

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UNA RED DE RADIOENLACES PARA LA SELVA  
PERUANA**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:  
ROLANDO MARCELO ARDILES**

**PROMOCIÓN  
2008-II**

**LIMA-PERÚ  
2013**

## **DISEÑO DE UNA RED DE RADIOENLACES PARA LA SELVA PERUANA**

**DEDICATORIA:**

A Dios, por brindarme una familia  
hermosa.

A mi esposa e hija por su apoyo y todo  
su amor, por creer en mí siempre.

A mis padres y hermanos, por  
acompañarme en este largo camino.

A mi querida Universidad, mi alma  
mater.

## SUMARIO

En la actualidad el acceso a los servicios públicos de telecomunicaciones en la selva peruana presenta una gran dificultad, en relación al medio de transporte, dada la agreste geografía de dicho territorio hoy en día se utiliza las comunicaciones satelitales como una alternativa para superar tal situación, pero esta solución, aparte de ser costosa, no permite un alto tráfico de las comunicaciones, toda vez que la transmisión por satélite brinda poco ancho de banda.

En este trabajo se presenta un estudio técnico y económico para el diseño de una red de radioenlaces que permitiría llevar cobertura a la selva peruana. Para tal efecto, se presentará un análisis del problema de cobertura en dicha zona, a través de cuadros comparativos de cobertura, ello en base a la información brindada por las empresas operadoras de los servicios de telecomunicaciones móviles al Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) respecto de la cobertura en cada una de las provincias, distritos y localidades del departamento de Loreto. Asimismo se propondrá la implementación de una red de radioenlaces que pueda brindar una alternativa de transporte, considerando los resultados obtenidos sobre la cobertura actual, la orografía de la zona, estudios de Loss, interferencias, necesidades de la región, entre otros aspectos técnicos.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Objetivos del trabajo .....	4
1.3. Evaluación del problema.....	5
1.4 Alcance del trabajo .....	5
1.5 Síntesis del trabajo .....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>ASPECTOS TEÓRICOS DE LOS RADIOENLACES</b>	
2.1 Transmisión por microondas .....	7
2.1.1 Ventajas .....	7
2.2 Diagrama de bloques de un sistema de radio .....	8
2.2.1 Unidad de interfaz .....	9
2.2.2 Unidad de conmutación .....	10
2.2.3 Unidad de modulación.....	10
2.2.4 Unidad de transmisión.....	11
2.2.5 Unidad de derivación.....	11
2.3 Sistemas de antenas .....	12
2.3.1 Antenas de microondas .....	12
2.3.2 Alimentadores (Feeders).....	14
2.3.3 Conectores y Adaptadores .....	15
2.3.4 Torres .....	16
2.4 Métodos de diversidad en Microondas.....	16
2.4.1 Diversidad de Espacio .....	17
2.4.2 Diversidad de Frecuencia .....	19
2.4.3 Diversidad de Polarización.....	20
2.4.4 Diversidad Cuádruple.....	20
2.5 Factores en el medio de propagación .....	20
2.5.1 Pérdidas en el espacio libre.....	20
2.5.2 Pérdidas de visibilidad .....	22

2.6	Técnicas de modulación .....	28
2.7	Jerarquías Digitales.....	29
2.7.1	Jerarquía Digital Plesiocrona.....	29
2.7.2	Jerarquía Digital Sincrónica.....	30

### **CAPÍTULO III**

#### **DISEÑO DE INGENIERIA DE LA RED DE RADIOENLACES, PLANEAMIENTO Y COMPONENTES**

3.1	Justificación del diseño en base a radioenlaces de microondas.....	32
3.2	Planificación del enlace.....	32
3.3	Determinación de necesidades .....	33
3.3.1	Cálculo del tráfico en la selva peruana.....	34
3.4	Diseño de la red de radioenlaces.....	35
3.4.1	Cálculo de visibilidad .....	36
3.4.2	Cálculo del enlace.....	36
3.4.3	Cálculo de indisponibilidad por lluvia.....	36
3.4.4	Cálculo de interferencia y planificación de frecuencias .....	37
3.4.5	Control automático de potencia.....	38
3.4.6	Técnica de re-uso de frecuencia .....	38
3.4.7	Asignación de frecuencia .....	38
3.4.8	Concepto de calidad y disponibilidad .....	40
3.4.9	Planteamiento de la ruta .....	42
3.4.10	Especificaciones técnicas de los equipos .....	52
3.4.11	Sistema de alimentación.....	56
3.4.12	Instalación de los equipos.....	57

### **CAPÍTULO IV**

#### **ASPECTOS ECONÓMICOS**

4.1	Definición de CAPEX .....	59
4.2	Definición de OPEX .....	59
4.3	Cálculo del CAPEX y OPEX .....	60
4.3.1	Cálculo del CAPEX .....	60
4.3.2	Cálculo del OPEX .....	62

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
---	-----------

### **ANEXO A**

#### **PERFILES DE LA RED DE RADIOENLACES PARA EL DEPARTAMENTO DE**

<b>LORETO.....</b>	<b>66</b>
--------------------	-----------

<b>ANEXO B</b>	
<b>REPORTES DE LOS PERFILES DE LA RED DE RADIOENLACES PARA EL DEPARTAMENTO DE LORETO.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO C</b>	
<b>EQUIPAMIENTO PARA LA RED DE RADIOENLACES .....</b>	<b>117</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>130</b>

## INTRODUCCIÓN

En el Perú durante los últimos años se ha reducido la brecha de acceso a los servicios públicos de telecomunicaciones, de junio de 2006 a junio de 2012, el número de líneas móviles aumentó 555.89%. Asimismo, durante el citado periodo, 1 001 nuevos distritos fueron incorporados al servicio móvil, y para el año 2012 el número de líneas en servicio superaron los 30 millones con una densidad aproximada de más de 100 líneas por cada 100 habitantes.

En ese mismo periodo, respecto al servicio de telefonía fija el número de líneas aumentó 26,56%, asimismo 822 nuevos localidades fueron incorporados al servicio de telefonía fija.

Con respecto al servicio de conmutación de datos por paquetes (acceso a internet), las conexiones de banda ancha pasaron de 404 400 a 1 199 266, con un crecimiento de 196%, asimismo, 522 nuevos distritos fueron incorporados al servicio de acceso a internet. El tráfico de internet móvil en el Perú creció 1.7% en los últimos 2 años, impulsado principalmente por la necesidad de comunicación cada vez mayor de los usuarios, así como por las ventajas tecnológicas que ofrecen los dispositivos móviles<sup>1</sup>.

Como se puede advertir, el crecimiento del tráfico de internet móvil ha superado ampliamente al de telefonía fija, debido a que cada vez existe una mayor tendencia hacia nuevos contenidos que son demandados por los usuarios móviles y entre los que se encuentran acceso a páginas web, fotos, música y videos<sup>2</sup>.

Un factor que también ha contribuido con este desarrollo del acceso a los servicios públicos de telecomunicaciones es el fomento de la competencia, lo cual se ha evidenciado con la adjudicación de bandas de espectro a distintas empresas operadoras como América Móvil Perú S.A.C, Nextel del Perú S.A., Telefónica Móviles S.A, Consorcio BWDC Metsanco (WIMAX), Viettel Group (Banda C – 1900MHz).

Dentro de este marco de reducción de brecha de acceso a las telecomunicaciones, se presenta el problema de cobertura en la región de la selva Peruana, como una situación a revertir, a fin que exista un crecimiento homogéneo de las telecomunicaciones en nuestro país.

---

<sup>1</sup> MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones)

<sup>2</sup> Fuente CLARO.

En efecto, en el caso específico del departamento de Loreto, actualmente se tiene que las comunicaciones se dan en base a sistemas satelitales (aproximadamente el 100%) con tecnología analógica y digital IDR (Portadoras digitales comprimidas), no contándose con sistemas de respaldo de otro tipo de transmisión.

A la fecha, la red terrestre de microondas digital con tecnología SDH<sup>3</sup> no llega al departamento de Loreto. La ciudad de Pucallpa, en el departamento de Ucayali, la ciudad de Tarapoto en el departamento de San Martín, y la ciudad de Yurimaguas son las localidades más próximas hasta donde llega la red nacional SDH.

En ese sentido, debido a que prácticamente todas las comunicaciones son por vía satélite se presentan las siguientes limitaciones:

- Baja confiabilidad
- Limitación del ancho de banda.
- Más de un salto satelital para comunicaciones satelitales
- Altos costos del segmento espacial.
- Restricciones de velocidad en algunos servicios de internet.
- No se cuenta con un sistema de transmisión de respaldo.

Esta situación evidencia la necesidad de implementar en el departamento de Loreto una nueva red de Telecomunicaciones o la ampliación de los servicios satelitales prestados a fin de brindar tanto calidad como variedad en los servicios de telecomunicaciones; mas aún considerando que sus habitantes representan el 3.3% de la población del país.

---

<sup>3</sup> Jerarquía Digital Síncrona (SDH) (Synchronous Digital Hierarchy).

## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Este capítulo se desarrolla con la finalidad de presentar de una manera clara y concisa el escenario bajo el cual nace la motivación de este informe y a qué necesidad responde. Se definen también cuáles son los alcances y aportes del mismo. Finalmente se dedica un punto a la síntesis de este informe.

### **1.1 Descripción del Problema**

El departamento de Loreto se sitúa en la parte Nor-Oriental del Perú, limitada por el Norte con las Repúblicas del Ecuador y Colombia, por el Este con la República de Brasil, por el Sur con el departamento de Ucayali y por el Oeste con los departamentos de Huánuco, San Martín y Amazonas. Cuenta con una superficie de 368, 851.95 Km<sup>2</sup> que representa el 28,7% del territorio nacional y el 48% de la Amazonia Peruana. Sus coordenadas geográficas están entre los paralelos 00<sup>o</sup>02'37" y 08<sup>o</sup>42'01" de latitud sur y 74<sup>o</sup>48'41" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, ver Figura No 1.1.

Hasta el año 2011 según estadísticas del INEI el departamento de Loreto presentaba una población de 1 005, 408 habitantes, de los cuales el 54,24% representa a la población Urbana y el 45,26% a la población Rural.

Actualmente el acceso al servicio público de telecomunicaciones en esta parte del Perú se da aproximadamente al 100% vía satelital, lo cual implica un costo muy alto en comparación a otro tipo de medio de transmisión, además de un ancho de banda restringido, entre otras dificultades, antes mencionadas.

Según los reportes enviados al Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) por las empresas operadoras Telefónica Móviles S.A. (Movistar), América Móvil Perú S.A.C. (Claro) y Nextel del Perú S.A. (Nextel), el departamento de Loreto posee cobertura sólo en determinadas partes de su territorio, conforme lo detalla el siguiente cuadro, ver Tabla No 1.1.

Como se puede advertir, de lo expuesto en el párrafo anterior, el principal problema para este departamento es la falta de una red de transporte más amplia (como por ejemplo microondas, fibra óptica, entre otros sistemas de transmisión) que permita llevar una mayor cobertura a las distintas localidades que comprenden todo el territorio del departamento de Loreto.

Departamento	Provincia	Distritos	% Cobertura
<b>LORETO</b>	Alto Amazonas	6	25.12
	Maynas	13	39.47
	Loreto	5	9.40
	Datem del Marañón	6	23.10
	Mariscal Ramón Castilla	4	21.46
	Requena	11	24.78
	Ucayali	6	28.50
<b>Total</b>		<b>51</b>	<b>27.04</b>

Tabla No 1.1 Cuadro de Cobertura en el departamento de Loreto  
Fuente: OSIPTEL                      Elaboración: Editado de la fuente

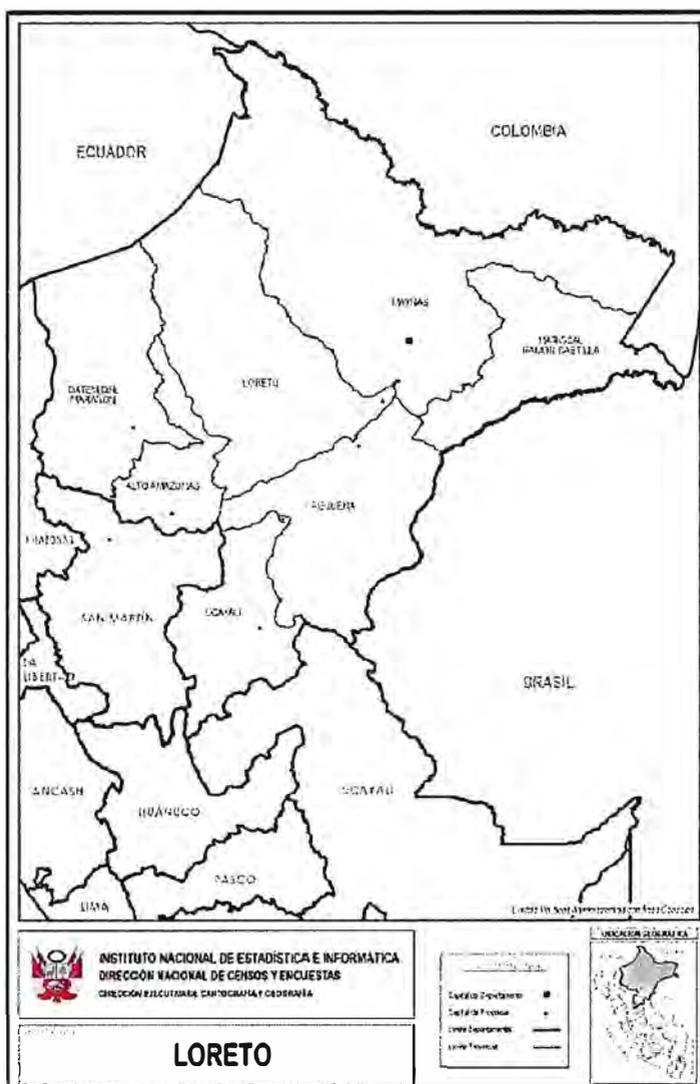


Figura No 1.1 Departamento de Loreto  
Fuente: INEI                      Elaboración: Editado de la fuente

## 1.2 Objetivos del Trabajo

Presentar un diseño de una red de radioenlaces en la selva peruana en base a estudios de la orografía, el clima y otros factores que son determinantes en esta parte del Perú. Ampliar la cobertura ya existente en el departamento de Loreto e integrar lugares alejados con las zonas urbanas a través de las telecomunicaciones.

En virtud a un servicio de telecomunicaciones con calidad y equidad, promover la integración de los lugares más apartados de los centros urbanos, así como de las áreas rurales y lugares de preferente interés social.

### **1.3 Evaluación del Problema**

El problema de la falta de cobertura en la selva peruana, esta siendo estudiado actualmente en el Perú por algunas operadoras móviles (Telefónica Móviles S.A. América Móvil Perú S.A.C., Global Crossing S.A.), quienes están poniendo en marcha proyectos para llevar mayor cobertura para la selva peruana, los cuales tienen como base el transporte vía satelital, microondas (SDH o PDH) y fibra óptica.

En efecto, si bien actualmente se presente esta situación de falta de cobertura en parte del territorio de la selva peruana, dada la tecnología existente es posible revertir dicha situación en esta zona.

Dentro de este escenario, la implementación de una red de radioenlaces de microondas ofrece el escenario para optimizar la cobertura en el departamento de Loreto, permitiendo anexar lugares apartados con las zonas urbanas, y lograr la inclusión social a toda escala tan mencionada en los últimos tiempos.

### **1.4 Alcances del trabajo**

Este trabajo constituye un estudio de una alternativa a las redes de transporte utilizadas actualmente para brindar acceso al servicio público de telecomunicaciones en el departamento de Loreto.

El análisis presentado contiene información sobre la cobertura actual brindada por las distintas empresas operadoras en el departamento de Loreto y la propuesta de implementación de una red de radioenlaces de microondas; y en ese sentido, este trabajo pretende contribuir con el proceso de reducción de la brecha de acceso a los servicios públicos de telecomunicaciones, teniendo en cuenta que constituye un elemento clave para el desarrollo económico y social de cada departamento y el país en general.

Cabe indicar que, para el diseño de la red de radioenlaces se utilizarán el software PATHLOSS para simular los perfiles de los radioenlaces a ensayar, y las radios a emplear serán las LSY de la empresa Alcatel – Lucent.

### **1.5 Síntesis del trabajo**

Se exponen los fundamentos teóricos que permitan comprender el diseño de la red de radioenlaces, tomando en cuenta los difíciles factores que presenta la selva peruana, en específico el departamento de Loreto.

Se presenta un análisis de la arquitectura de hardware y software de los equipos a utilizar para implementar esta red.

Finalmente se exponen los lineamientos y recomendaciones a tener en cuenta en el proceso de implementación.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS TEÓRICOS PARA LA TRANSMISION POR MICROONDAS**

En este capítulo se realiza una breve descripción teórica de la tecnología a utilizar para el diseño de la red de radioenlaces de microondas, materia de estudio del presente informe, comenzando por dar una idea general acerca de la transmisión por microondas, hasta avocarnos netamente a explicar los fundamentos del diseño.

#### **2.1 Transmisión por Radio Microondas**

Los sistemas de microondas involucran todos los sistemas de radio que trabajan en el rango de frecuencia de 300MHz a 300GHz. La mayor parte de los sistemas de microondas están comprendidos dentro de 3 categorías principales: Sistemas de línea de vista, sistemas sobre el horizonte y sistemas satelitales. En esta sección se describen las microondas terrestres, que trabajan generalmente en el rango de 4 a 40GHz. En principio podría utilizarse cualquier valor, pero por una cuestión de estandarización y utilización eficiente del espectro radioeléctrico, el ITU-R en su serie F, definió las distintas bandas y reglas para determinar las portadoras dentro de ellas.

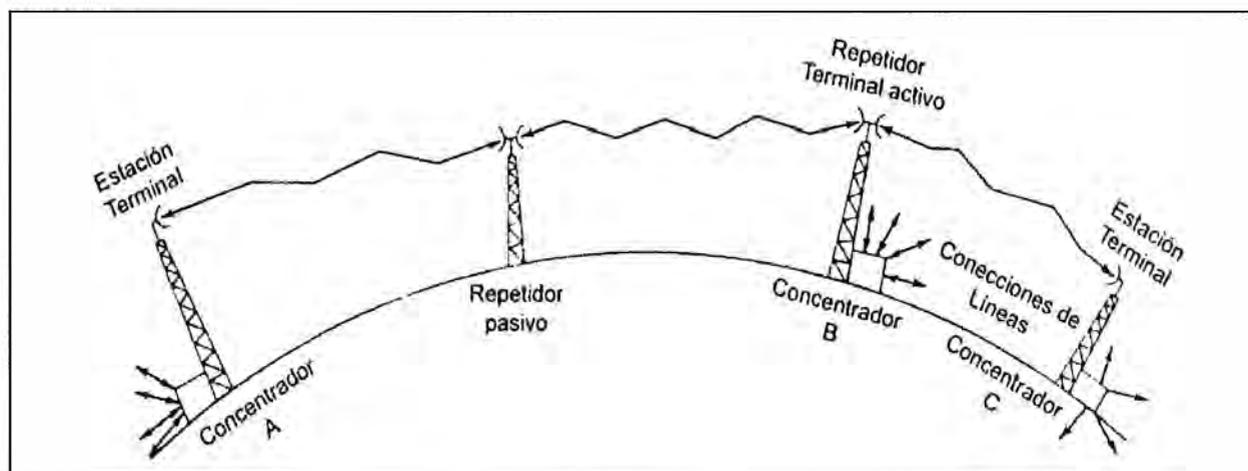
Un radioenlace microondas provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de vista (line of sight - LOS) usando equipos de radio con frecuencias de portadora por encima de 1GHz, ver Figura No 2.1. Teóricamente, un sistema puede extenderse sobre terrenos favorables sin grandes barreras naturales, hasta los 7000Km, usando varios enlaces. La distancia cubierta por cada enlace, sin embargo, está limitada a distancias cortas que oscilan entre 50 y 80Km. Para distancias mayores, se usan modos de propagación sobre el horizonte, por difracción o dispersión troposférica.

##### **2.1.1 Ventajas**

Las radios microondas propagan señales a través de la atmosfera terrestre, entre transmisores y receptores que con frecuencia están en la punta de las torres a distancias de 20 a 60 Km. Así, los sistemas de radio microondas tienen la ventaja de contar con capacidad de llevar miles de canales individuales de información entre dos puntos, sin necesidad de instalaciones físicas, como cables coaxiales o fibras ópticas. De esta manera, se evita la necesidad de adquirir derechos a través de propiedades privadas. Además, las ondas de radio se adaptan mejor para salvar grandes extensiones de agua,

montañas altas o terrenos muy boscosos que constituyen barreras para los sistemas de cable. Entre las ventajas del radio microondas están las siguientes:

- a) Los sistemas de radio no necesitan adquisiciones de derecho de vía entre estaciones.
- b) Cada estación requiere la compra o alquiler de sola una pequeña extensión de terreno.
- c) Por sus grandes frecuencias de operación, los sistemas de radio de microondas pueden llevar grandes cantidades de información.
- d) Las frecuencias altas equivalen a longitudes cortas de onda, que requieren antenas relativamente pequeñas.
- e) Las señales de radio se propagan con más facilidad en torno a obstáculos físicos, por ejemplo, a través del agua o montañas altas.
- f) Entre los canales de voz existe un mínimo de diafonía.
- g) Poseen bajo costo, fácil y rápida instalación, buena performance.
- h) Fácil mantenimiento y menor vulnerabilidad frente al vandalismo y desastres naturales.



