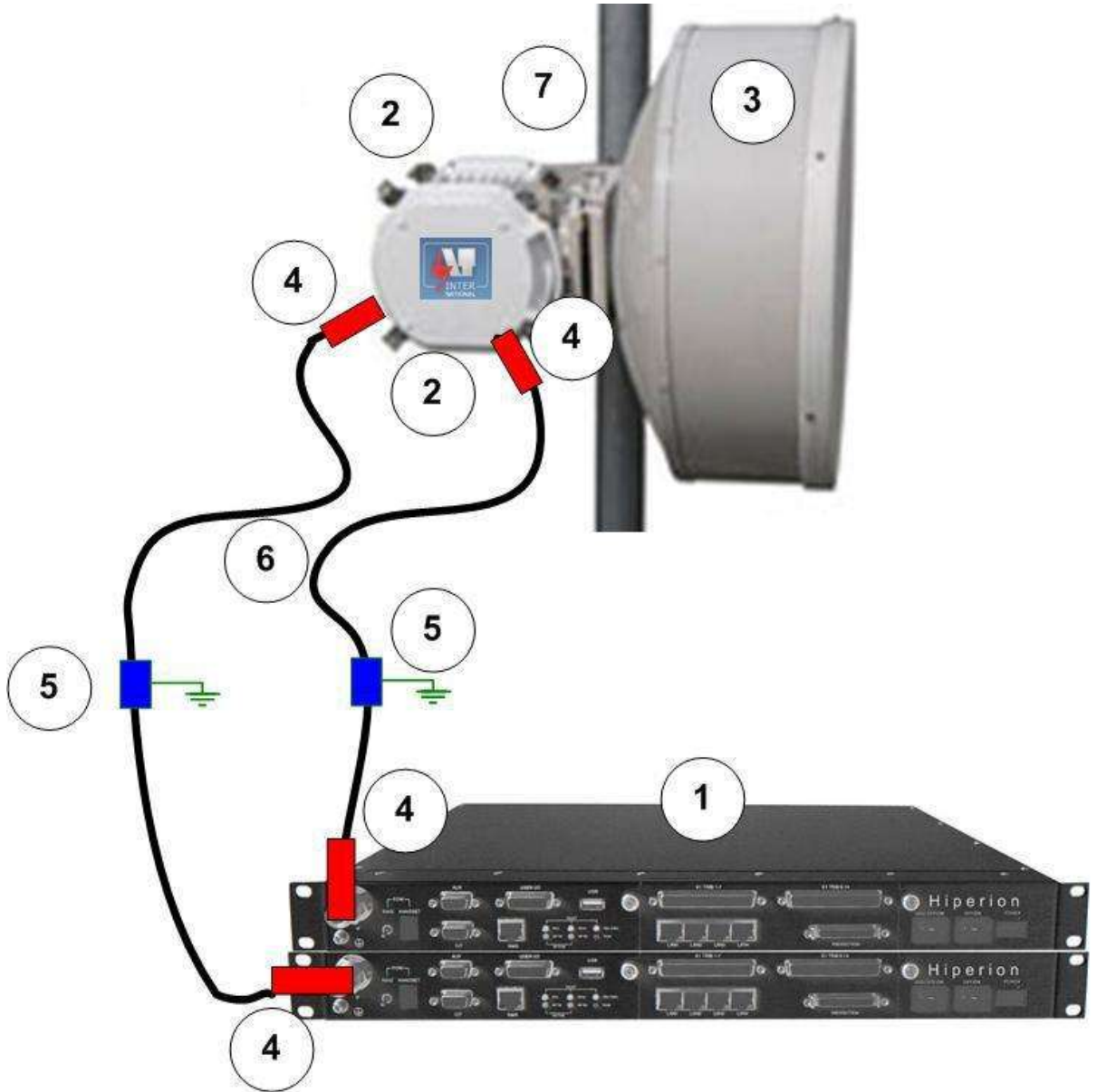
1 + 1, 17E1 IDU, Hot Standby Remote Mount Antenna