**Figura No 2.1. Enlace de microondas en línea de vista**

**Fuente:** Diseño de enlace terrestre por línea de vista **Elaboración:** Editado de la fuente

## 2.2 Diagrama de bloques de un sistema de radio.

La idea de realizar un enlace de radio, parte de una necesidad de unir dos puntos extremos para establecer una comunicación entre ellos.

El sistema de radioenlaces generalmente se compone de varios saltos en línea de vista, que constituye cada estación. Existen dos tipos de estaciones: las terminales y las intermedias o repetidoras.

Las estaciones terminales son aquellas constituidas por equipos de radio que permiten la inserción y extracción de la información que transmite, es decir, se recupera la información de banda base. En estas estaciones se realiza la modulación y

demodulación de la señal a transmitir (banda base) y, en los sistemas protegidos (con respaldo), además realizan la función de conmutación sin errores entre el equipo de ejercicio y el de back up.

En las estaciones intermedias o repetidoras, no siempre es necesario bajar la información que se transmite, sino que la señal transita después de ser regenerada. En las estaciones del tipo repetidor, los equipos de radio permiten solamente la regeneración de la señal que transmite, no tienen las funciones de modulación, demodulación y conmutación. Algunos modelos de equipos permiten en las estaciones repetidoras el drop/insert de canales auxiliares y algunos de la trama principal.

Cuando la longitud del enlace es tal que requiera el uso de una estación repetidora para regenerar la señal, es posible utilizar equipos del tipo terminal, conectados espalda a espalda (back to back), en lugar de equipos del tipo repetidor. La tendencia actual es éste último caso, la mayoría de los proveedores ya no fabrican equipos repetidores porque la diferencia de precio no es importante y además tienen la posibilidad de bajar canales en estaciones intermedias y la función de conmutación ayuda a mejorar el rendimiento del enlace, salto a salto.

Las configuraciones básicas generalmente usadas son:

- **1+0:** Una única cadena de transmisión/recepción. En este caso no hay equipamiento de reserva o back up para proteger el enlace en caso de una falla.
- **1+1 HSB:** El terminal está constituido por doble equipamiento, una cadena principal y otra de reserva. En esta configuración los dos transceptores trabajan en la misma frecuencia y solo un transmisor está activo (conectado a la antena) el otro está en stand by y se activa en caso de falla del principal. Esta configuración se utiliza para aumentar la confiabilidad del enlace.
- **1+1 HET:** En este caso, el terminal está constituido por doble equipamiento, pero a diferencia del caso anterior, los transceptores trabajan a distinta frecuencia y por lo tanto la señal se transmite simultáneamente en las dos frecuencias. En recepción, la conmutación elige la mejor señal. Esta configuración no solo sirve como protección ante falla de equipo, además mejora la calidad del enlace.
- **N+1:** En esta configuración se transmiten "N" señales en N frecuencias distintas y se utiliza otra frecuencia adicional como reserva o protección de las N.

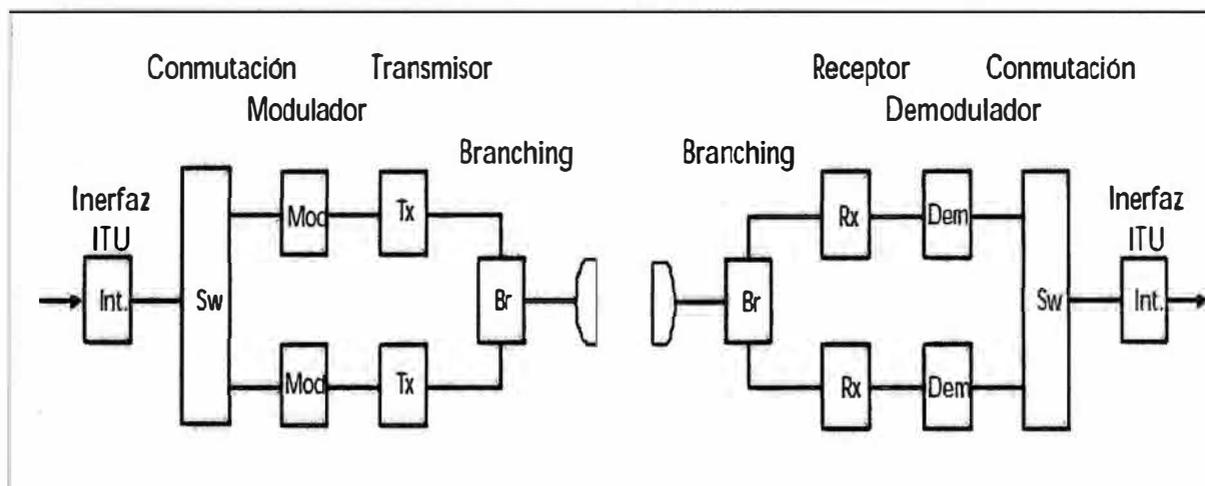
### 2.2.1 Unidad de Interfaz

La unidad indicada como interfaz se encarga de adaptar las interfaces estandarizadas por el ITU<sup>4</sup>, por ejemplo G.703, a un formato y niveles adecuados al

---

<sup>4</sup> ITU: International Union Telecommunications (Unión Internacional de las Telecomunicaciones).

radio, físicamente puede no existir y su función se encuentra integrada o distribuida en otra unidad, ver Figura No 2.2.



**Figura No 2.2. Diagrama general de un radioenlace**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces Elaboración: Editado de la fuente

### 2.2.2 Unidad de Conmutación

Esta unidad se encarga de derivar las señales de entrada entre los haces principales del radio y el haz de reserva o back up, en el esquema los dos transmisores llevan la misma información. Del lado de recepción la función es más compleja ya que debe decidir entre las señales principales y de reserva, cuál es de mejor calidad para llevar a la interfaz de salida. Para realizar la conmutación se basa en varios criterios con distintas prioridades:

- Forzado manual.
- Forzado remoto
- Alarma mayor en la cadena de recepción.
- Tasa de error (BER) > a un nivel  $(10^{-4})$ .
- Tasa de error > a un segundo nivel  $(10^{-6})$ .
- Early warning (FEC, Forward Error Correction).
- Alarma menor en la cadena de recepción.

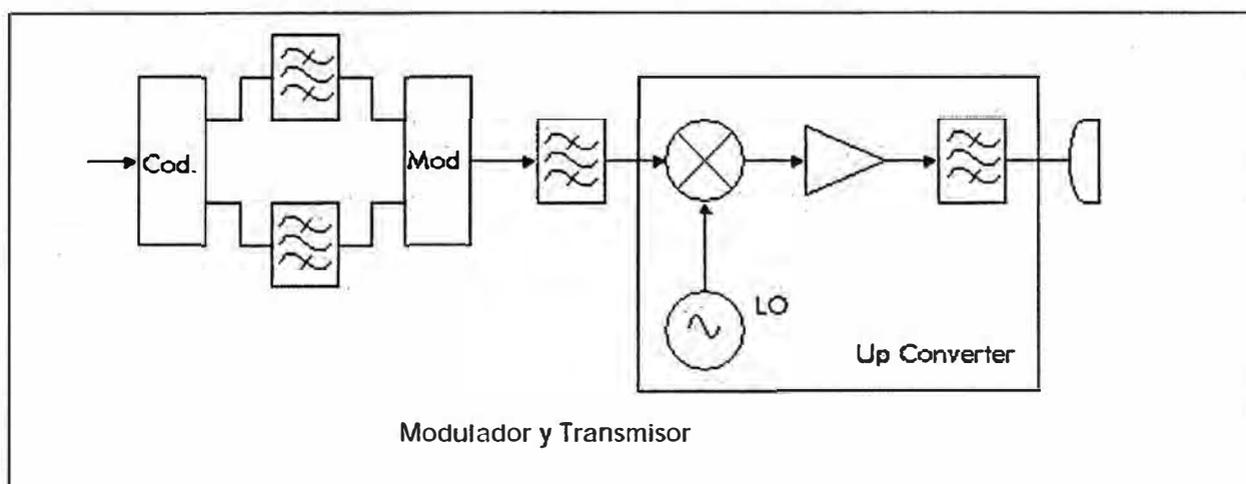
### 2.2.3 Unidad de Modulación

Esta unidad se encarga de trasladar el espectro de la señal de banda base a la frecuencia portadora (modulación directa) o a la frecuencia de IF. Hay distintos tipos de modulación (analógicos: AM, FM, PM o digitales: QAM, PSK) cada uno con sus ventajas y desventajas. La idea es utilizar uno que garantice una buena eficiencia espectral y al mismo tiempo inmunidad a interferencias. Desde este punto de vista la modulación digital es más eficiente que la analógica.

El demodulador hace el proceso inverso, convirtiendo la señal de IF (o frecuencia de canal) en la señal de banda base.

### 2.2.4 Unidad de Transmisión

Esta unidad contiene el up-converter, el amplificador de potencia, los receptores, los amplificadores de bajo ruido y la unidad down-converter, ver Figura No 2.3.



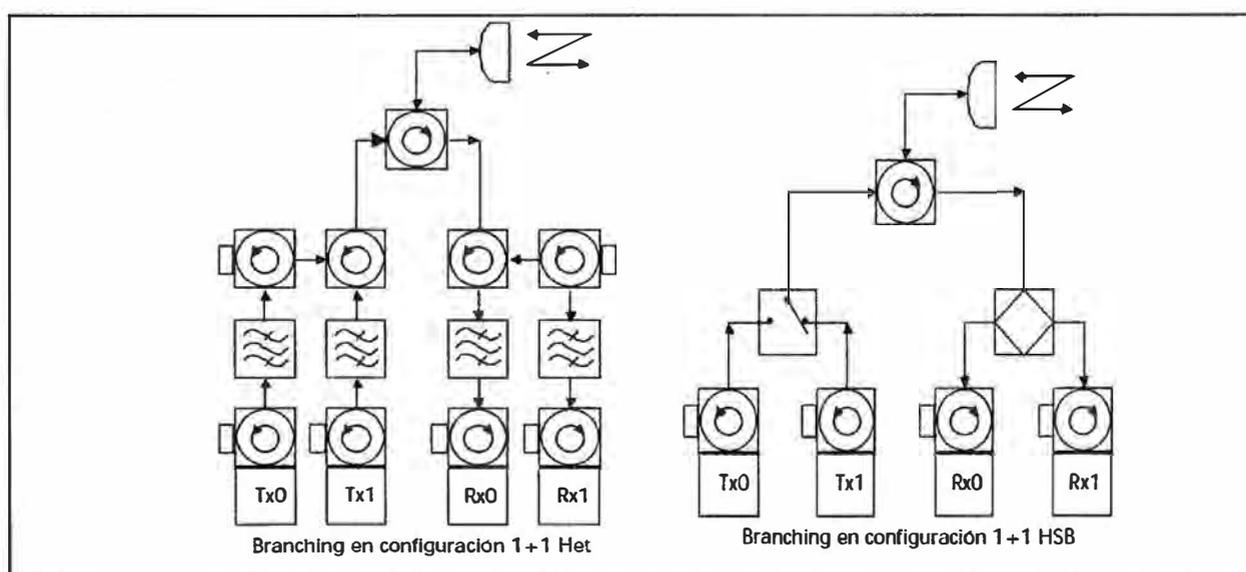
**Figura No 2.3. Modulador y Transmisor**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

### 2.2.5 Unidad de Derivación

Esta unidad es también conocida como el filtro de branching, cuya función es unir los caminos de transmisión y recepción en un único puerto para conectar a una antena evitando además que la alta potencia de los transmisores haga perder sensibilidad a los receptores (acopla transmisor y receptor a una antena), ver Figura No 2.4.



**Figura No 2.4. Unidad de derivación**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

## 2.3 Sistemas de Antenas

Los sistemas de antenas se componen de la antena propiamente dicha, los alimentadores (coaxial o guía de onda), accesorios y el presurizador o deshidratador (en caso de usar guías de ondas o coaxial con dieléctrico de aire).

### 2.3.1 Antenas de Microondas.

Las antenas son uno de los parámetros que se deben definir en función de las características del salto, de la banda de frecuencia, de los parámetros de calidad que se desean alcanzar, de la directividad necesaria para evitar interferencias, etc. Las ganancias de las antenas dependen de su tamaño (en caso de antenas parabólicas, de su diámetro) y de la frecuencia, ver Figura No 2.5.

En la banda de frecuencia que nos compete el elemento irradiante (dipolo-iluminador) tiene dimensiones reducidas, para dirigir la potencia hacia la dirección deseada, se utiliza un reflector, para conseguir que el frente de onda emitido sea plano, se requiere que este reflector tenga forma parabólica y que el elemento irradiante se coloque en su foco. De ahí el nombre de antenas parabólicas.

Características de las antenas:

**Directividad.-** Es la relación entre la intensidad de radiación máxima y la intensidad promedio de la antena.

**Lóbulos laterales.-** En antenas muy directivas es indeseable tener lóbulos laterales en el patrón de radiación dado que presentan potencia radiada en otras direcciones. Los diseños de antenas directivas buscan reducir los lóbulos.

**Relación frente-espalda.-** El lóbulo trasero de una antena directiva es muy indeseado para poder evitar interferencias con otros radios. La relación F/B es dada por la razón entre la ganancia del lóbulo principal y la ganancia del lóbulo trasero.

**Ancho de Haz o HPWB.-** Definimos el ancho de haz como el ángulo formado entre los puntos a mitad de potencia del lóbulo principal.

**Ancho de banda.-** Es el rango de frecuencias donde las características de la antena pueden ser consideradas como constantes.

**Impedancia de entrada.-** Para una transferencia de energía eficiente, la impedancia del radio, la antena y la línea de TX que las conecta debe ser la misma. Si la antena tiene una impedancia diferente, hay una desadaptación, y se necesita un circuito de acoplamiento de impedancia.

**Pérdida de retorno.-** La pérdida de retorno es otra forma de expresar desadaptación. Es una medida logarítmica expresada en dB, que compara la potencia reflejada por la antena con la potencia con la cual alimentamos desde la línea de TX. La relación entre

SWR (Standing Wave Ratio – razón de onda estacionaria) y la pérdida de retorno es la siguiente:

$$\text{Pérdida de Retorno (en dB)} = 20 \log_{10} \frac{\text{SWR}}{\text{SWR}-1} \dots\dots\dots (2.1)$$

**Diagramas de patrón de radiación.-** Los patrones o diagramas de radiación describen la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones desde la antena a una distancia constante. El patrón de radiación es tridimensional, pero generalmente las mediciones de los mismos son una porción bidimensional del patrón, en el plano horizontal o vertical. Estas mediciones son presentadas en coordenadas rectangulares o en coordenadas polares.

**Polarización.-** Se define como la orientación del campo eléctrico de una onda electromagnética. En general la polarización se describe por una elipse. Dos casos especiales de la polarización elíptica son la polarización lineal y la polarización circular. La polarización inicial de una onda de radio es determinada por la antena.

Con la polarización lineal, el vector de campo eléctrico se mantiene en el mismo plano todo el tiempo. El campo eléctrico puede dejar la antena en una orientación vertical, horizontal, o en algún ángulo entre los dos. La radiación polarizada verticalmente se ve ligeramente menos afectada por las reflexiones en el camino de transmisión. Con la polarización horizontal, tales reflexiones causan variaciones en la intensidad de la señal recibida. Las antenas horizontales tienen menos probabilidad de captar interferencias generadas por el hombre, normalmente polarizadas verticalmente.

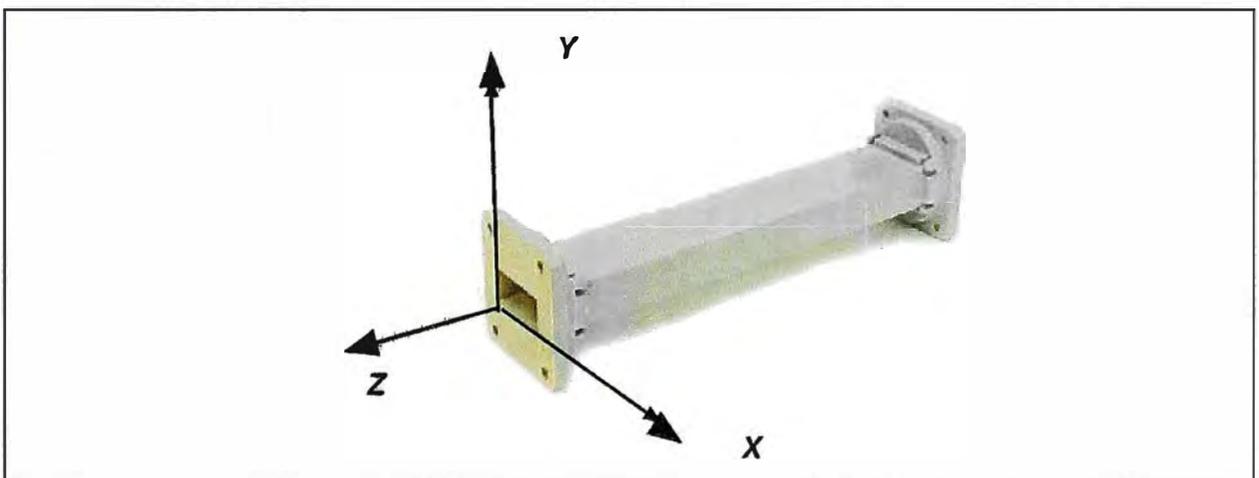


**Figura No 2.5. Antenas de Microondas**

### 2.3.2 Alimentadores (feeders)

Se denomina de esta manera a la línea de transmisión que lleva la energía desde la radio a la antena y viceversa. A frecuencias inferiores a los 2.5 GHz se utilizan cables coaxiales que se identifican por su diámetro: 1/2", 7/8", 1-5/8"; obviamente cuanto mayor es el diámetro, menor es su pérdida pero también es menor la frecuencia de corte. A frecuencias superiores a los 3 GHz, la pérdida comienza a ser importante y en este caso se utilizan guías de onda. Una guía de onda es un tubo conductor a través del cual se transmite la energía en forma de ondas electromagnéticas. El tubo actúa como un contenedor que confina las ondas en un espacio cerrado. El efecto Faraday atrapa cualquier campo electromagnético fuera de la guía. Los campos electromagnéticos son propagados a través de la guía de onda por medio de reflexiones en sus paredes internas, que son consideradas perfectamente conductoras. La intensidad de los campos es máxima en el centro a lo largo de la dimensión **X**, y se debe disminuir a cero al llegar a las paredes, porque la existencia de cualquier campo paralelo a las mismas en su superficie originaría una corriente infinita en un conductor perfecto. Las guías de onda, por supuesto, no pueden transportar RF de esta forma.

En la siguiente Figura No 2.6 se muestra las dimensiones **X**, **Y** y **Z** de una guía de onda rectangular.



**Figura No 2.6. Antenas de Microondas**

Fuente: Redes inalámbricas en los países en desarrollo

Elaboración: Editado de la fuente

Hay un infinito número de formas en las cuales los campos eléctricos y magnéticos pueden organizarse en una guía de onda a frecuencias por encima de la frecuencia de corte; cada una de esas configuraciones de campo se denomina modo. Los modos se pueden separar en dos grupos generales. Uno de ellos es el transversal magnético (TM), donde el campo magnético es siempre transversal a la dirección de propagación, pero existe un componente del campo eléctrico en la dirección de propagación. El otro es el

transversal eléctrico (TE), en el que el campo eléctrico es transversal a la dirección de propagación, pero existe un componente del campo magnético en la dirección de propagación.

El número de modos posibles se incrementa con la frecuencia para un tamaño dado de guía de onda, y existe un modo, llamado modo dominante, que es el único que se puede transmitir a la frecuencia más baja que soporta la guía de onda. En una guía de onda rectangular, la dimensión crítica es la  $X$ . Esta dimensión tiene que ser mayor a  $0.5\lambda$  a la frecuencia más baja que va a ser transmitida. En la práctica generalmente la dimensión  $Y$  es  $0.5X$  para evitar la posibilidad que se opere en otro modo que no sea el dominante. Se puede utilizar otras formas diferentes a la rectangular, la más importante es la de tubo circular. Para este se aplican las mismas condiciones que para el rectangular. La energía puede introducirse o extraerse de una guía de onda por medio de un campo eléctrico o magnético.

Las guías pueden ser de sección rectangular, circular o elíptica, pero las más usadas, por ser flexibles, son estas últimas. A diferencia del cable coaxial, que funciona en un amplio margen de frecuencias, las guías son dispositivos selectivos y deben utilizarse para un determinado banda de frecuencia, es decir, cada banda de frecuencia tiene un determinado modelo de guía. Existe un ligero solapamiento entre los distintos tipos de guía y la selección entre estos tipos se realiza por precio o atenuación. Tanto los cables coaxiales como las guías de onda requieren de una serie de accesorios como pueden ser kits de puesta a tierra, kits de sujeción a mástil y obviamente los conectores, los cuales deben elegirse de manera que estén emparejados al tipo de conector del equipo y de la antena.

### 2.3.3 Conectores y adaptadores

Por medio de los conectores el cable coaxial o guía de onda puede ser conectado a otro cable o componente de la cadena de RF. Hay una gran cantidad de adaptadores y conectores diseñados para concordar con diferentes tamaños y tipos de líneas de TX, ver Figura No 2.7.



Figura No 2.7. Conectores

Fuente: <http://www.commscope.com/catalog/andrew/>

Elaboración: Editado de la fuente

### 2.3.4 Torres

Las estaciones deben contar con un lugar adecuado para la instalación de los equipos, y con una torre para colocar las antenas, asimismo, la disposición de los equipos, la instalación eléctrica y los sistemas de protección deben ser adecuados y diseñados especialmente para cada estación.

En Telecomunicaciones se utiliza torres de dos tipos, las torres autoportadas y las torres ventadas. Una torre autoportada o autosustentada, se le denomina a aquella estructura metálica la cual se puede soportar por sí misma, es decir no requiere de elementos externos para sostenerse. Las torres autoportadas se implementan cuando el área disponible es mínima y la altura de la antena no es mucha, ver Figura No 2.8.

La torre ventada es aquella estructura metálica que requiere de cablea o arriostres para sostenerse, es decir, necesita ser retenida en cada una de sus aristas y a diferentes alturas para sostenerse en pie. Estas se implementan cuando el área o terreno es amplio.

La antena se fija a la torre a través de un soporte, el cual permite el movimiento de la antena tanto horizontal como vertical a fin de alinearla con la siguiente estación.

La torre se debe diseñar en función de las cargas que actúan sobre el, que serian el peso de la antena, el momento que ejerce la antena sobre la torre y la fuerza del viento, etc.



**Figura No 2.8. Torre Autoportada**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

## 2.4 Métodos de diversidad en Microondas

Los sistemas de microondas usan transmisión en línea de vista, y en consecuencia debe existir una trayectoria directa de señal entre las antenas de transmisión y

recepción; por lo que, si esa trayectoria de señal sufre un gran deterioro, se interrumpirá el servicio. A través del tiempo, las pérdidas en la trayectoria de radio varían con las condiciones atmosféricas, que pueden variar mucho y causar una reducción correspondiente a la intensidad de señal recibida, de 20, 30 o 40 dB o más. Esta reducción de intensidad es temporal, y se llama desvanecimiento de radio.

Los circuitos de control automático de ganancia, incorporados en los radios receptores, pueden compensar desvanecimientos de 25 a 40dB dependiendo del diseño del sistema; sin embargo, los desvanecimientos mayores a 40dB pueden causar una pérdida total de la señal recibida, cuando esto sucede se pierde la continuidad del servicio.

La diversidad sugiere que haya más de una ruta de transmisión, o método de transmisión disponibles entre un transmisor y un receptor. En un sistema de microondas, el objetivo de usar la diversidad es aumentar la confiabilidad del sistema, aumentando su disponibilidad.

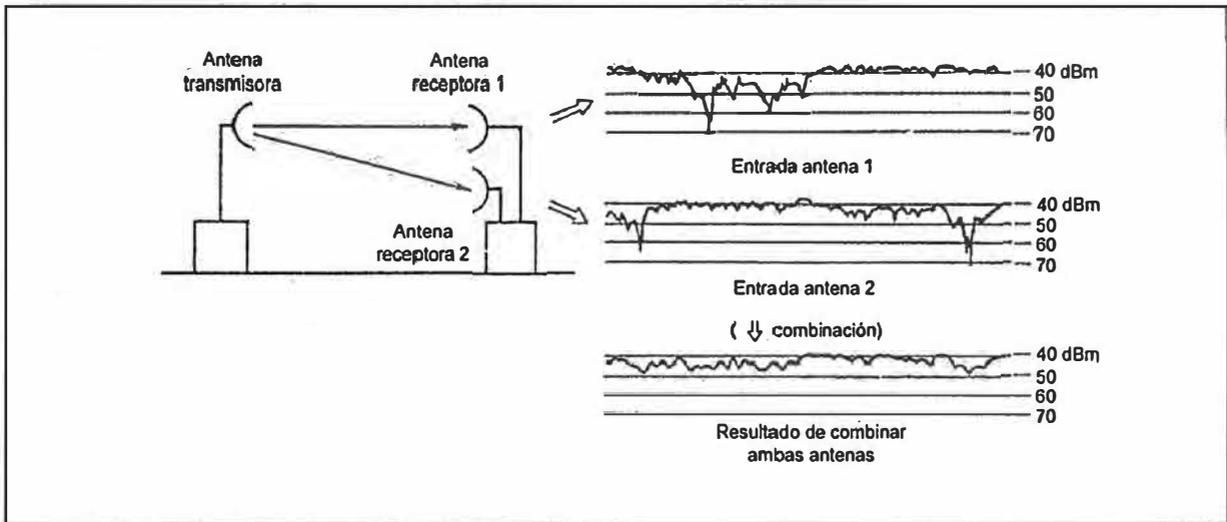
Cuando hay más de una trayectoria o método de transmisión disponible, el sistema puede seleccionar la ruta o el método que produzca la máxima calidad en la señal recibida. En general, la máxima calidad se determina evaluando la relación de portadora a ruido  $C/N$  en la entrada del receptor, o tan solo midiendo la potencia de la portadora recibida, aunque hay muchos métodos de obtener la diversidad, los métodos utilizados más comunes son de frecuencia, espacial, polarización, híbrido y cuádruple.

#### **2.4.1 Diversidad de espacio**

El sistema por diversidad de espacio funciona de acuerdo con el principio referido a que *los dos componentes de una misma señal que corren dos caminos distintos no tendrán los mismos puntos de interferencia*. Una misma longitud de onda sufre diferentes grados de interferencia en dos puntos espaciados verticalmente porque dicha onda llega a las antenas por dos caminos distintos. Cuando es difícil obtener suficientes asignaciones de frecuencias, la diversidad de espacio es la mejor protección contra desvanecimiento por multitrayectorias.

Cuando se usa diversidad espacial, es importante que la distancia eléctrica de un transmisor a cada una de las antenas, y de un receptor a cada una de sus antenas, sea un múltiplo igual de longitudes de onda, en longitud. Esto es para asegurar que cuando lleguen dos o más señales de la misma frecuencia a la entrada de un receptor, estén en fase y sean aditivas. Si se reciben señales desfasadas, éstas se anularán y en consecuencia será menor la potencia de la señal recibida, que si solo se usara una antena. En diversidad espacial hay más de una ruta de transmisión entre un transmisor y

un receptor. Cuando existen condiciones atmosféricas adversas en una de las rutas, es improbable que la ruta alterna tenga el mismo degradamiento. En consecuencia, la probabilidad de recibir una señal aceptable es mayor cuando se utiliza diversidad espacial que cuando no se utiliza este tipo de método, ver Figura No 2.9.



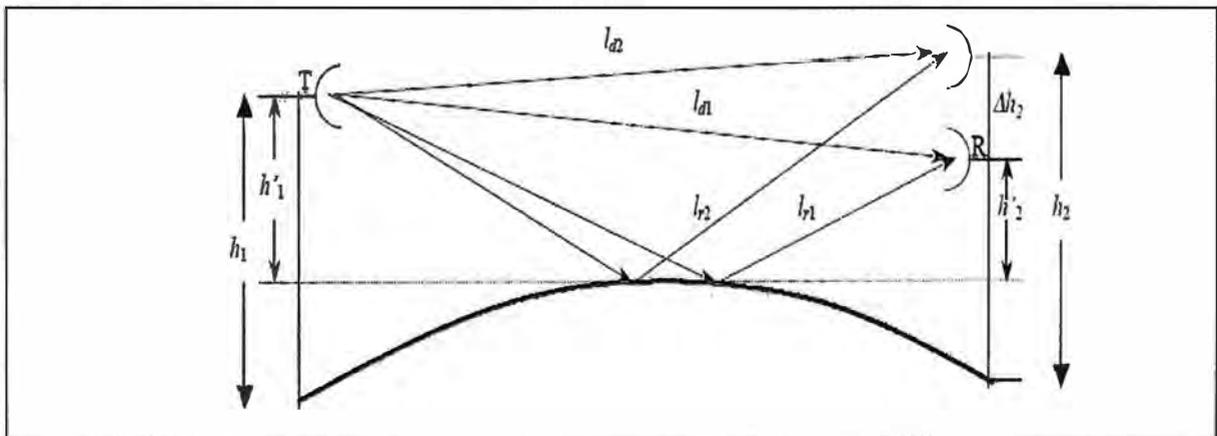
**Figura No 2.9. Diversidad de espacio**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

**a) Separación mínima entre las antenas en la diversidad de espacio**

Para implementar este método de diversidad, se debe calcular la separación mínima de las antenas para lograr la mejora deseada. Considerando dicha situación, para lograr que cuando la relación señal - ruido de una señal sea degradada por el desvanecimiento, la relación señal - ruido de la otra sea aumentada; la diferencia de caminos entre las ondas reflejadas que llegan a la antena 1 y la antena 2 debe ser múltiplo de  $\lambda/2$ , ver Figura No 2.10.



**Figura No 2.10. Separación de antenas con diversidad de espacio**

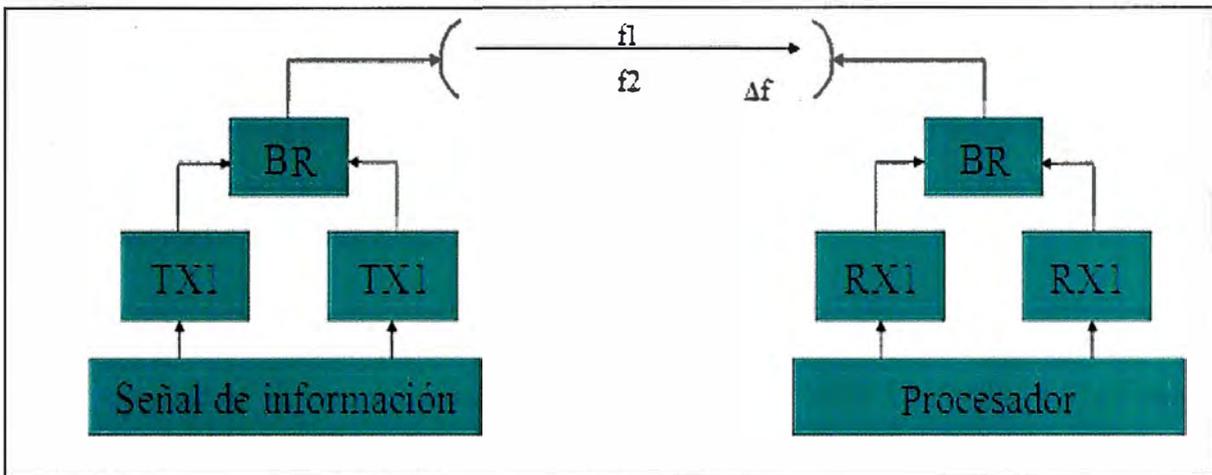
Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

$$\frac{d}{4h_1} \approx \frac{\lambda d}{4h_1} \geq 150\lambda \dots\dots\dots (2.2)$$

### 2.4.2 Diversidad de frecuencia

Cuando las señales siguen un mismo trayecto pero tienen diferentes longitudes de onda es imposible que se produzca un profundo desvanecimiento simultáneo. La diversidad de frecuencia solo consiste en modular dos RF distintas de portadora con la misma información de FI, y transmitir entonces ambas señales de RF a un destino dado. En el destino, se modulan ambas portadoras y la que produzca la señal FI de mejor calidad es la que se selecciona, ver Figura No 2.11.



**Figura No 2.11. Diversidad de frecuencia**

**Fuente:** Manual de Ingeniería de radioenlaces

**Elaboración:** Editado de la fuente

En una descripción de la diversidad de frecuencia, la señal de entrada de FI se alimenta a un divisor de potencia, que la dirige a los transmisores A y B de microondas. Las salidas de RF de los dos transmisores se combinan en una red combinadora de canales y se alimentan a la antena de transmisión. En el lado del receptor el separador de canales dirige las portadoras A y B de RF a sus receptores respectivos de microondas, donde se bajan a FI. El circuito detector de calidad determina cuál canal, el A o el B, es el de mejor calidad, y dirige ese canal por el conmutador de FI para seguirlo demodulando hasta la banda base.

Se muestran tres formas de combinación: de ganancia variable, igual ganancia y conmutación óptima. Las señales se pueden combinar en la etapa de banda base o en frecuencia intermedia, siendo el primer método el más común.

**Combinación de igual ganancia:** La tensión de las dos señales recibidas y la potencia recibida del ruido captado se suman en la misma forma que en la combinación por ganancia variable. Por lo tanto, la señal que pasa al circuito de banda base es la suma de las señales de los receptores.

**Combinación de ganancia variable:** En este procedimiento, las señales captadas por dos receptores en diversidad se amplifican y unen, formando una sola señal de salida. El

grado de amplificación que debe recibir cada señal depende de su relación señal ruido.

**Combinación de conmutación óptima:** En realidad, la combinación de conmutación óptima no constituye un método de combinación aunque comúnmente se clasifica como tal. En este procedimiento se emplea un dispositivo de conmutación automática que vigila constantemente los pilotos de continuidad y los niveles de ruido, eligiendo la mayor señal de uno u otro receptor para el circuito de banda base. El receptor que reciba la señal más débil se desconecta del circuito.

### 2.4.3 Diversidad de polarización

En este método dos señales procedentes del transmisor se envían simultáneamente por dos antenas separadas, una con polarización vertical y la otra horizontal. La diversidad de polarización resulta útil para la transmisión por onda indirecta en la parte baja del espectro de frecuencias.

### 2.4.4 Diversidad Cuádruple

La diversidad cuádruple proporciona la transmisión más confiable; sin embargo, también es la más costosa. El concepto básico de diversidad cuádruple es bastante sencillo, es una combinación de diversidad de frecuencia espacial, frecuencia, polarización y de recepción en un solo sistema. Su desventaja esta referida al hecho que necesita equipo electrónico, frecuencias, antenas y guías de onda redundante, que son cargas económicas.

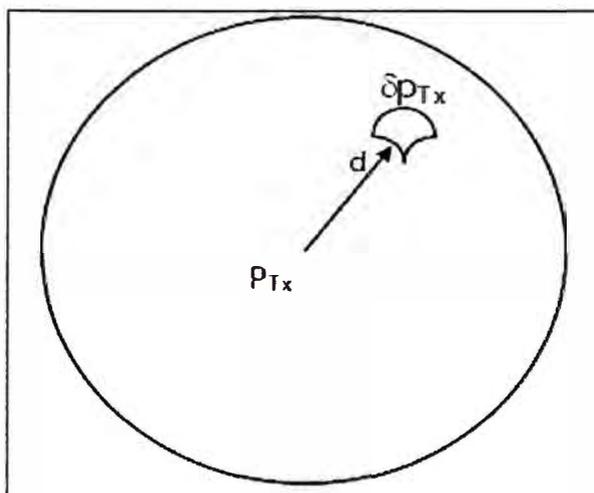
## 2.5 Factores en el medio de propagación

Un diseño de radioenlaces de microondas tiene la premisa de la mejor solución costo-efectividad, lo cual requiere entender perfectamente los parámetros de propagación que pueden influir en la calidad del enlace.

### 2.5.1 Pérdidas en el espacio libre

Consideremos que un transmisor TX de potencia  $P_{TX}$  conectado a una antena isotrópica, irradia su potencia al espacio.

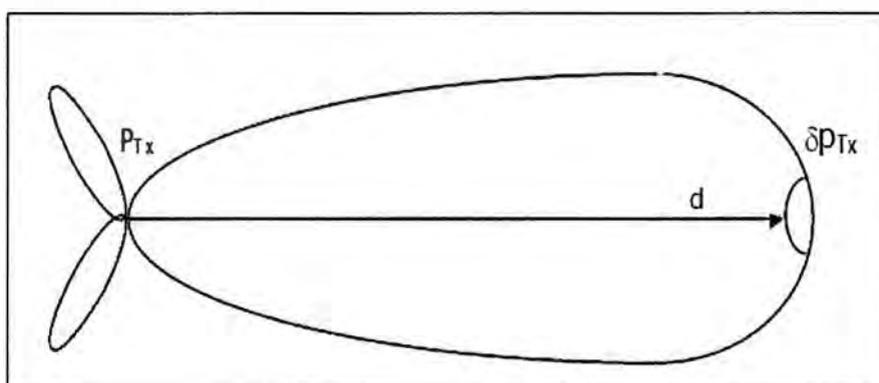
Como el diagrama de radiación de una antena es una esfera, ver Figura No 2.12, la potencia se distribuye uniformemente en toda el área lateral de la misma, entonces la densidad de potencia a una distancia "d" introduciendo la ganancia de la antena transmisora, la esfera que representa el diagrama de la antena isotrópica se verá deformada por el diagrama de radiación de la antena con la ganancia que posee, ver Figura No 2.13.



**Figura No 2.12. Potencia en el espacio libre**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente



**Figura No 2.13. Diagrama de radiación de una antena con ganancia**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

Si se introduce una antena receptora de área efectiva, la potencia recibida será:

$$P_{Rx} = \frac{P_{Tx} G_{Tx} G_{Rx}}{16\pi^2 d^2 f^2 c^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

El denominador de la expresión se llama pérdida de espacio libre, como vemos, la pérdida de espacio libre aumenta con el cuadrado de la distancia y la frecuencia. Convirtiendo a dB y pasando a unidades prácticas queda (d en Km y f en MHz):

$$L = 32.44 + 20\log(d) + 20\log(f) \dots\dots\dots (2.4)$$

La pérdida por salto puede ser calculado como:

$$L_h = L_{fs} - G_T - G_R + L_{ext} + L_{atm} \dots\dots\dots (2.5)$$

$G_T$ : Ganancia de la antena de TX.  
 $G_R$ : Ganancia de la antena de RX.

$L_{ext}$ : Atenuación extra.

$L_{atm}$ : Atenuación debido a efectos atmosféricos (vapor de agua, oxígeno, etc.).

El nivel de la señal de recepción PRX puede ser calculado como:

$$P_{RX} = P_T - L_h \dots\dots\dots (2.6)$$

El planeamiento de TX tiene que considerar otro parámetro, conocido como el factor K. Este factor es uno de los usados para calcular la altura de la antena y es conocido como efecto del radio de la tierra.

### 2.5.2 Pérdida de visibilidad

Los problemas de visibilidad están relacionados con los fenómenos de curvatura del haz debido a la refracción de la atmósfera, a las alturas de la antena, la posibilidad que el haz sea obstruido por un cerro, bosque o edificio y a la atenuación por difracción que se produce cuando el haz pasa cerca de algún obstáculo.

#### a) Refracción

Las ondas de radio viajan en el espacio en línea recta, sin embargo en la atmósfera debido a variaciones verticales del índice de refracción, las ondas se curvan ligeramente. Esta curva varía con el tiempo en forma aleatoria debido a cambios en la temperatura, presión y humedad.

En condiciones que podemos llamar normales, el índice de refracción disminuye con la altura y el haz de curva hacia abajo extendiendo el radio horizonte. Cuando el índice de refracción se incrementa con la altura, el haz se curva hacia arriba y reduce el despejamiento sobre la superficie de la tierra produciendo un efecto de difracción.

El objetivo del cálculo de la altura de antenas es lograr que esta pérdida de visibilidad sea un fenómeno poco probable o por lo menos controlado. El elemento que más influye en la propagación de microondas es la variabilidad del índice de refracción con la altura.