Space Diversity - Direct Mount Antenna, 17E1 PDH



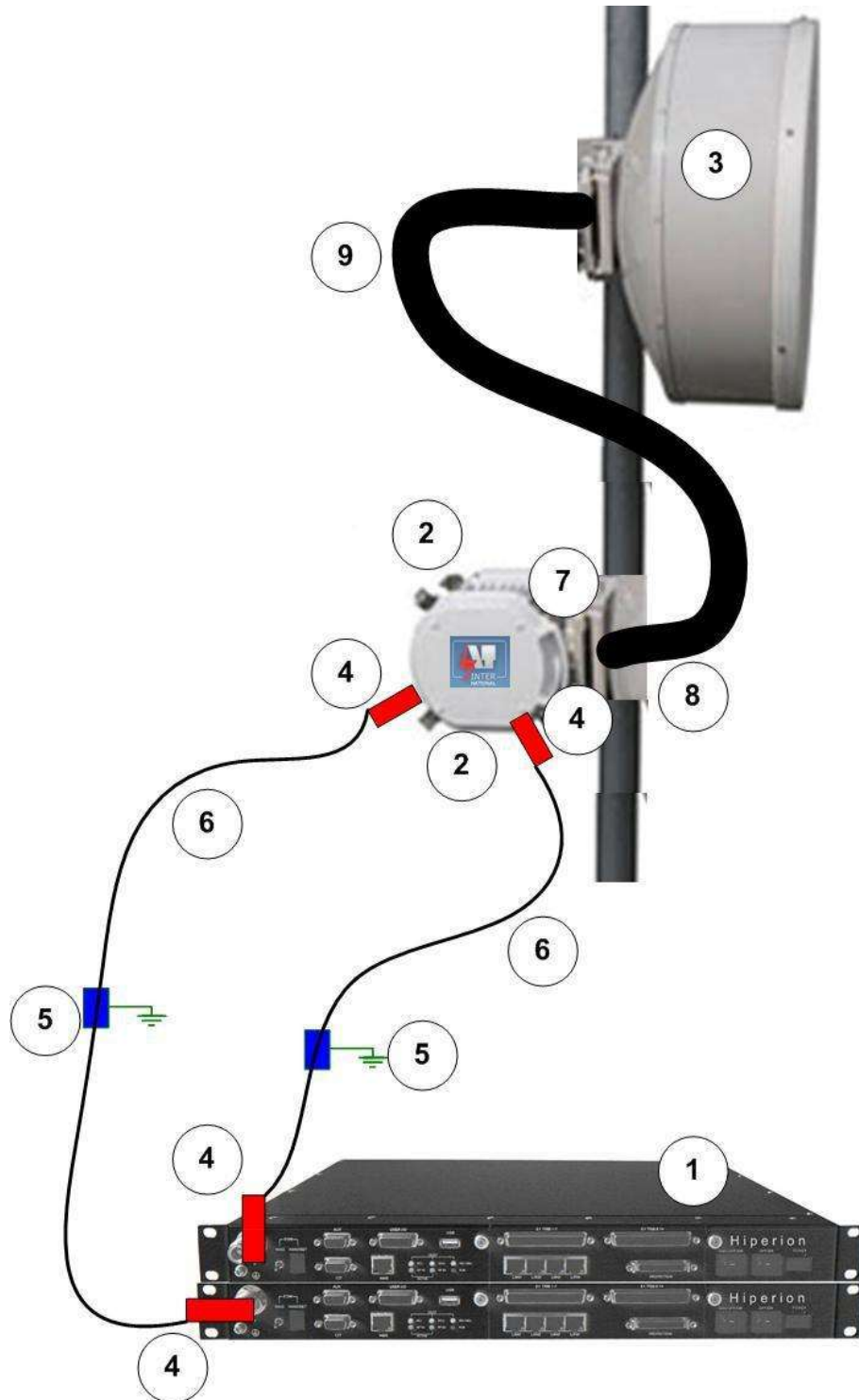
1 + 1, 17E1 IDU, Space Diversity, Direct Mount Antenna