Tomando como refracción radioeléctrica la siguiente fórmula:

$$N = N_{seco} + N_{húmedo} = \frac{77.6}{T} (p + 4810 \frac{e}{T}) \dots\dots\dots (2.7)$$

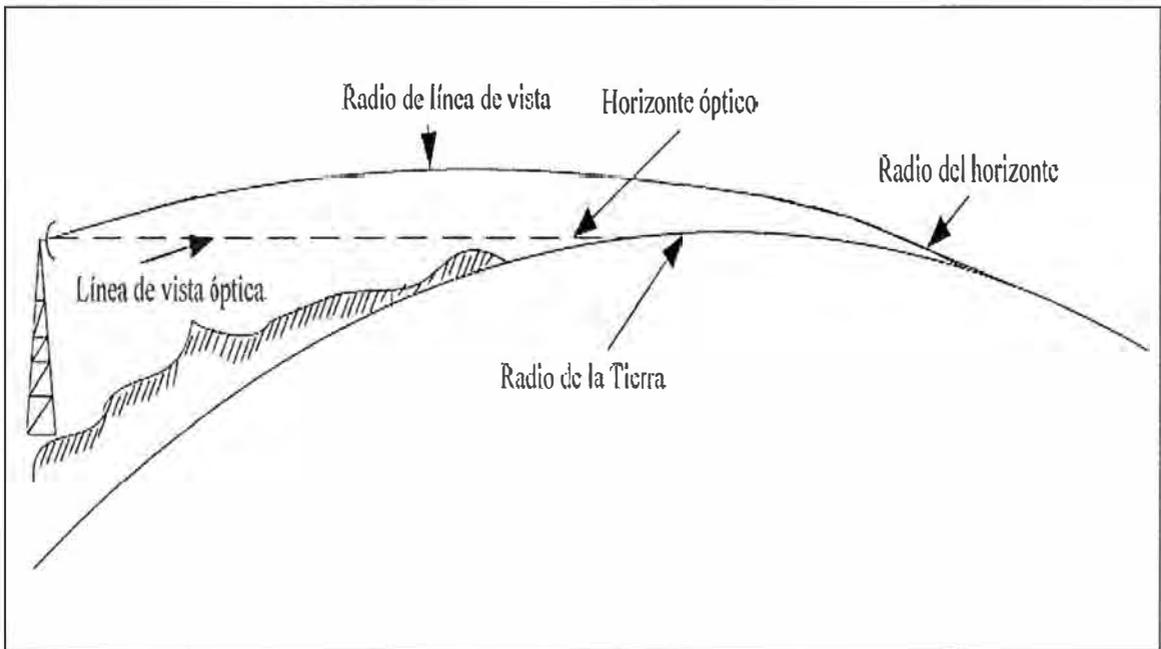
Y el índice de refracción como:  $n = 1 + N10^{-6}$

Este cambio de  $n$  por  $N$  es porque  $n$  es un valor muy cercano a 1 y resulta difícil ver sus variaciones. En general los haces de microondas viajan en una capa de 100 metros de la superficie, en estas elevaciones y en una atmósfera bien mezclada, la refracción radioeléctrica decrece uniformemente con la altura "h" y por lo tanto su

gradiente G será constante. Esto no quiere decir que G permanece constante en el tiempo, por el contrario varia fuertemente con las condiciones climáticas. Muchas mediciones se han efectuado sobre el gradiente de refracción, encontrándose que el valor medio responde a:

$$G = \frac{dN}{dh} = \frac{dn \cdot 10^6}{dh} = \frac{-1}{4 R_0} \cdot 10^6 = -0.039N \text{-units/m} = -39N \text{-units/km} \dots \dots \dots (2.8)$$

Bajo el supuesto de un gradiente de refracción constante, el haz de microondas se curva según un arco de circunferencia de radio "r" y por problemas de trazado del haz sobre el perfil de la tierra, se suele hacer una transformación geométrica que permite dibujar el rayo de microondas según una línea recta sobre la superficie de la tierra, es decir se busca un radio equivalente de la tierra de valor KR0 donde K es el factor de radio efectivo de la tierra, de tal manera que se mantenga la diferencia entre la curvatura del haz y la curvatura de la tierra, ver Figura No 2.14.



**Figura No 2.14. Línea de vista en un enlace de microondas**

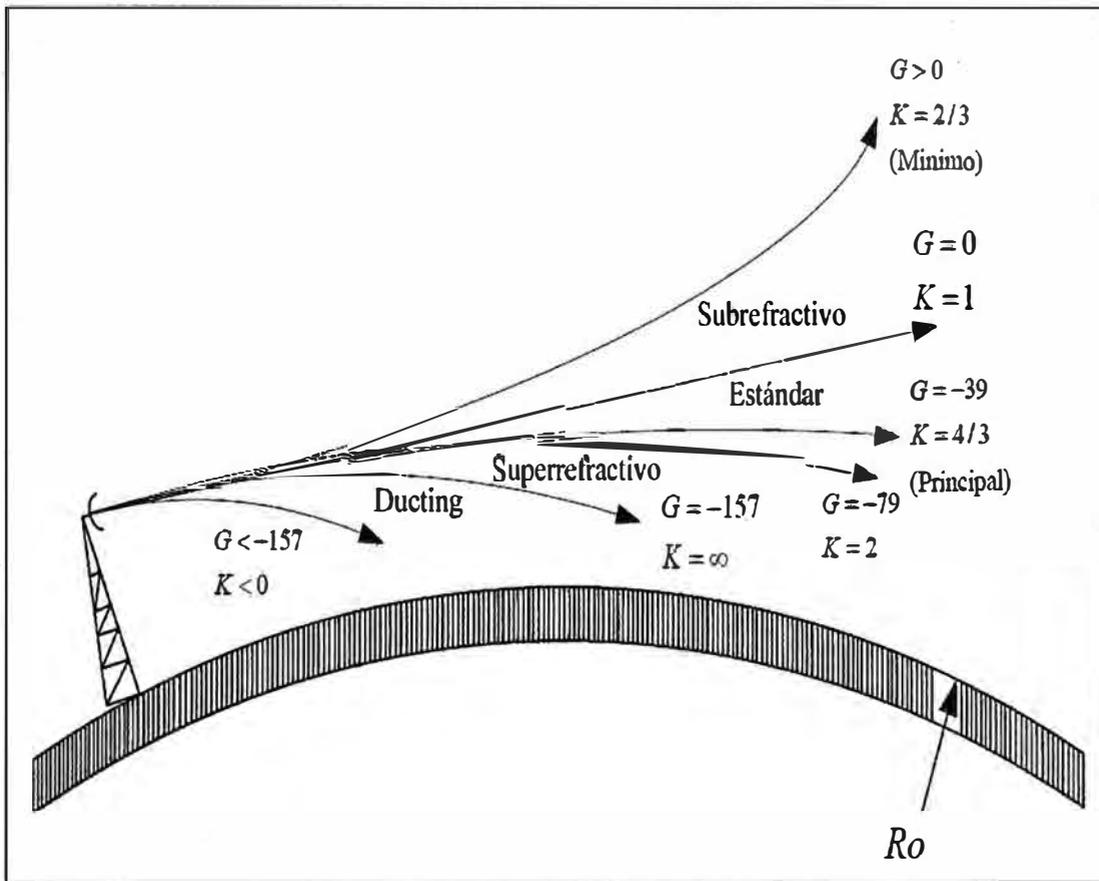
**Fuente:** Diseño de enlace terrestre por línea de vista

**Elaboración:** Editado de la fuente

El resultado final para es la siguiente expresión:

$$K = \frac{157}{157 + G} \dots \dots \dots (2.9)$$

Como se vio el valor medio para G es de -39, con lo que el valor más probable es -39, con lo cual el valor más probable de K será 1,33 (4/3).



**Figura No 2.15. K factor de radio de curvatura**

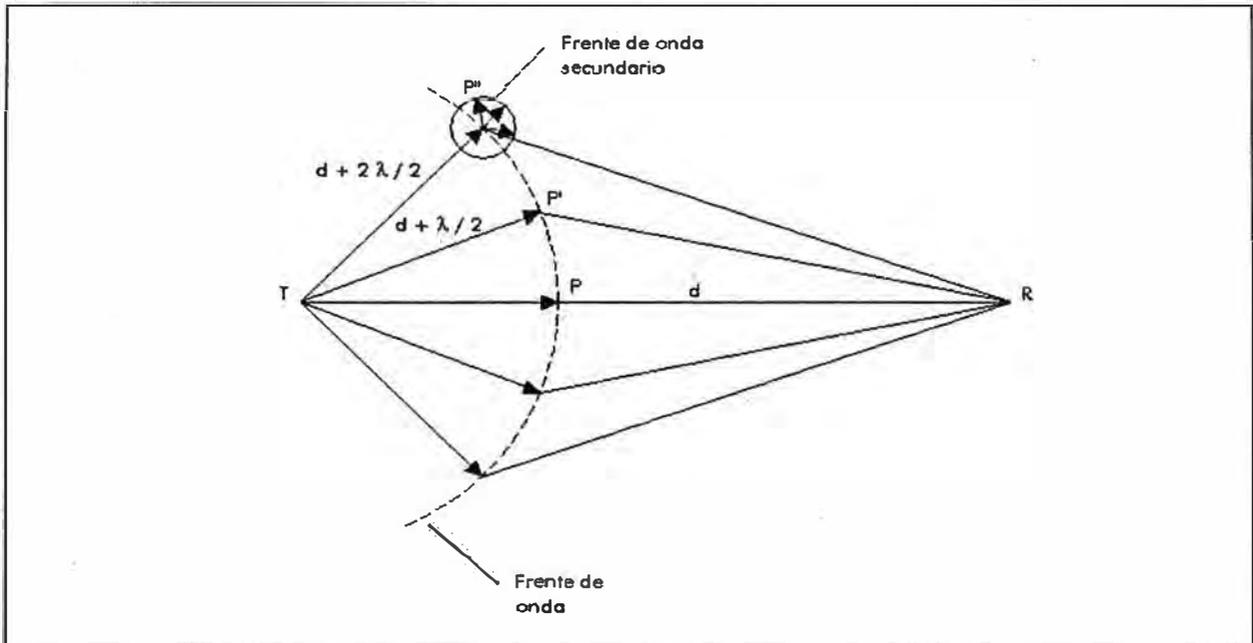
**Fuente:** Diseño de enlace terrestre por línea de vista **Elaboración:** Editado de la fuente

El análisis de los resultados debe tomar en cuenta estas variaciones y para obtener una buena confiabilidad del sistema, se deben de determinar las alturas de las torres basándose en las variaciones de  $K$  hasta  $K=2/3$ , ocasionalmente pueden ocurrir valores negativos de  $K$ , ver Figura No 2.15.

## b) Difracción

Cuando el despejamiento del haz de microondas sobre la superficie terrestre, comienza a ser reducido, se produce un fenómeno que origina una disminución en la intensidad de la señal recibida. Este fenómeno se denomina difracción (ocultamiento parcial de un frente de onda) y para evaluar su influencia se utiliza el concepto de zonas de Fresnel.

Consideremos una fuente transmisora  $T$  que emite energía al medio al cual viaja, expandiendo un frente de onda. Según el principio de Huygens, cada punto de este frente de onda actúa como una nueva fuente de radiación enviando un frente de onda secundario. Las radiaciones secundarias de todos los elementos de la onda original se suman para formar un nuevo frente y así se repite indefinidamente de manera tal que la intensidad de campo en el receptor  $R$  es la suma vectorial de infinitos frentes emitidos por el transmisor, ver Figura No 2.16.



**Figura No 2.16. Trayectorias de las ondas**

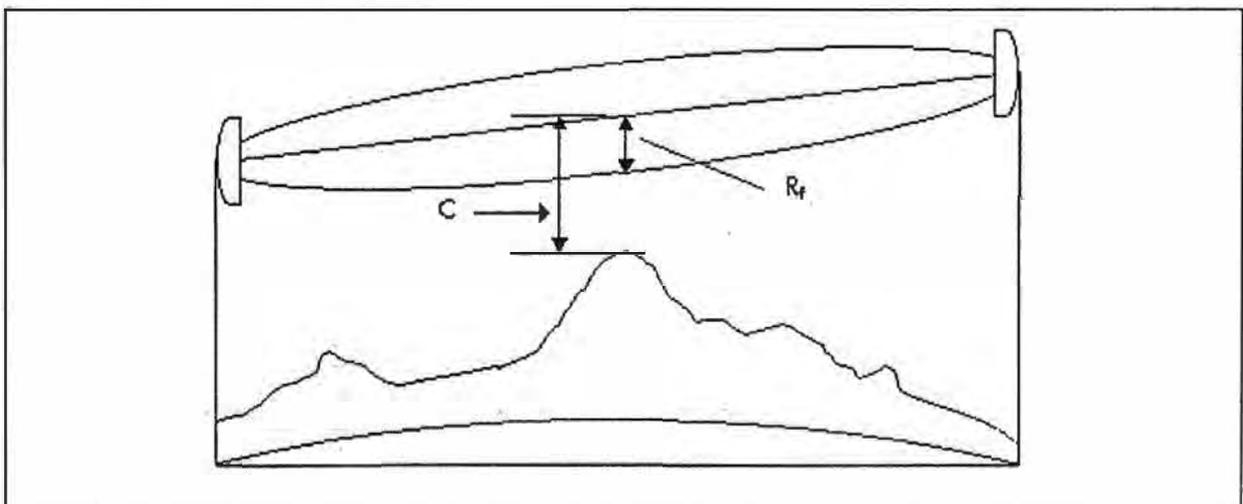
Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

Esto permite definir sobre un plano perpendicular al sentido de propagación, un circuito de radio  $PP'$  que se denomina primera zona de Fresnel. De la misma forma, se define una segunda zona de Fresnel, definida por el punto  $P''$  y así sucesivamente.

Se van alternando zonas que refuerzan la señal (impares) con zonas que la disminuyen (pares). La amplitud total de campo en R es la mitad de la contribución de la primera zona de Fresnel.

Para el análisis del efecto del despejamiento del haz en transmisión de radio se define el despejamiento "C" del haz de microondas como la distancia entre el haz y el obstáculo y se normaliza dividiéndolo por el radio de Fresnel  $R_f$  obteniendo de esta manera la relación  $C/R_f$ , ver Figura No 2.17.



**Figura No 2.17. Despejamiento de un enlace de microondas**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

En una correcta planificación de un radioenlace, en principio, las alturas de las antenas son calculadas de manera de asegurar visibilidad entre los terminales, aún para el rayo más bajo esperado ( $K$  mínimo); pero tampoco deben ser más altas de lo necesario.

Los objetivos buscados al elegir o determinar las alturas de las antenas son:  
Probabilidad muy baja (despreciable) de pérdida de visibilidad ante condiciones anómalas de propagación.

Aceptable (o conocida) pérdida de difracción bajo condiciones normales de propagación.

Despejamiento del 60% de  $R_f$  en todo el trayecto para  $K$  mínimo (2/3).

Despejamiento de 100% para  $K$  normal (4/3).

Pero dichos objetivos no aprovechan las tolerancias propias o intrínsecas del sistema, las cuales permiten enunciar de otra manera los criterios anteriores:

➤ Requerimiento para condiciones anómalas de propagación.

Calcular las alturas de antenas de manera que la atenuación por difracción para  $K$  del 0.01% sea igual al margen de fading del sistema.

Adicionar una altura extra a las antenas de manera tal que la probabilidad que la pérdida por difracción supere el margen de fading sea despreciable (además teniendo en cuenta futuros crecimientos de árboles, construcciones, etc.).

➤ Requerimiento para condiciones normales de propagación.

Una vez cumplido el punto anterior, debe verificarse el cumplimiento para  $K$  normal.

Para frecuencias de 1.5 y 2GHz, por una cuestión económica en la construcción de estructuras (mástiles o torres), se permiten despejamientos del 60%.

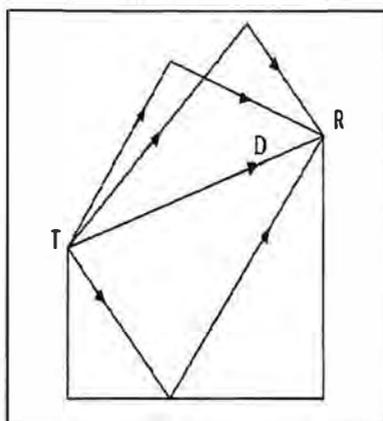
Para frecuencias superiores a los 4 GHz, se utilizan despejamientos del 100%.

### **c) Reflexión**

Cuando se transmite la señal desde un punto  $T$  a uno  $R$ , no solo se tiene el haz directo, sino también existen rayos que se reflejan tanto en la superficie de la tierra como en las distintas capas atmosféricas. Como todas esas señales recorren distintos caminos, contribuirán positivamente o negativamente a la señal resultante en el receptor en función de la fase y amplitud de las mismas respecto al haz directo.

En presencia de la reflexión, la señal recibida es la suma de los componentes, una que viene del camino directo y otros del reflejado, ver Figura No 2.18.

Las reflexiones afectan el desempeño del sistema mediante dos mecanismos diferentes, por un lado aumenta el ruido térmico en la señal demodulada y por el otro introduce distorsión en la señal.



**Figura No 2.18. Reflexión de las ondas**

**Fuente:** Manual de Ingeniería de radioenlaces

**Elaboración:** Editado de la fuente

#### **d) Atenuación por lluvia**

La atenuación por lluvia es producida por absorción y dispersión del haz de microondas por el agua y vapor de agua. El fading por lluvia es importante a frecuencias superiores a 10GHz, pero su efecto también es apreciable a frecuencias tan bajas como los 6GHz.

La atenuación por lluvia, afecta por igual a todos los canales. Lluvias muy intensas pueden producir el corte total del enlace, de ahí el cálculo de indisponibilidad por lluvias. Afortunadamente, durante periodos de lluvia, la actividad por caminos múltiples es despreciable.

La atenuación depende de la velocidad de caída de agua (intensidad) y del tipo y tamaño de gota. Para su cálculo haremos caso de las recomendaciones de la ITU-R.

#### **e) Desvanecimientos por caminos múltiples**

Todos los fenómenos estudiados hasta ahora, refracción, difracción, reflexión y lluvia, producen desvanecimientos en la señal que se denominan "lentos". Pero la principal causa del desvanecimiento en un radioenlace es el fenómeno de caminos múltiples, el cual es producido por variaciones irregulares en el índice de refracción. A estos fenómenos también se les denominan como desvanecimientos "rápidos".

En un salto con adecuado despejamiento y en ausencia de reflexión, se puede obtener desvanecimientos muy profundos de la señal debido a la propagación por caminos múltiples. Las mediciones realizadas al respecto permiten relacionar la amplitud de la señal recibida a la distribución de Rayleigh. En los periodos en los cuales no hay actividad por caminos múltiples, igual hay pequeñas variaciones de la señal recibida que sigue una distribución logarítmica normal.

Durante las horas del día (7/8 y 18/19 hs) cuando la atmosfera está lo suficientemente mezclada por corrientes de convección ascendentes y viento, el índice

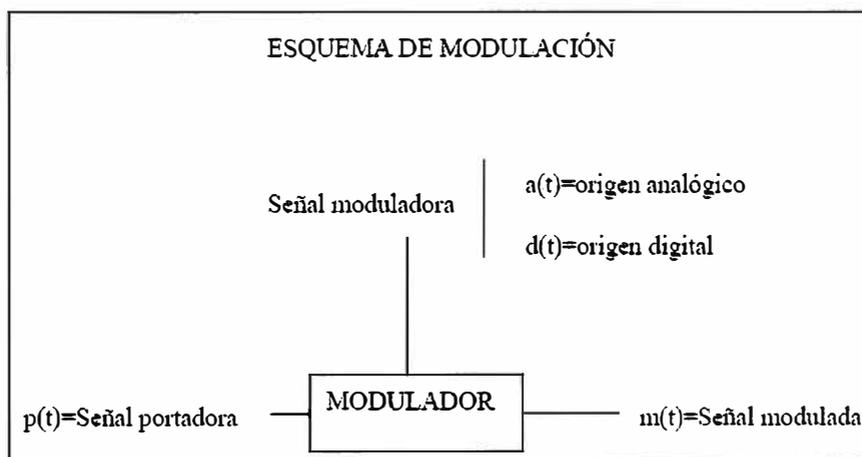
de refracción decrece con la altura y un simple camino de propagación se produce entre la antena TX y RX. Sin embargo, en ciertas circunstancias, como pueden ser noches cálidas o sin vientos o con una distribución no uniforme de la humedad y temperatura, se crean escalones de gradientes los cuales producen múltiples caminos de propagación.

Hay varios métodos utilizados para explicar este fenómeno y distintos métodos de medición. En general se puede decir que la señal recibida es la resultante de N rayos con distintas amplitudes y retardos respectivamente.

## 2.6 Técnicas de Modulación

Las señales producidas por diferentes fuentes, deben ser adecuadas para su transmisión por un determinado canal, este proceso de conversión se denomina modulación, en el cual la señal original se llama banda base (BB), y se modula con respecto a otra señal llamada portadora, ver Figura No 2.19. Existen varias técnicas de modulación digital en las cuales la señal portadora es alterada para transmitir la información, estas técnicas alteran la amplitud (ASK – Amplitude Shift Keying), la frecuencia (FSK – Frequency Shift Keying) y fase (PSK – Phase Shift Keying) de la señal portadora. Otras técnicas combinan dos modulaciones como la QAM que combina la modulación de amplitud y fase sobre la señal portadora. La QAM de varios niveles se compone de ondas ortogonales (fase) moduladas en amplitud, con un número de elementos de código igual a  $2^{2n}$ . En el caso de que  $n=1$ , entonces se tiene 4 niveles de código (puntos). Si  $n=2$ , entonces tendremos una señal 16QAM. Si cada nivel de código es representado por un punto en un eje de coordenadas, entonces el valor de dicho nivel es proporcional a su distancia al centro del eje.

Para sistemas de microondas, las modulaciones más usadas son la PSK y la QAM, la modulación QAM se caracteriza por utilizar un menor ancho de banda sin embargo la PSK es más robusta es decir se pueden obtener saltos más largos con menos potencia.



**Figura No 2.19. Esquema de modulación**

**Fuente:** Manual de Ingeniería de radioenlaces

**Elaboración:** Editado de la fuente

## 2.7 Jerarquías Digitales

### 2.7.1 Jerarquía Digital Plesiocrona-PDH

Antes del surgimiento de la jerarquía digital sincrónica (SDH), la transmisión se hacía básicamente utilizando la jerarquía digital plesiocrona (PDH), la idea básica es la de hacer una serie de multiplexaciones de señales procedentes distintas, para así formar una señal común con una velocidad de bits común. Haciendo una determinada cantidad de multiplexaciones se van logrando las diferentes jerarquías propias de PDH. Dichas jerarquías, están estandarizadas, pero estos estándares no son iguales en todo el mundo, pues hay varios estándares de acuerdo a lo establecido en cada país.

Los principales estándares son el ITU y el ANSI, a continuación se detallan dichos estándares, ver Tabla No 2.1:

ITU			
Señal	Tasa de bits	Denominación	Canales
E1	2,048 Mbps	2 Mbps	32 x 64 Kbps
E2	8,448 Mbps	8 Mbps	128 x 64 Kbps
E3	34,368 Mbps	34 Mbps	16 E1s
E4	139,264 Mbps	140 Mbps	64 E1s

ANSI			
Señal	Tasa de bits	Denominación	Canales
T1	2,544 Mbps	1.5 Mbps	24 x 64 Kbps
T2	6,312 Mbps	6 Mbps	96 x 64 Kbps
T3	44,736 Mbps	45 Mbps	28 T1s

**Tabla No 2.1 Normas ITU y ANSI**

El estándar ITU es usado principalmente en Europa y Asia, mientras que el ANSI es usado principalmente en Estados Unidos. En el Perú el estándar más usado es el ITU.

A estas velocidades se llega haciendo una serie de multiplexaciones, las cuales se realizan tomando cuatro líneas de la jerarquía inferior y multiplexando las mismas se llega a la siguiente jerarquía, ver Figura No 2.20.

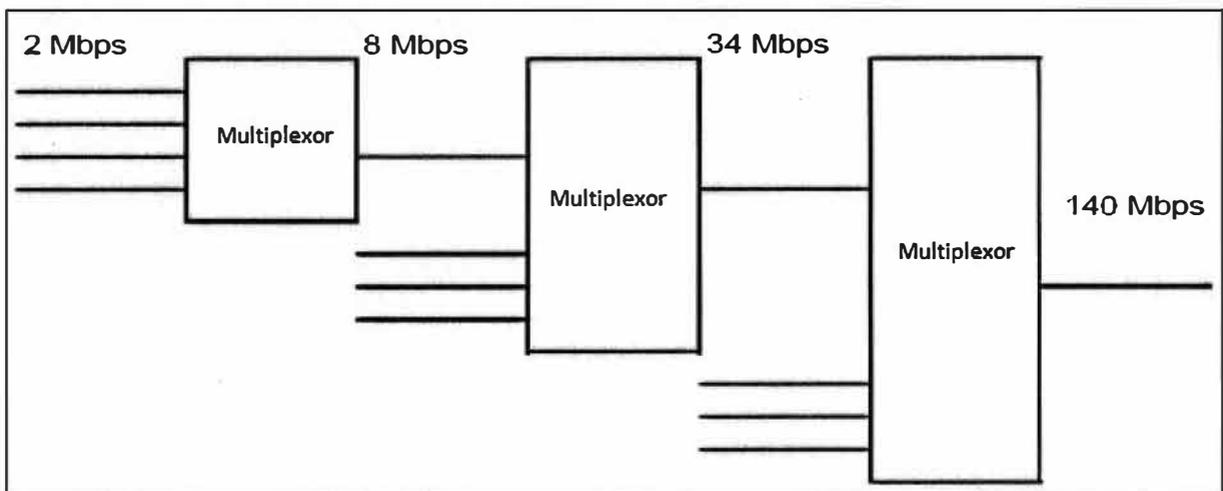
Como se puede observar la jerarquía tiene como fuente n canales de 64Kbps, estos canales podrían ser por ejemplo PCM30, una central de conmutación digital, o cualquier dispositivo que cumple con la norma. Es importante mencionar que para cada nivel de jerarquía son insertados algunos bits adicionales, destinados a la generación de la trama y también para llevar información adicional dentro de la misma (bits de cabecera).

Desventajas del sistema PDH:

- No existe un estándar mundial en el formato digital, existen tres estándares incompatibles entre sí, el europeo, el estadounidense y el japonés.

- No existe un estándar mundial para interfaces ópticas. La interconexión es imposible a nivel óptico.
- La estructura asíncrona de multicanalización es muy rígida.
- Capacidad limitada de administración.

Debido a las desventajas presentadas del sistema PDH, era necesaria una nueva técnica de multicanalización, nace así SONET/SDH.



**Figura No 2.20. Jerarquía PDH**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

### 2.7.2 Jerarquía Digital Síncrona-SDH

En el año 1985 la empresa Bell Core, le hace una propuesta al ANSI de estandarizar las velocidades mayores a 140Mbps, que hasta ahora eran propietarias de cada empresa. En 1986, Bell Core y AT&T proponen a la CCITT, posibles velocidades de transmisión para que las mismas sean estandarizadas, cada una de estas empresas propone diferentes velocidades de transmisión, Recién en 1988 se produce la primera regulación de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH). La CCITT saca entonces, las recomendaciones G707, G708 y G709, que constituyen la primera regulación de esta forma de transmisión.

Desde 1988 al día de hoy, ha habido 6 modificaciones de las recomendaciones, estando vigentes hoy en día solamente la G707, que es la usada en la actualidad.

La existencia de diversas jerarquías digitales (la europea y la Americana), hace que, cuando el tráfico sobrepasa las fronteras nacionales, haya necesidad de efectuar conversiones generalmente costosas para llevar la señal a otro país; ello y las desventajas de la PDH actual, mencionadas anteriormente, forzaron a crear una jerarquía digital que proporcionará un estándar mundial unificado que a su vez ayuda a una efectiva y económica administración de la red.

#### Características del sistema SDH:

- Nuevas topologías de red especialmente en la parte de acceso.
- Acceso directo a afluentes de baja velocidad sin tener que demultiplexar toda la señal que viene a alta velocidad, como ocurre en la PDH actual.
- Altas velocidades de TX, modernos sistemas SDH logran velocidades de hasta 10Gbps.
- Facilidad de multiplexación y demultiplexación, comparado con los sistemas PDH, es mucho más fácil extraer o insertar canales de menos velocidad en las señales compuesta SDH.
- Mejor capacidad de operación, administración y mantenimiento
- Adopción de canales auxiliares estandarizados.
- Estandarización de interfaces.
- Fácil crecimiento hacia velocidades mayores, en la medida que lo requiera la red.
- Implementación de sistema con estructura flexible que pueden ser utilizados para construir nuevas redes.

### **CAPÍTULO III**

## **DISEÑO DE INGENIERIA DE LA RED DE RADIOENLACES, PLANEAMIENTO Y COMPONENTES**

El diseño de una red de radioenlaces de microondas proporciona alternativas para ofrecer servicios de telecomunicaciones, al brindar una mejora en la cobertura de señal en la zona y un mayor ancho de banda. En el presente informe, busca aprovechar los beneficios que ofrece la red de radioenlaces de microondas, para poder comunicar a los pueblos más alejados de la selva peruana, es específico, del departamento de Loreto, lo cual redundará en una mejor educación, desarrollo comercial, entre otros.

### **3.1 Justificación del diseño en base a radio microondas**

Los enlaces de radio microondas y los sistemas de transmisión por línea de fibra óptica son dos diferentes medios de comunicación con distintos campos de aplicación, los cuales tienen asociadas ciertas ventajas y desventajas.

La principal ventaja de la transmisión por fibra óptica es su enorme capacidad de transmisión con el mayor estándar de calidad que se puede obtener en transmisión de datos en la actualidad. Su gran desventaja se encuentra en los grandes costos y el tiempo que introduce el tendido de fibra, el cual depende del tipo de terreno. Otro problema es el riesgo a corte producido por inundaciones, terremotos o sabotajes.

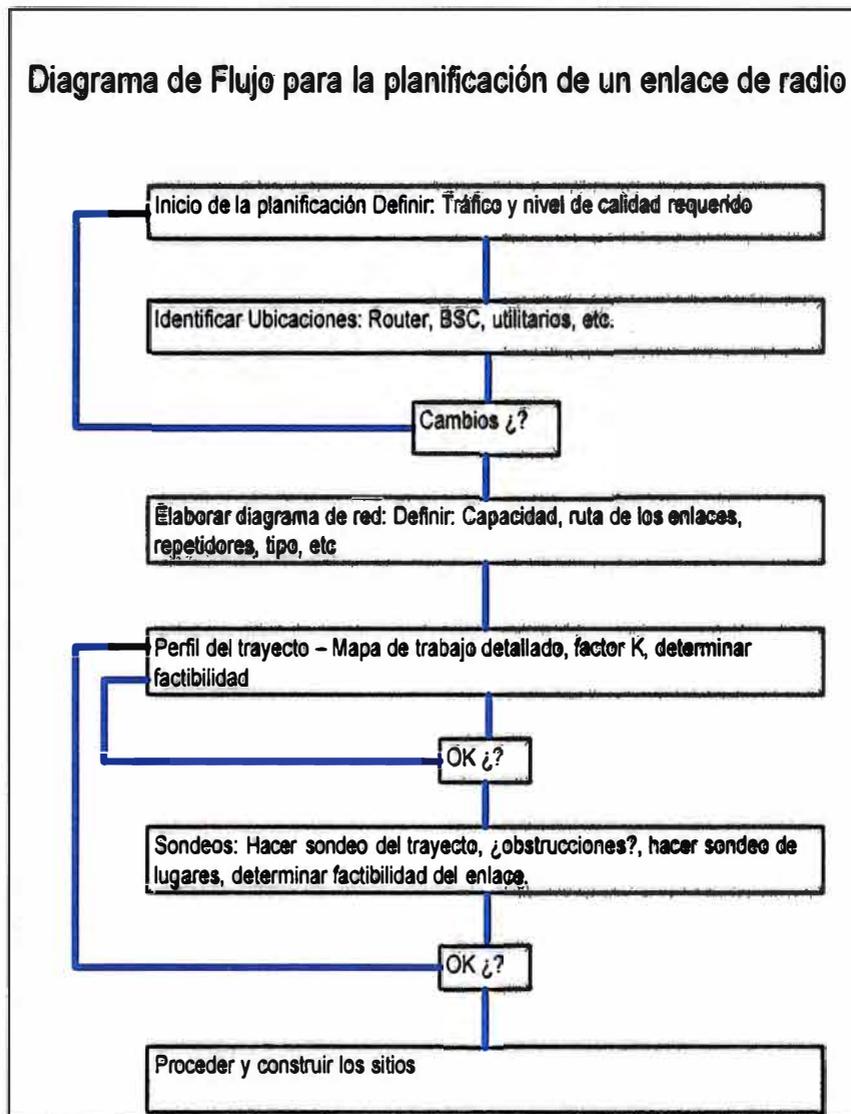
Los sistemas de radioenlaces son menos costosos y más rápidos de desplegar, permiten atravesar zonas difíciles como montañas o aguas pero disponen de menor capacidad de transmisión y la calidad depende de las condiciones atmosféricas, aunque su efecto puede minimizarse con un apropiado diseño de enlace.

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas mencionadas, los sistemas de radioenlaces encuentran su mayor aplicación en redes de acceso, cierre o interconexión de anillos de fibra óptica o protección de una red de fibra. No obstante son ampliamente utilizados como backbone en aquellas zonas de difícil geografía.

### **3.2 Planificación del enlace**

Una completa planificación y atención al detalle en las fases iniciales evitaran muchos problemas en la ejecución del diseño. La inversión de la infraestructura en una red de microondas es significativa; por consiguiente, el margen para el error debe ser

muy pequeño. La planificación es un proceso iterativo y variará dependiendo del tipo de instalación. La planificación realizada en un área urbana es completamente diferente a aquellos enfrentados en zonas rurales, ver Figura No 3.1.



**Figura No 3.1. Esquema de planificación**

Fuente: Manual microondas

Elaboración: Editado de la fuente

### 3.3 Determinación de las necesidades

Debemos especificar los servicios y anchos de banda involucrados, a ser transportados por la red a diseñar, las conexiones de los circuitos extremo a extremo, y los objetivos de calidad requeridos. Los servicios a ser llevados podrían incluir los circuitos de voz, servicios de datos a varias capacidades, conexiones troncales entre los operadores públicos, circuitos de video, además se debe considerar el tráfico futuro. Entendiendo el verdadero número de circuitos involucrados y sus anchos de banda asociados, se puede realizar el diseño de la red en forma eficiente.

Debido a los requerimientos para un buen diseño, se realizará el cálculo de la

necesidad de comunicaciones de la región, basado en los estudios de tráfico de los servicios de telecomunicaciones y a las estadísticas brindadas por el OSIPTEL.

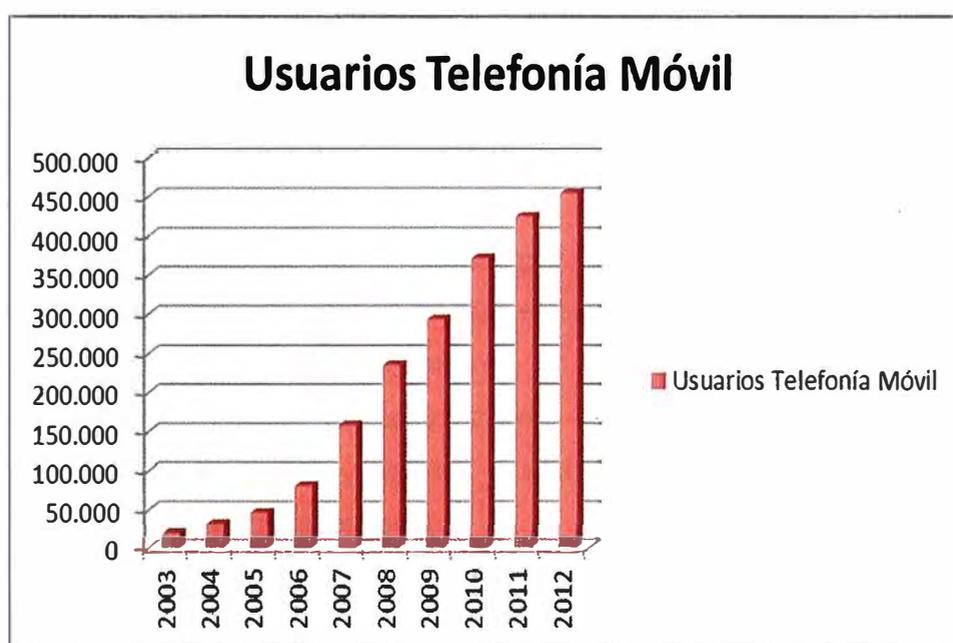
Para analizar el tráfico se debe tener en cuenta que el volumen de tráfico se mide con la unidad de medida llamada Erlang. Un Erlang representa una línea troncal usada permanentemente por el lapso de una hora. Por ejemplo, una línea usada 30 minutos cada hora utiliza 0.5 Erlang, 2 líneas usadas 30 minutos cada una utilizan un total de 1 Erlang, una línea usada 20 minutos utiliza 0.33 Erlang.

Se define el grado de servicio al porcentaje de llamadas que se cursan inmediatamente por falta de circuitos disponibles, el grado de servicio es juzgado por el abonado, es decir, un cliente no puede dejar de atender llamadas como hospitales, organismos del estado, demandará un grado de servicio mayor que un usuario común.

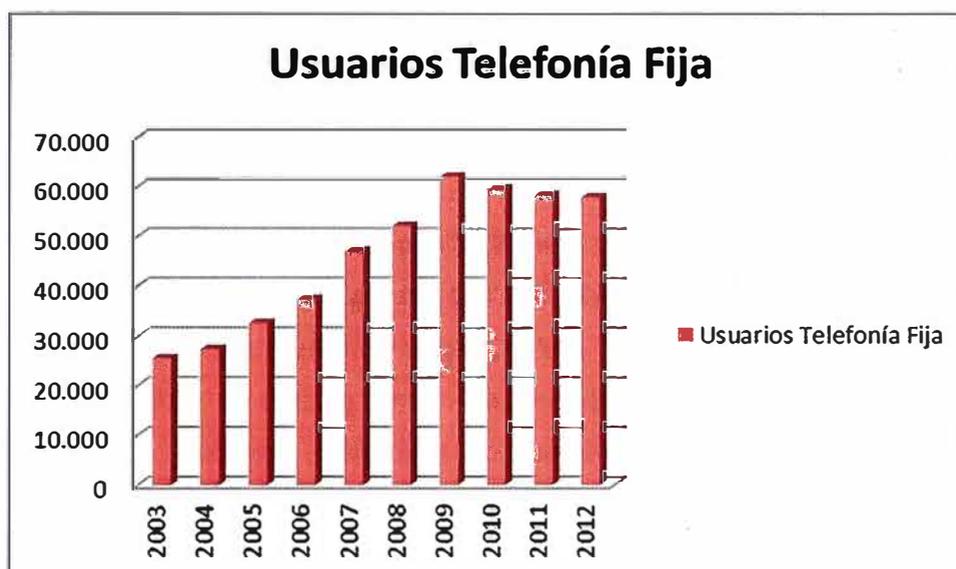
La teoría del Erlang determina cual es la probabilidad que una llamada entrante sea bloqueada, con lo cual podemos estimar el número de líneas necesarias para implementar en la red. Como objetivo del diseño se usará para los cálculos una probabilidad de bloqueo uniforme de 0.01.

### 3.3.1 Calculo del número de líneas en la selva peruana

Para el cálculo del tráfico en el departamento de Loreto se consideran las líneas de los servicios de telefonía fija, móvil, TUP's e internet hasta el tercer trimestre del 2012, estas estadísticas según el Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) se detalla en los siguientes gráficos, ver Figura No 3.2, Figura No. 3.3 y Figura No 3.4.



**Figura No 3.2. Líneas en servicio telefonía móvil Fuente: OSIPTEL**  
Fuente: OSIPTEL Elaboración: Propia



**Figura No 3.3. Líneas en servicio telefonía fija** Fuente: OSIPTEL  
Fuente: OSIPTEL      Elaboración: Propia



**Figura No 3.4. Líneas en servicio telefonía pública** Fuente: OSIPTEL  
Fuente: OSIPTEL      Elaboración: Propia

De los indicadores estadísticos brindados por OSIPTEL se encuentra 520 29 líneas instaladas en el departamento de Loreto para el servicio de telefonía móvil, fija y TUPs; además de la demanda del servicio de internet.

Asimismo, se debe estimar las proyecciones económicas para los siguientes años para el departamento de Loreto y estimar el crecimiento de la demanda de nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones.

#### 3.4 Diseño de la red de radioenlaces

El diseño del enlace se divide en dos partes, el diseño de propagación y el diseño del sistema. En el primero se debe especificar la ruta, para ello se utilizan cartas

topográficas y se realiza un estudio de sitio de los posibles lugares en donde se colocaran las estaciones. Se elige el tipo de antena y polarización, así como las características de propagación de la trayectoria y el método para reducir los desvanecimientos.

En el diseño de sistema se especifica todos los parámetros de operación: la dimensión de la transmisión, el tipo de comunicación, tipo de modulación, cálculos de pérdidas, calculo de ruido, nivel de recepción, etc. Para garantizar la factibilidad de un enlace se debe realizar un cálculo teórico de propagación, a fin de determinar el margen del sistema ante posibles pérdidas de señal y su disponibilidad según las recomendaciones internacionales.

A continuación se describen algunos conceptos a considerar para realizar un buen diseño.

#### **3.4.1 Cálculo de la visibilidad**

El cálculo de la visibilidad se realizará a efecto de verificar las condiciones de despejamiento del haz de microondas sobre la traza del radioenlace. En este punto definimos las alturas de las antenas en ambos extremos, los cuales surgen de la combinación de los criterios de visibilidad y reflexión que puede producirse de acuerdo al tipo de terreno. Se efectúan las estimaciones con distintos factores de corrección del radio terrestre K de manera de simular el comportamiento del enlace en situaciones menos probables.