Hot Standby - Direct Mount Antenna, 32E1 Super PDH



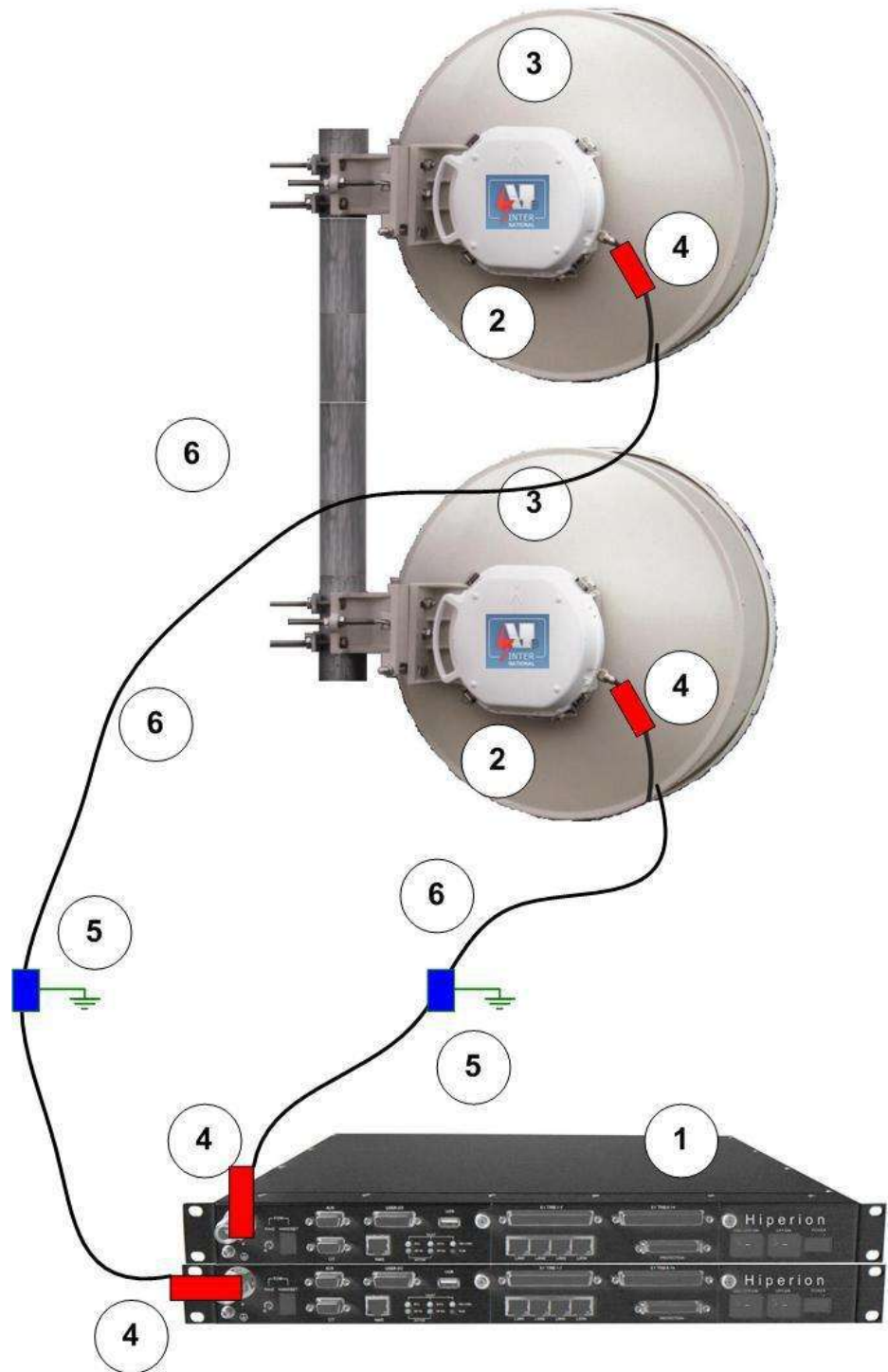
1 + 1, IDU, Hot Standby Direct Mount Antenna (up to 1800mm Antenna)