#### **3.4.2 Cálculo del enlace**

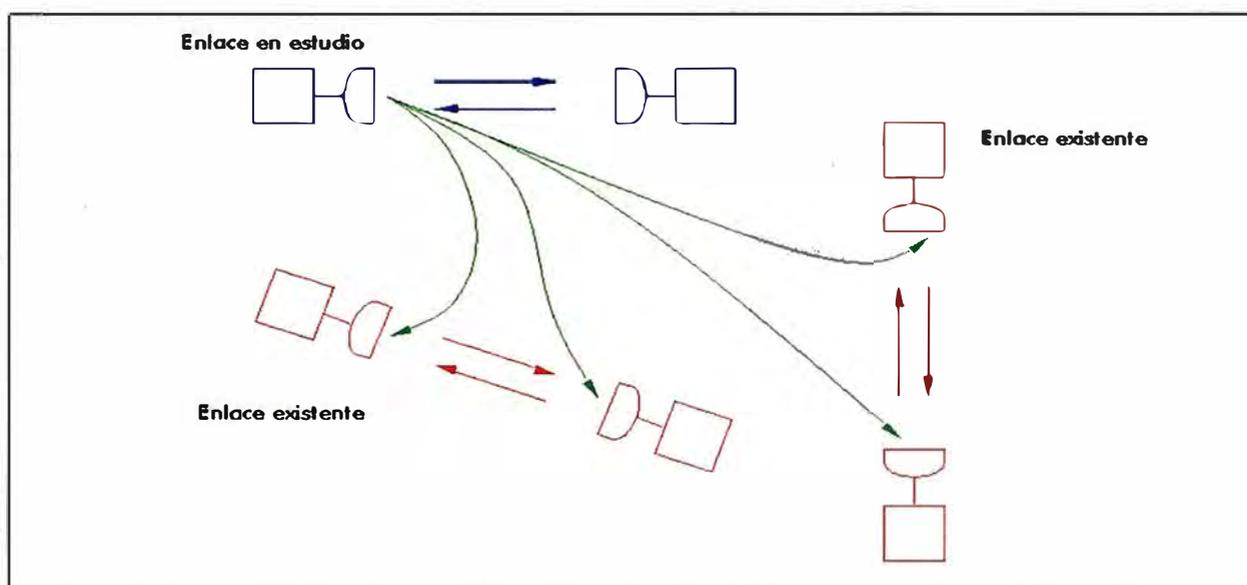
Consiste en estimar la potencia recibida en la entrada del receptor en función de los distintos parámetros como pueden ser la potencia de transmisión, ganancia de las antenas, pérdidas en alimentadores, coeficientes de rugosidad y clima, etc., y compararla con el umbral de los equipos escogidos a efectos de determinar el margen de desvanecimiento.

#### **3.4.3 Cálculo de indisponibilidad por lluvia**

Este cálculo se realiza de acuerdo a la recomendación de la ITU. Con la intensidad de lluvia en mm/h y la polarización, se obtiene la atenuación por km que luego se corrige por factor distancia. Esta atenuación se compara con el margen umbral y se obtiene la probabilidad que el enlace queda fuera de servicio por lluvia, es decir se obtiene un SES debido a la atenuación por lluvia.

### 3.4.4 Cálculo de interferencia y planificación de frecuencia

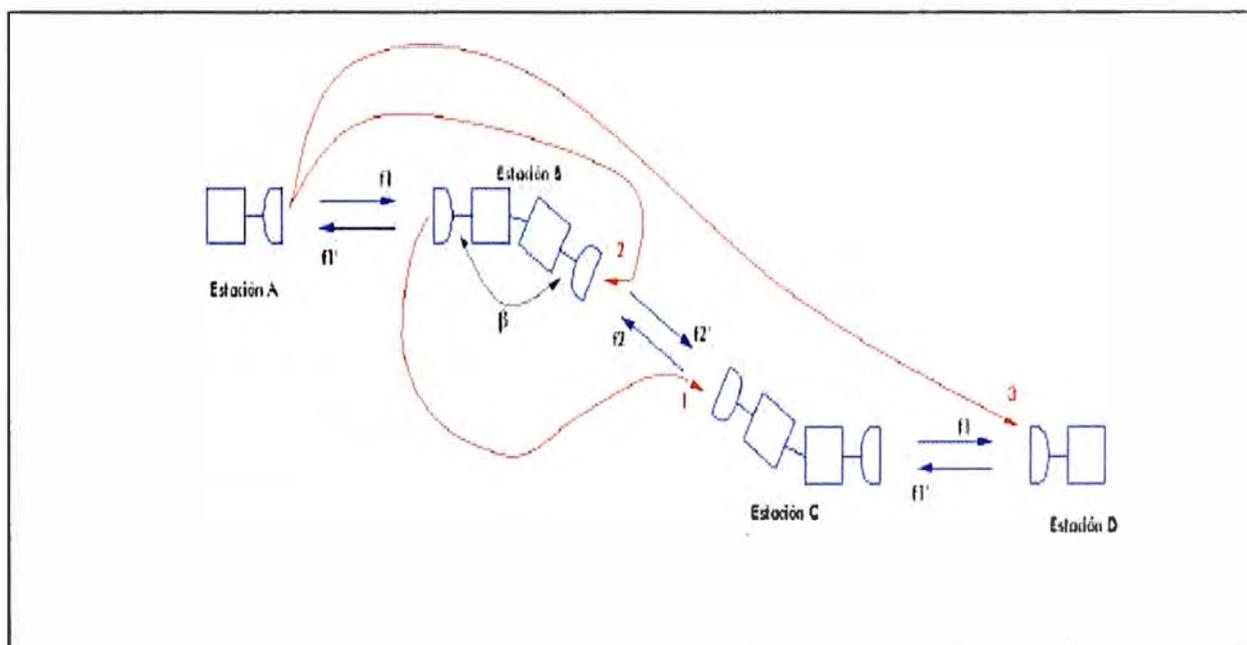
El cálculo de interferencia es la realización de "n" cálculos de enlaces entre las estaciones nuevas a instalar con los enlaces existentes en la zona o sobre la misma red. En este tipo de cálculo se toma en cuenta la discriminación angular de las antenas y las características de filtrados de los equipos; cuanto mas alejado en distancia y frecuencia se encuentren los enlaces, menor será el nivel interferente, ver Figura No 3.5.



**Figura No 3.5. Interferencia entre radioenlaces.**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente



**Figura No 3.6. Interferencia entre radioenlaces.**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

En el caso marcado como 1, la potencia de Tx de la estación B hacia A, se dirige a la estación C, sufriendo la discriminación angular  $\beta$  en la antena transmisora. La señal

interferente  $f_1'$  recorre el mismo trayecto que la señal útil  $f_2'$ , si bien existe una descorrelación entre  $f_1'$  y  $f_2'$ , los desvanecimientos que se producen sobre la señal  $f_2'$  también suceden para la señal  $f_1'$ , ver Figura No 3.6.

En el caso 2, la señal interferente  $f_1$  de la estación A ingresa al receptor de la estación B hacia C, sufriendo la discriminación de la antena receptora en  $\beta$  grados. En este caso la señal  $f_2$  y la señal  $f_1$ , recorren diferentes trayectos y por lo tanto la descorrelación entre ellas es alta.

En el caso 3 la señal interferente  $f_1$  de la estación A, interfiere al receptor de la estación D. Esta situación es mas peligrosa cuanto mas alineados estén los saltos (ángulos de discriminación cercanos a cero).

Hay un cuarto tipo de interferencia que se produce en los sistemas en configuración N+1. Las portadoras de un canal, se interfieren con las del canal adyacente. En esta situación la única protección es la característica de filtrado de los equipos.

#### **3.4.5 Control automático de potencia (ATPC)**

Algunos equipos de radio disponen de esta facilidad, particularmente los equipos de alta capacidad. Este dispositivo permite ajustar la potencia de Tx en la medida que se necesite. Generalmente, menos del 1% de tiempo se requiere la máxima potencia, en el tiempo restante, las condiciones de propagación permiten el trabajo de los transmisores con menor potencia. E ATPC permite reducir la potencia innecesaria entre 10-20 db considerando que en la mayoría de los equipos la potencia de Tx crece hasta 100db/s hasta el valor máximo durante los periodos de desvanecimiento.

#### **3.4.6 Técnica de re-uso de frecuencias**

En las antenas de doble polarización se definen, además de los vistos, otros 2 parámetros: La discriminación por polarización cruzada (XPD), y la aislación por polarización cruzada (XPI), valores típicos están en el rango de 30–40 dB. Este desacoplamiento por utilización de distinta polarización permite un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico mediante la utilización de re-uso de frecuencia. La misma consiste en enviar la misma información sobre el mismo canal de RF pero en polarización cruzada, la cual permite duplicar la capacidad de bandas de frecuencia.

#### **3.4.7 Asignación de frecuencias**

De acuerdo a las recomendaciones de la ITU. Para el tipo de clima de la zona del departamento de Loreto (alta temperatura y humedad) es recomendable el uso de bajas

frecuencias, pues éstas son más resistentes a desvanecimientos debido a variaciones de temperatura, además que permite la implementación de cálculos de mayor distancia. Se debe de determinar el ancho de banda necesario mediante el teorema de Nyquist, el cual establece que una señal limitada en banda con un ancho de banda  $B$ , queda definida mediante sus muestras tomadas a una frecuencia  $F_s=2B$ .

Si deseamos transmitir una señal STM-1 entonces el ancho de banda necesario se obtiene de:

**Datos:**

Net bit rate (Mb/s) = 155.5

Redundancia (%) = 13, 7

Modulación= 128 QAM

Roll Off= 0, 2

**Cálculos:**

Gross bit rate (Mb/s) = 176, 83

Niveles de modulación = 7

Symbol rate (MB/s) = 25,26

Ancho de banda (MHz) =  $25,26 (1 + 0.2) = 30,3$  MHz.

Para el diseño se ha elegido el rango de frecuencia comprendido entre 6460 MHz – 7080 MHz, la cual tiene como frecuencia central los 6770 MHz, la cual se utilizará en los cálculos de propagación, ver Tabla No 3.1.

Número de canal de RF	Mitad inferior de la banda	Mitad superior de la banda
1	6460	6800
2	6500	6840
3	6540	6880
4	6580	6920
5	6620	6960
6	6660	7000
7	6700	7040
8	6740	7080

**Tabla No 3.1 Frecuencias para uso del diseño**

Fuente: MTC Elaboración: Editado de la fuente

### 3.4.8 Calidad y disponibilidad

De acuerdo a los conceptos de calidad y disponibilidad. Habitualmente se solicita que los enlaces (independiente del medio) cumplan con ciertos objetivos.

Se tienen recomendaciones como la G.821, G.826, G.828 y G.829 donde se definen parámetros y objetivos de características de error para trayectos digitales internacionales.

Un bloque se define como un conjunto de bits consecutivos asociados con el trayecto, cada uno de los bits pertenece solamente a un bloque.

Definición de eventos:

**Segundo errado (ES):** Periodo de un segundo con uno o más bloques errados o al menos un defecto.

**Segundo severamente errado (SES):** Periodo de un segundo el cual contiene el 30% o más de bloques errados, o al menos un defecto.

**Bloque errado (EB):** Un bloque en el cual uno o más bits están errados.

**Error de bloque de fondo (BBE):** Bloque errado que no se encuentra dentro de un segundo severamente errado (SES).

Parámetros:

**Tasa de segundos errados (ESR):** Relación de ES al total de segundos disponibles en un determinado tiempo fijo de medición.

**Tasa de segundos severamente errados (SESR):** Relación de SES al total de segundos disponibles en un determinado tiempo fijo de medición.

**Tasa de error de bloque de fondo (BBER):** Es la relación de BBE al total de bloques disponibles en un intervalo de medición.

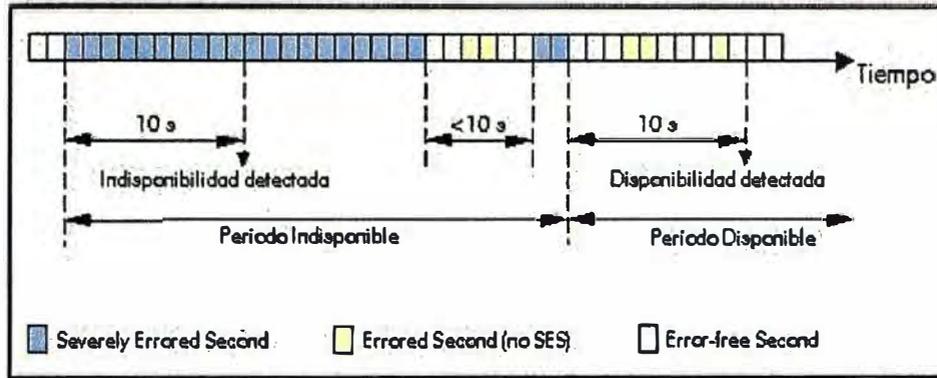
#### a) Disponibilidad

Por disponibilidad se entiende a los parámetros relacionados con el funcionamiento o no de los enlaces. Es decir, un enlace se encuentra indisponible cuando está cortado.

Los objetivos de disponibilidad se evalúan en periodos de tiempo de un año a más. Situaciones típicas de indisponibilidad son cortes producidos por falla de las unidades o producidos por lluvias intensas.

Criterio para una dirección:

- Un periodo de tiempo indisponible es aquel que comienza con 10 SES consecutivos.
- Un nuevo periodo de tiempo disponible comienza cuando se verifican 10 segundos consecutivos sin SES: Estos 10 segundos forman parte de un periodo disponible.
- Un salto bidireccional está en estado indisponible si en una o en ambas direcciones está indisponible, ver Figura No 3.7.



**Figura No 3.7. Definición de indisponibilidad**

Fuente: Manual de Ingeniería de radioenlaces

Elaboración: Editado de la fuente

## b) Calidad

Por calidad se entiende a todos los parámetros que están relacionados con la degradación de la señal. El periodo de tiempo en el cual se evalúan los objetivos de calidad es de un mes (generalmente se hace referencia al mes de menor calidad). Es decir Calidad se relaciona con la degradación de la señal.

La recomendación M.2101 define los límites de calidad de funcionamiento para la puesta en servicio y el mantenimiento de trayectos y secciones múltiples internacionales SDH a fin de alcanzar los objetivos de calidad de funcionamiento establecidos para un entorno multiservicios. Estos objetivos incluyen características de error G.826, temporización G.822 y disponibilidad G.827.

El objetivo de extremo a extremo para un trayecto digital hipotético de referencia (HDPR) de 27500 km a la velocidad STM-1 especificado en las normas citadas es el siguiente:

- ESR: 16%
- SERS: 0.2%
- BBER: 0.02%

Estas recomendaciones tienen por objeto proporcionar límites para la puesta en servicio y el mantenimiento de trayectos, secciones y sistemas de transmisión digital a fin de alcanzar los objetivos de calidad de funcionamiento establecidos para un entorno multiservicio. En la práctica, es muy difícil para los operadores de redes especificar el prorrateo de objetivos para los saltos individuales desde que la mayoría de las redes se desarrollaron y crecieron con el tiempo; lo cual hace muy difícil saber qué disponibilidad ofrecer. La práctica en la industria ha interpretado los objetivos como sigue:

- Lluvia: disponibilidad del enlace de 99,99%.
- Difracción: un valor mínimo de K especificado para un 99,99%.
- Ducting: Ignorado excepto en áreas de alto riesgo.

Se desea diseñar la red de acuerdo a estas normas, no obstante la presunción de prorrateo o el rango de parámetros dentro de esas reglas raramente son especificados, por lo que, necesitan hacerse razonables presunciones. La real condición de un trayecto hipotético rara vez se presentará en redes reales. Entonces se necesita considerar el tipo de servicio que será proporcionado y la calidad del servicio alternativo frente al cual se comparará el nuevo servicio. Es debido a esto y con miras a establecer los objetivos que se asume como 1% de los objetivos de extremo a extremo.

Considerando los parámetros y tomando como punto de partida los conceptos para el diseño se escogen los puntos en base a mapas cartográficos, accesibilidad, etc. Además, considerando la actual configuración de la red Nacional de Microondas, se planteará una ruta posible para llegar a la ciudad de Iquitos, capital del departamento de Loreto.

Se debe tener en cuenta que actualmente en las ciudades de Rioja, Morales, Tarapoto se tiene routers que permiten la conexión a la red nacional, además en la ciudad de Yurimaguas existe un punto SDH, partiendo de esta situación final se planificará las posibles rutas de los radioenlaces hasta Iquitos.

#### **3.4.9 Planteamiento de la ruta**

En base a la información del terreno del departamento de Loreto y aplicado al software PATHLOSS, se plantea una ruta para llegar a la ciudad de Iquitos. Se considera como punto de partida la ciudad de Yurimaguas donde actualmente se tiene un punto de la red SDH que permitirá integrar la red a diseñar a la red nacional.

Se están considerando enlaces de 20 km en promedio para minimizar los efectos climatológicos del departamento. Asimismo, con el objeto de mantener una alta calidad en la transmisión, se adopta un sistema de diversidad de espacio en toda la ruta. Se procederá a realizar los cálculos del enlace para compararlos con la información obtenida con el software PATHLOSS, ver Figura No 3.8 y Tabla No 3.2.

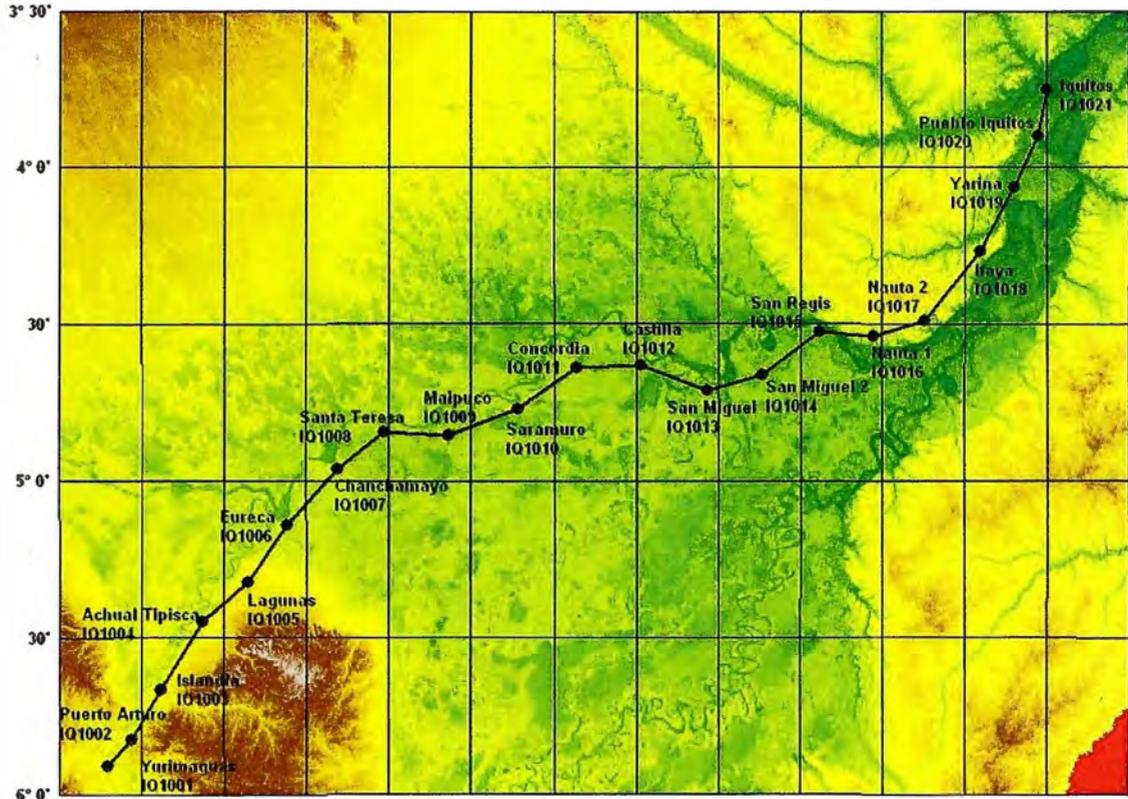


Figura No 3.8. Ruta del diseño

Fuente: Software Pathloss

Elaboración: Editado de la fuente

Site	Latitud	Longitud	Elevación (m)
Yurimaguas	5°54'26.73"S	76° 6'11.46"O	133.27
Puerto Arturo	5°49'23.10"S	76° 1'56.77"O	173.04
Islandia	5°39'55.27"S	75°56'31.43"O	129.39
Achual Tipisca	5°27'2.35"S	75°48'55.99"O	124.14
Lagunas	5°19'19.91"S	75°40'44.36"O	153.31
Eureka	5° 8'31.85"S	75°33'32.26"O	125
Chanchamayo	4°57'40.37"S	75°24'16.84"O	128.54
Santa Teresa	4°50'29.68"S	75°15'54.03"O	128.74
Maipuco	4°51'13.67"S	75° 4'6.60"O	126.93
Saramuro	4°46'11.70"S	74°51'32.69"O	120.38
Concordia	4°38'26.13"S	74°40'58.58"O	121.08
Castilla	4°38'3.34"S	74°29'19.92"O	116.26
San Miguel	4°42'41.78"S	74°17'12.05"O	105.89
San Miguel 2	4°39'42.88"S	74° 7'5.22"O	115.74
San Regis	4°31'36.15"S	73°56'36.30"O	103.75
Nauta 1	4°32'18.11"S	73°46'30.99"O	129
Nauta 2	4°29'29.59"S	73°37'8.05"O	103.86
Itaya	4°15'59.98"S	73°27'8.05"O	132.07
Yarina	4° 3'56.71"S	73°20'55.42"O	107
Pueblo Iquitos	3°53'53.24"S	73°16'40.62"O	106.05
Iquitos	3°44'57.05"S	73°14'59.85"O	93.04