Hot Standby - Remote Mount Antenna, 32E1 Super PDH



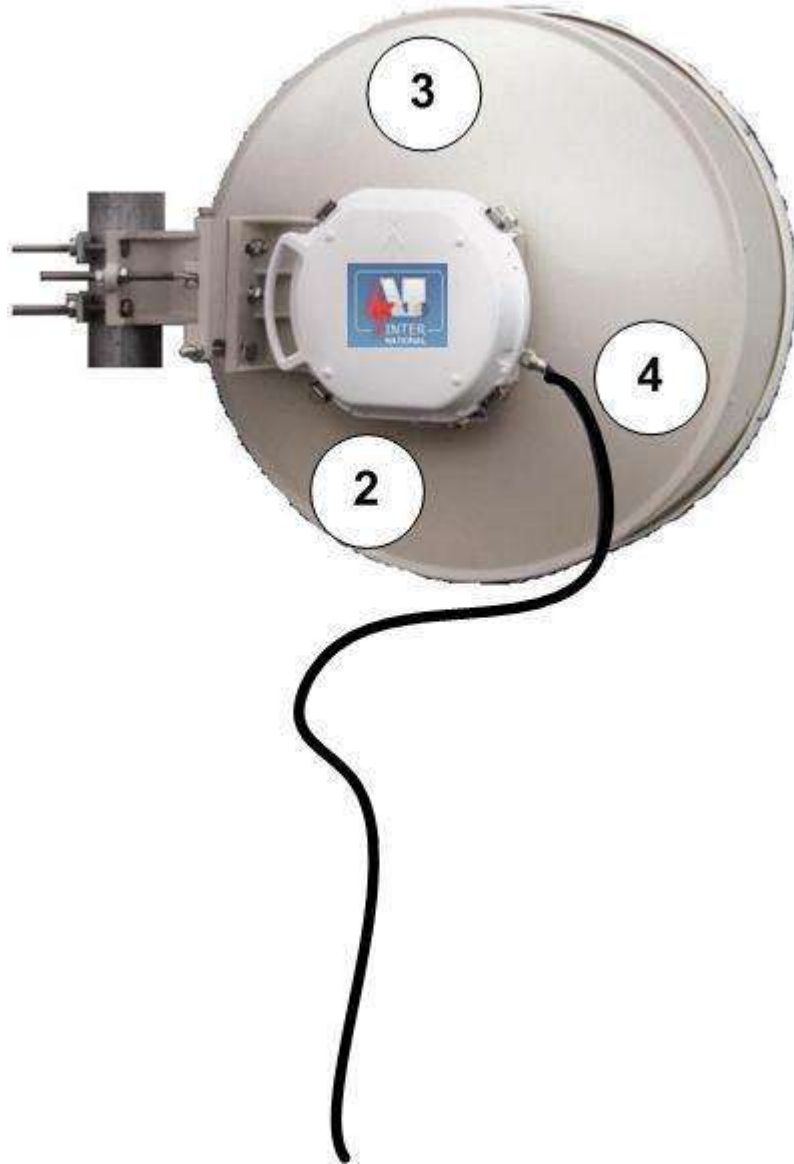
1 + 1, IDU, Hot Standby Remote Mount Antenna