Tabla No 3.2 Puntos del diseño

Fuente: Googleearth

Elaboración: Propia

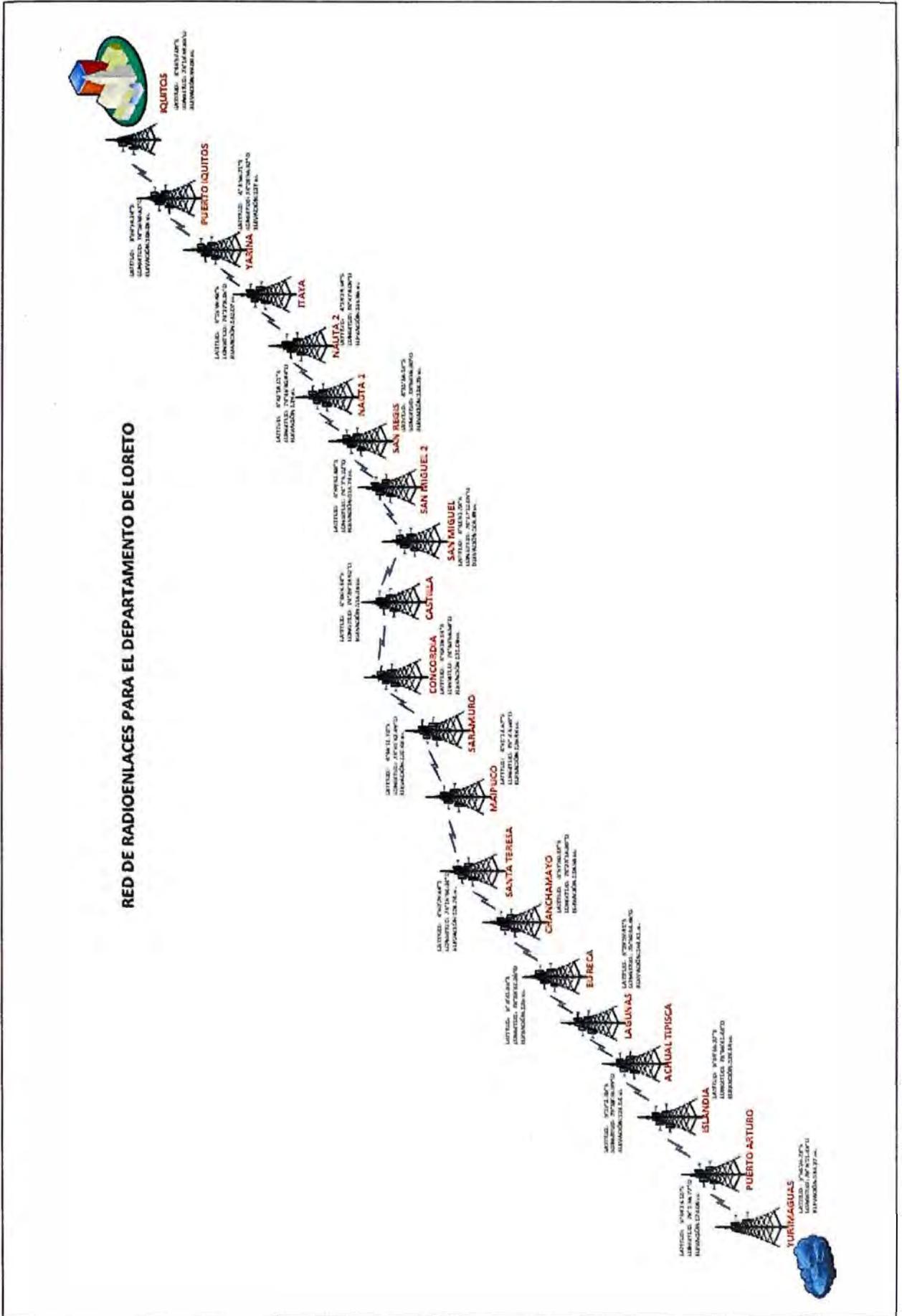


Figura No 3.9 Ruta del diseño

En base a la ruta propuesta, con ayuda del software Googleearth, se escogieron los puntos en los cuales correspondería instalar las estaciones, para lo cual se observó la vista de perfil de cada enlace y de acuerdo a ello se escogieron los puntos más óptimos. En esta parte analizaremos el enlace Yurimaguas – Puerto Arturo, el detalle de los demás enlaces constaran en los anexos del presente informe.

### a) Análisis del enlace Yurimaguas – Puerto Arturo

Se usarán equipos terminales en todas las estaciones con configuraciones 3+1 para asegurar la calidad y disponibilidad, además de utilizar la diversidad de espacio.

- i. Alturas de las antenas.
  - Yurimaguas: 57 metros.
  - Puerto Arturo: 62 metros.
  
- ii. Longitud del alimentador (Guía de onda)
  - Alimentador Yurimaguas: 77 metros.
  - Alimentador Puerto Arturo: 82 metros.
  
- iii. Pérdidas en los alimentadores, pérdidas del circuito de derivación y pérdidas del espacio libre.
  - $L_{Yurimaguas} = 77 \times (4.58/100) = 3.526 \text{ dB}$ .
  - $L_{Puerto\ Arturo} = 82 \times (4.58/100) = 3.755 \text{ dB}$ .
  - $L_{Branching} = 7.1 \text{ dB}$ .
  - $L = 92.4 + 20 \log (6.77 \times 12.2) = 130.7389 \text{ dB}$ .
  - $L_{Otros} = 4 \text{ dB}$  (conectores, etc).
  - $L_{Total} = 130.7389 + 7.1 + 3.526 + 3.755 + 4 = 149.1199 \text{ dB}$ .
  
- iv. Tipo de antena y ganancia
  - Yurimaguas: HPX8-65-D1M (diámetro=2.4 metros) –  $G_a = 42 \text{ dBi}$ .
  - Puerto Arturo: HPX8-65-D1M (diámetro=2.4 metros) –  $G_a = 42 \text{ dBi}$ .
  - $G_{Total} = 42 \times 2 = 84 \text{ dBi}$ .
  
- v. Distancia del salto
  - $d = 12.2 \text{ Km}$ .
  - Superficie húmeda
  
- vi. Parámetros de la radio.

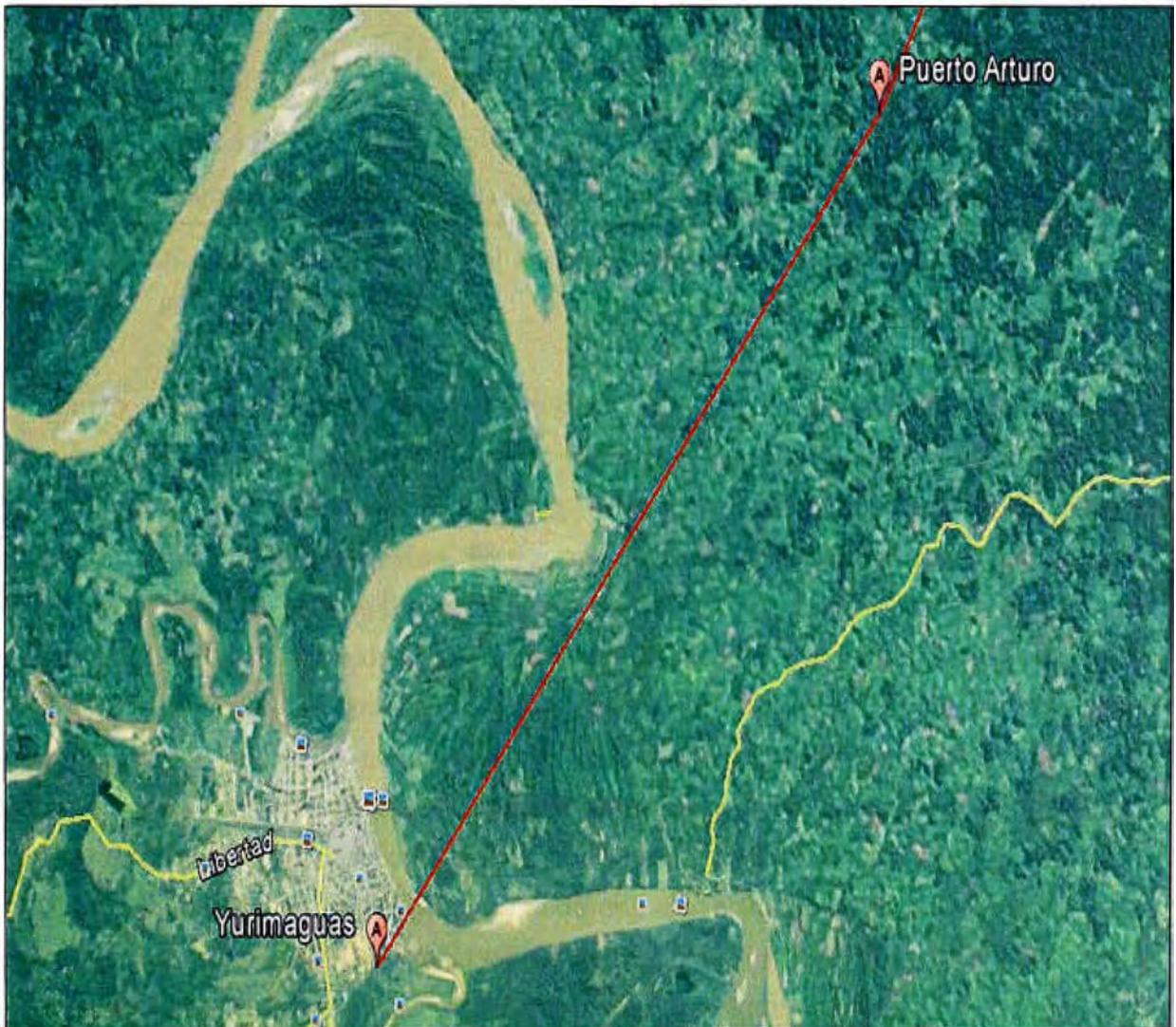
- $P_{Tx} = 32\text{dB}$ .
- Nivel umbral:  $-72\text{ dBm}$

vii. Niveles de recepción.

- $P_{Rx} = G_{Total} + P_{Tx} - L_{Total} = 84 + 32 - 149.1199 = -33,1199$
- Margen de desvanecimiento  $> 30\text{dB} = P_{Rx} - \text{Nivel umbral} = -33,1207 - (-72) = 36.88.01\text{ dB}$ .

### b) Simulación del enlace Yurimaguas – Puerto Arturo mediante el software PATHLOSS.

Luego de escogidos los puntos, con la información del terreno en archivos, estos se cargaron en el software PATHLOSS y se realizaron los perfiles de los radioenlaces.

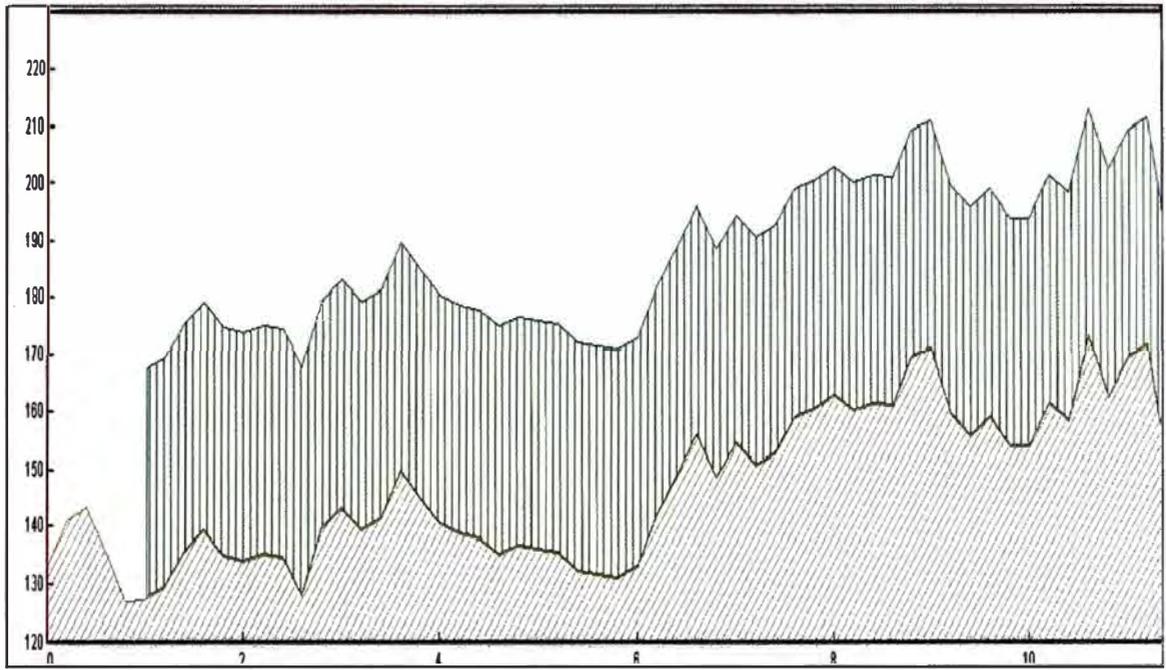


**Figura No 3.10. Enlace Yurimaguas – Puerto Arturo con Googleearth**

Fuente: Googleearth Elaboración: Editado de la fuente

Para obtener el enlace Yurimaguas – Puerto Arturo, se procedió a ingresar las

coordenadas (latitud y longitud) de cada punto escogido mediante el software Googleearth en el software PATHLOSS y se genera el siguiente perfil. Para este caso en análisis se determinó el perfil para el enlace Yurimaguas – Puerto Arturo, ver Figura No 3.10 y Figura No 3.11.



**Figura No 3.11. Perfil del enlace Yurimaguas – Puerto Arturo**

Fuente: Software Pathloss

Elaboración: Editado de la fuente

Como se mencionó en las recomendaciones de diseño se están considerando arboles de altura de 40 metros para evitar cualquier obstrucción, y los puntos escogidos para formar el perfil se toman cada 0.2 km, también se están considerando los tipos de suelo por el cual pasará el enlace. Es así que se observa que en el tramo comprendido entre los 600 – 1000 metros desde el punto Yurimaguas se tiene que pasar por un río y después de ello se considera el factor de las alturas de los árboles. Con esta información preliminar se obtiene el siguiente reporte inicial, en el cual solo se obtiene las elevaciones por las cuales pasa el enlace, las superficies y considera las alturas de las antenas en las cuales se podría tener una línea de vista sin obstrucción, cabe indicar que con estas alturas no se está considerando los efectos de desvanecimiento.

Luego de obtener el perfil inicial, procedemos a considerar el equipamiento a utilizar, entre las que se encuentran las antenas, la radio SDH (LSY 9600), guías de ondas, conectores, etc. El software permite ingresar las pérdidas en cada componente, esta información se obtiene de los datasheet de cada uno. También se está considerando la región de precipitación considerado para el departamento de Loreto (N), las antenas de diversidad y la asignación de las frecuencias, ver Figura No 3.13.

	Yurimaguas	Puerto Arturo
Sigla	IQ1001	IQ1002
Código de Estación	IQ1001	IQ1002
Estado / Provincia	PERU - LORETO	PERU - LORETO
Latitud	05 54 26.73 S	05 49 23.10 S
Longitud	076 06 11.46 W	076 01 56.77 W
Azimuth Verdadero (°)	040 02 00.83	220 01 34.81
Distancia Calculada (km)		12.181
Distancia del Perfil (km)		12.181
Datum		WGS 1984
Zona UTM	18S	18S
Easting (km)	377.883	385.698
Northing (km)	9346.908	9356.248
Elevación (m)	133.27	173.04

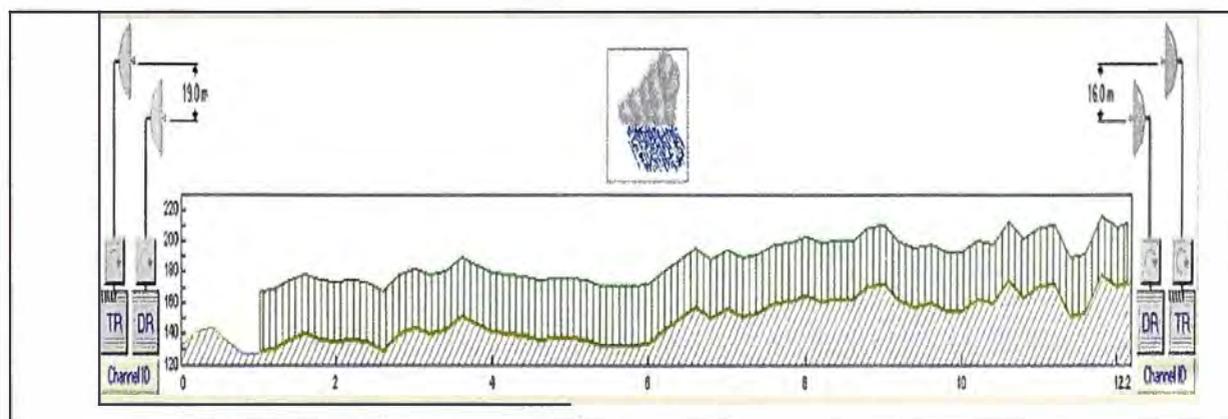
Distancia (km)	Elevación (m)	Suelo	Estructura (m)
0.000	133.27	TP	
0.200	141.09	TP	
0.400	143.41	TP	
0.600	135.51	AF	
0.800	126.93	AF	
	127.25	AF	
	127.47	TP	40.0 m Árbol - Comienzo de Rango
	129.45	TP	
	135.26	TP	
	139.09	TP	
	134.70	TP	
	134.00	TP	
	135.18	TP	
	134.57	TP	
	128.03	TP	
	139.47	TP	
	143.16	TP	
	139.35	TP	
	141.40	TP	
	149.78	TP	
	144.90	TP	
	140.50	TP	
	138.50	TP	
	137.84	TP	
	135.19	TP	
	136.49	TP	
	136.03	TP	
	135.24	TP	
	132.09	TP	
	131.52	TP	
	131.01	TP	
	132.88	TP	
	141.94	TP	
	148.69	TP	

**Pathloss** Datos del Terreno - Yurimaguas-Puerto Arturo.pl4 vie. dic 28 2012  
Page 2 of 2

6.600	155.82	TP	
6.800	148.44	TP	
7.000	154.30	TP	
7.200	150.43	TP	
7.400	152.72	TP	
7.600	158.76	TP	
7.800	160.31	TP	
8.000	162.84	TP	
8.200	160.12	TP	
8.400	161.43	TP	
8.600	161.06	TP	
8.800	169.26	TP	
9.000	170.74	TP	
9.200	159.39	TP	
9.400	155.68	TP	
9.600	158.86	TP	
9.800	153.76	TP	
10.000	153.98	TP	
10.200	161.26	TP	
10.400	158.33	TP	
10.600	172.83	TP	
10.800	162.34	TP	
11.000	169.38	TP	
11.200	171.32	TP	
11.400	150.17	TP	
11.600	152.83	TP	
11.800	176.43	TP	
12.000	169.53	TP	
12.130	172.05	TP	Fin de Rango
12.181	173.04	TP	

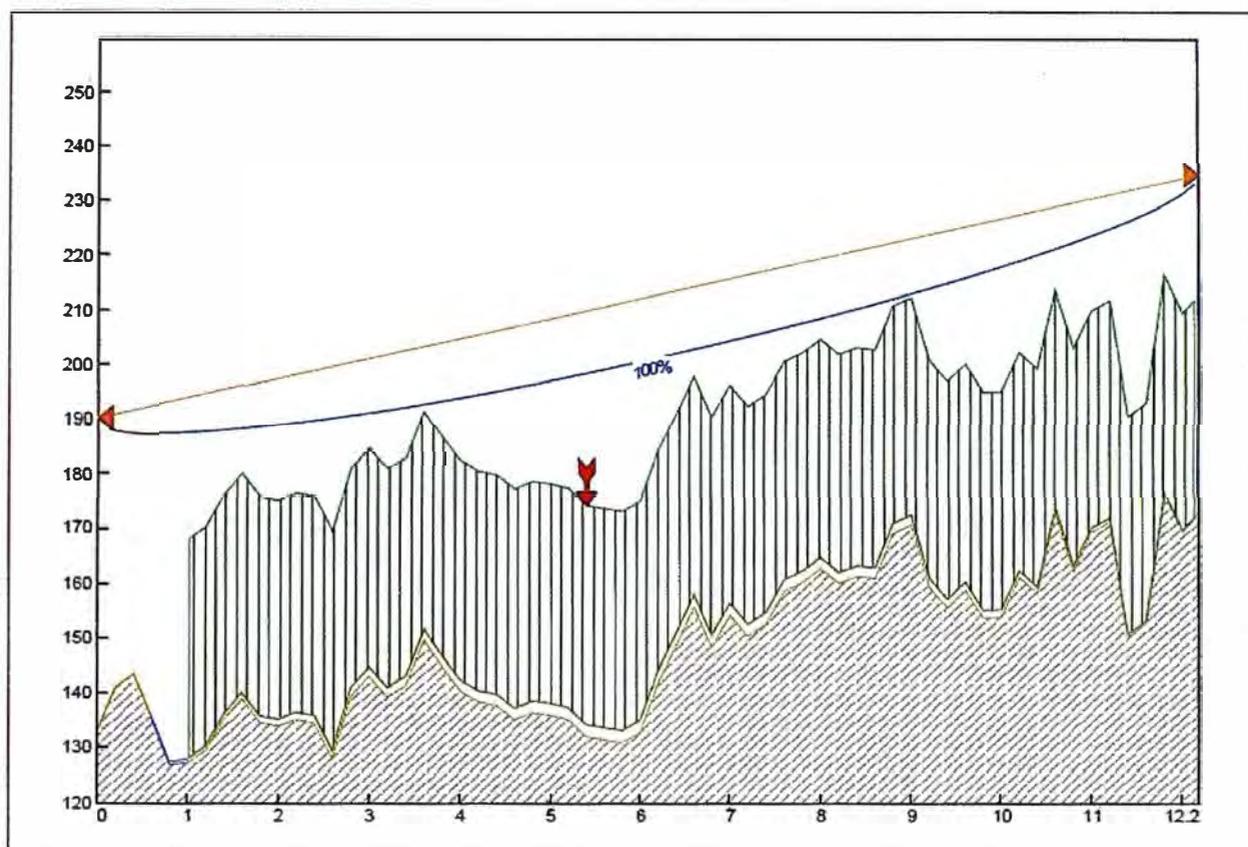
Elevación del Suelo - AMSL, Altura de Antena y Estructura - AGL  
 Tipo de Terreno  
 PB - Pobre, TP - Promedio, TB - Bueno, AF - Agua Fresca, AS - Agua Salada