Space Diversity - Direct Mount Antenna, 32E1, Super PDH



Terminal Configurations 1 + 0, IP All Outdoor System

Direct Mount Antenna





Link Configurations

System components 1 + 0, Split System

Direct and Indirect Mount Antenna

Item (See Note 2).	Configuration and minimum quantity required per link	
	a.	b.
	Direct Mount Antenna (See note 1)	Indirect Mount Antenna
1. Indoor unit	2	2
1a. Accessories Kit (Installation Kit, IDU & ODU)	1	1
2. Outdoor Unit (Terminal A + Terminal B)	2	2
3. Antenna	2	2
4. Surge Protector	4	4
5. Grounding Kit	2	2
6. IF Cable	2	2
7. RF Splitter	N/A	N/A
8. ODU Indirect Mount adaptor kit	N/A	2
9. Flexible waveguide	N/A	2

Note 1: Generally, antennas greater than 1800 mm in diameter are remote mount and normally require indirect mount adaptor kits and waveguide.

Note 2: Does not include Link Configuration Cable, Management Cables or End User Interface Cables.



AT Electronics & Communications International Limited

System components 1 + 1 Hot Standby, Split System

Direct and Indirect Mount Antenna

Item (See Note 2).	Configuration and minimum quantity required per link	
	a. Direct Mount Antenna (See note 1)	b. Indirect Mount Antenna
1. Indoor unit	2	2
1a. Accessories Kit (Installation Kit, IDU & ODU)	1	1
2. Outdoor Unit (Terminal A + Terminal B)	4	4
3. Antenna	2	2
4. Surge Protector	8	8
5. Grounding Kit	4	4
6. IF Cable	4	4
7. RF Splitter	2	2
8. ODU Indirect Mount adaptor kit	N/A	2
9. Flexible waveguide	N/A	2

Note 1: Generally, antennas greater than 1800 mm in diameter are remote mount and normally require indirect mount adaptor kits and waveguide.

Note 2: Does not include Link Configuration Cable, Management Cables or End User Interface Cables.

C	18180 ~ 18480	S-18G-1010-C-L-A-S	19190 ~ 19490	S-18G-1010-C-H-A-S
D	18400 ~ 18700	S-18G-1010-D-L-A-S	19410 ~ 19710	S-18G-1010-D-H-A-S

18 GHz, 1008 MHz Duplex Split

Suits IDU Models 17E1, 17E1 + Ethernet, IP34 Mbps

Sub-Band Pair	Terminal A - Transmit Low		Terminal B - Transmit High	
	Frequency Range (MHz)	ODU Part Number	Frequency Range (MHz)	ODU Part Number
A	17685 ~ 17985	S-18G-1008-A-L-A-S	18695 ~ 18995	S-18G-1008-A-H-A-S
B	17930 ~ 18230	S-18G-1008-B-L-A-S	18940 ~ 19240	S-18G-1008-B-H-A-S
C	18180 ~ 18480	S-18G-1008-C-L-A-S	19190 ~ 19490	S-18G-1008-C-H-A-S
D	18400 ~ 18700	S-18G-1008-D-L-A-S	19410 ~ 19710	S-18G-1008-D-H-A-S

18 GHz, 1560 MHz Duplex Split

Suits IDU Models 17E1, 17E1 + Ethernet, IP34 Mbps

Sub-Band Pair	Terminal A - Transmit Low		Terminal B - Transmit High	
	Frequency Range (MHz)	ODU Part Number	Frequency Range (MHz)	ODU Part Number
C	17700 ~ 18140	S-18G-1560-C-L-A-S	19260 ~ 19700	S-18G-1560-C-H-A-S



SAN CRISTÓBAL TOMA 1



SAN CRISTÓBAL TOMA 2



SAN CRISTÓBAL TOMA 3



MUNICIPALIDAD DE HUANCVELICA TOMA 1



SAN CRISTÓBAL TOMA 4



MUNICIPALIDAD DE HUANCVELICA TOMA 2



MUNICIPALIDAD DE HUANCVELICA TOMA 3