**Figura No 3.12 Reporte del enlace Yurimaguas – Puerto Arturo**  
 Fuente: Software Pathloss Elaboración: Editado de la fuente



**Figura No 3.13. Enlace Yurimaguas – Puerto Arturo**  
 Fuente: Software Pathloss Elaboración: Editado de la fuente

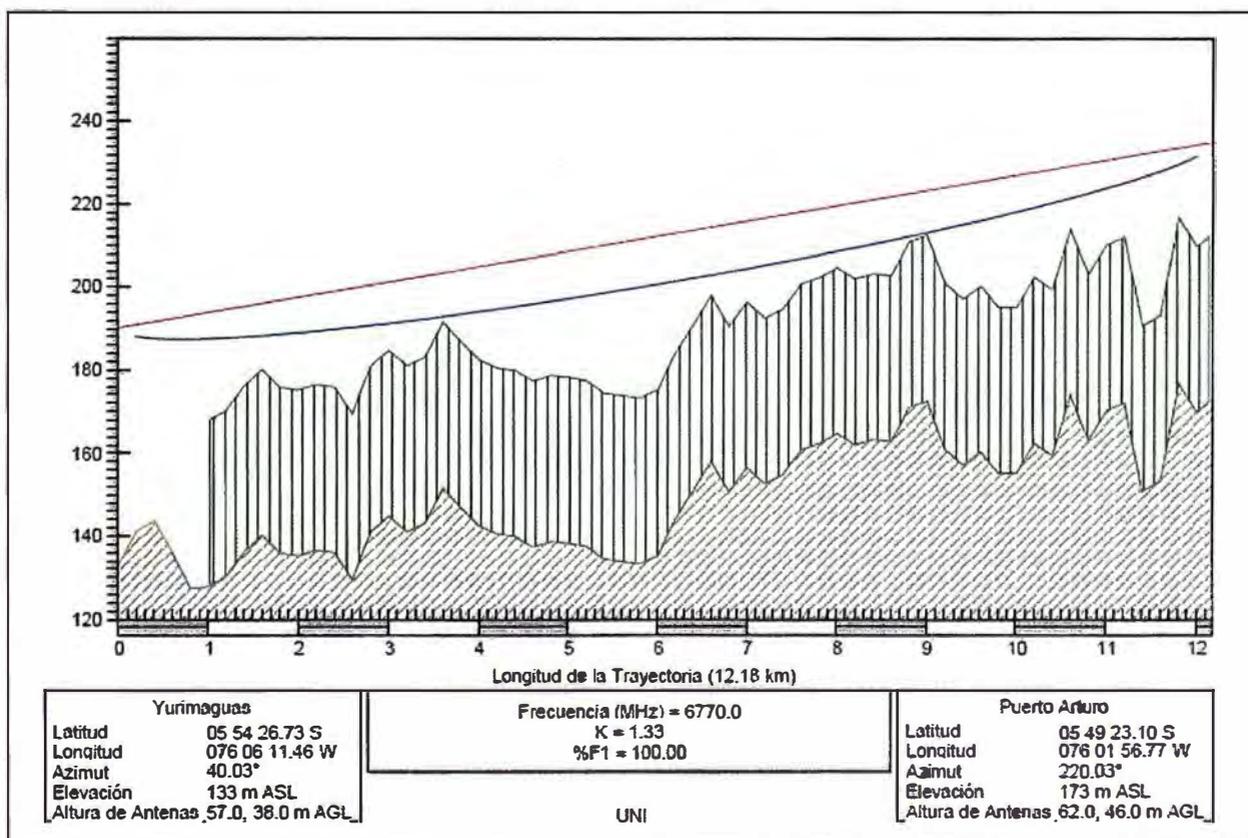
Con toda esta información, el software nos proporcionará la información del punto de reflexión, rugosidad, despejamiento de las zonas de Fresnel, ver Figura No 3.14.



**Figura No 3.14. Primera zona de Fresnel del enlace Yurimaguas – Puerto Arturo**

Fuente: Software Pathloss

Elaboración: Editado de la fuente



**Figura No 3.15. Perfil final del enlace Yurimaguas – Puerto Arturo**

Fuente: Software Pathloss

Elaboración: Editado de la fuente

En base a toda la información introducida en el software y al criterio utilizado para colocar las antenas con diversidad de espacio, se obtiene una gráfica y un reporte final, en este último se puede observar si los parámetros obtenidos se ajustan a lo requerido en los objetivos de calidad y disponibilidad, ver Figura No 3.15 y Figura No 3.16.

	Yurimaguas	Puerto Arturo
Elevación (m)	133.27	173.04
Latitud	05 54 26.73 S	05 49 23.10 S
Longitud	076 06 11.46 W	076 01 56.77 W
Azimuth Verdadero (°)	40.03	220.03
Ángulo Vertical (°)	0.17	-0.25
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	57.00	62.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	77.00	82.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.53	3.76
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Pérdidas en Filtro TX (dB)	0.00	0.00
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	38.00	46.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	58.00	66.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	2.66	3.02
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	12.18	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	130.79	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.11	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	64.89	64.89
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	65.02	65.15
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	64.62	64.39
TX Channels	0 6460.0000V 1 6500.0000V 2 6540.0000V 3 6580.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6920.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-32.89	-32.89

	Yurimaguas	Puerto Arturo
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-33.02	-33.15
Margen de Desv. - Térmico (dB)	39.11	39.11
Margen de Desv. (dB)	11.42	11.42
Margen de Desv. - Plano (dB)	11.41	11.41
Factor Geoclimático	8.86E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	3.68	
Fade occurrence factor (Po)	4.54E-03	
Mejoramiento por Diversidad SD	21.86	21.32
Worst Month SESR	5.62E-06	5.77E-06
(sec)	14.78	15.16
Worst Month Multipath Unavailability	9.37E-06	9.61E-06
(sec)	24.64	25.27
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	39.11	39.11
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	1629.62	1629.62
Atenuación por Lluvia (dB)	39.11	39.11
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	2.69e-17	2.69e-17
Disponibilidad Anual	1.91E-06	1.95E-06
(min)	1.00	1.03

vie. dic 28 2012

Yurimaguas-Puerto Arturo.pl4

Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-7/8

Space Diversity Method Rec. ITU-R P.530-9 IF Combining

Precipitación - ITU-R P530-7

### Figura No 3.16 Reporte final del enlace Yurimaguas – Puerto Arturo

Los cálculos obtenidos del sistema son modelos matemáticos y estadísticos que garantizan el cumplimiento de las especificaciones antes descritas y aseguran la adecuada propagación de las ondas.

#### 3.4.10 Especificaciones técnicas de los equipos

El sistema deberá estar compuesto por una unidad interna y sistema irradiante externa interconectadas por guía de ondas. Además deberá poseer unidades modulares, transmisor, receptor, circuito de derivación, modulador, demodulador, unidad de alimentación, unidad de alarmas y un sistema eléctrico.

##### a) Radio LSY 9600

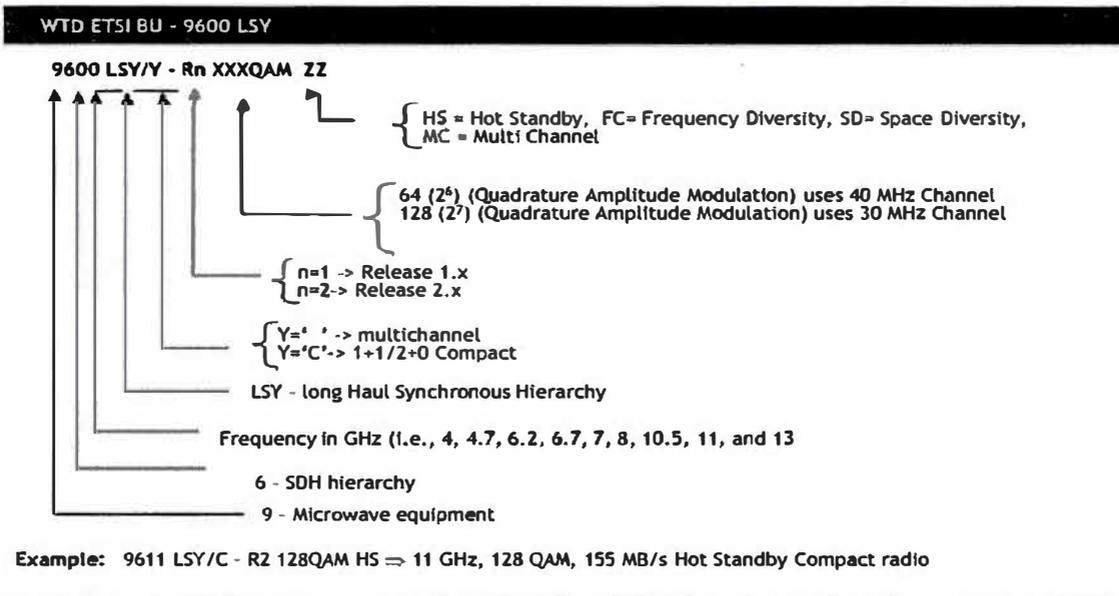
La radio LSY a utilizar en el diseño es adecuada para enlaces de alta capacidad SDH, ver Figuras No 3.17 - 3.20. Se tiene las siguientes características:

- La modulación es de 128 QAM/ 64 QAM.
- Configuración de re-uso de frecuencia disponible.
- Interfaces disponible STM-1 óptico, STM-1 eléctrico.
- Instalación y manejo simplificado de repuestos.

- Reducción de costos de repuestos y reutilización de terminales.
- Gestión, mantenimiento y planeamiento simplificado.
- Fácil procedimiento de ampliación evitando corte de tráfico.
- Configuraciones flexibles para evitar cualquier complejidad.

## 9600 LSY Product Naming

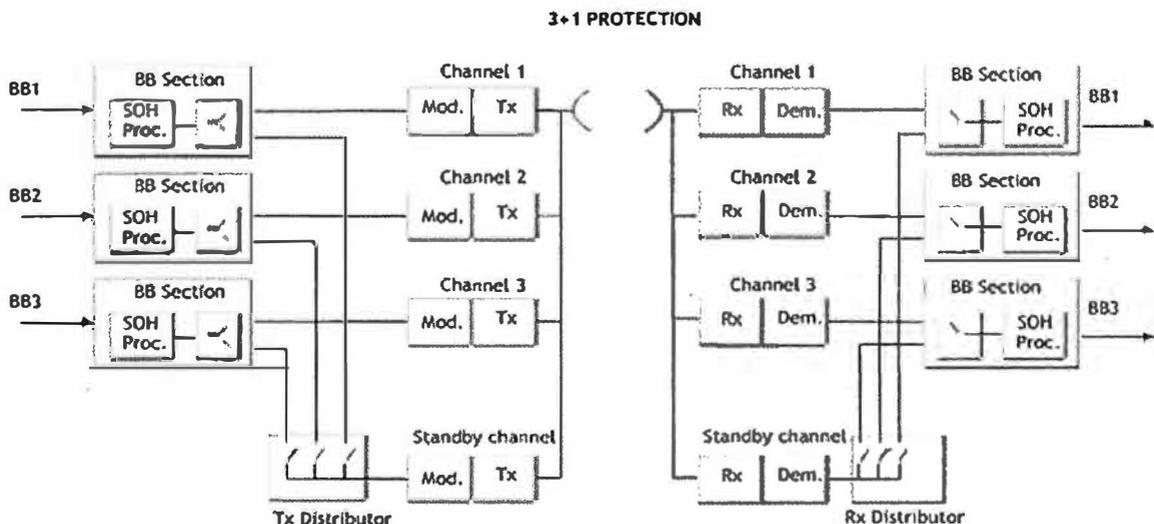
Product Naming Conventions to be used in all internal and external communications



**Figura No 3.17. Radio LSY 9600 - Alcatel**

Fuente: Radio Long Haul 9600 LSY      Elaboración: Editado de la fuente

## N+1 Protection block Diagram (N=3)

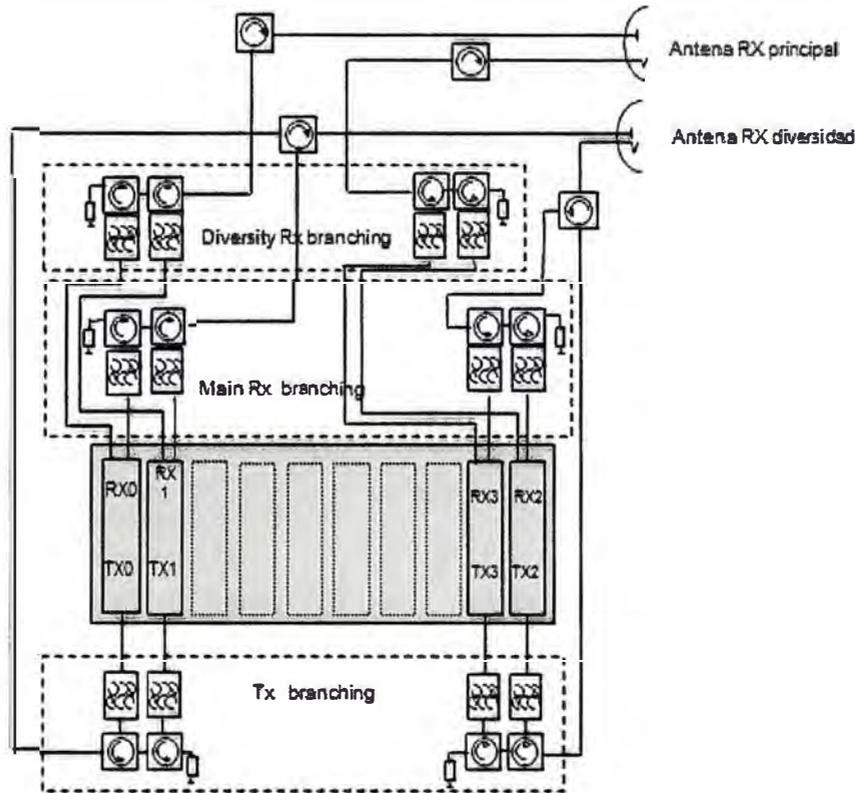


**Figura No 3.18. Configuración circuito 3 + 1**

Fuente: Radio Long Haul 9600 LSY

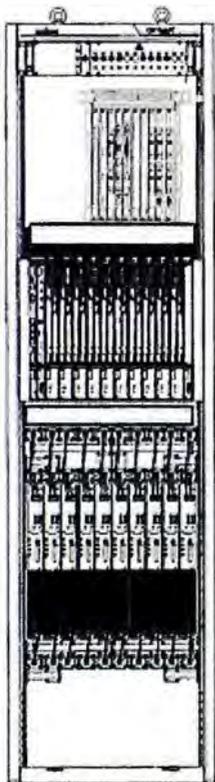
Elaboración: Editado de la fuente

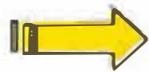
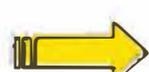
**Configuración 3+1 con diversidad de espacio**



**Figura No 3.19. Configuración circuito 3 + 1 con diversidad**  
 Fuente: Radio Long Haul 9600 LSY    Elaboración: Editado de la fuente

**9600LSY rack**



-  1650 SM-C (unicamente WMSN)
-  Fan subrack (unicamente WMSN)
-  Baseband subrack
-  Fan subrack
-  Receiver branching
-  Transceiver assembly
-  Transmitter branching

**Figura No 3.20. Radio LSY 9600 - Alcatel**  
 Fuente: Radio Long Haul 9600 LSY    Elaboración: Editado de la fuente

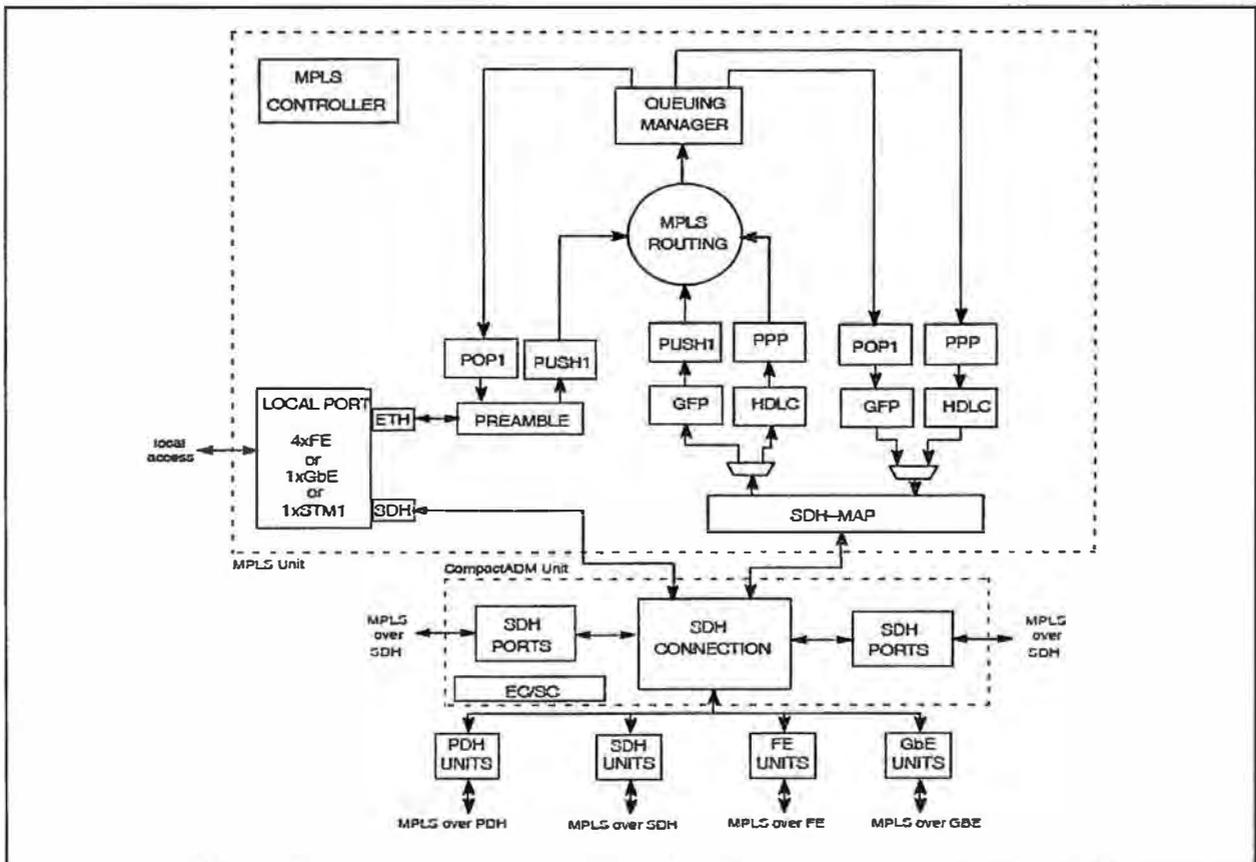
Características eléctricas y mecánicas:

Tensión de +/-48 Vcc +/-20%. La radio necesita una alimentación desde +/-19V y hasta +/-72V. Asimismo se tendrá.

- Protección contra sobre tensiones o baja tensión en la entrada de alimentación.
- Protección contra sobrecargas de tensión o corriente en las salidas del alimentador.
- Protección contra inversión de polaridad en la entrada de alimentación.
- Indicación luminosa del correcto funcionamiento del conversor de alimentación.
- El consumo tiene que ser el menor posible a fin de reducir costos en el sistema de energía.

## b) ADM 1650

El equipo 1650 de Alcatel es un multiplexor de inserción/extracción definido como un módulo de transporte síncrono, nivel 1 STM-1. Los tributarios pueden ser tanto plesiocronos o síncronos. Las unidades tributarias se pueden suministrar con la protección 1+1, N+1 independiente de las unidades utilizadas, ver Figura No 3.21.



**Figura No 3.21. ADM 1650**

Fuente: Radio Long Haul 9600 LSY

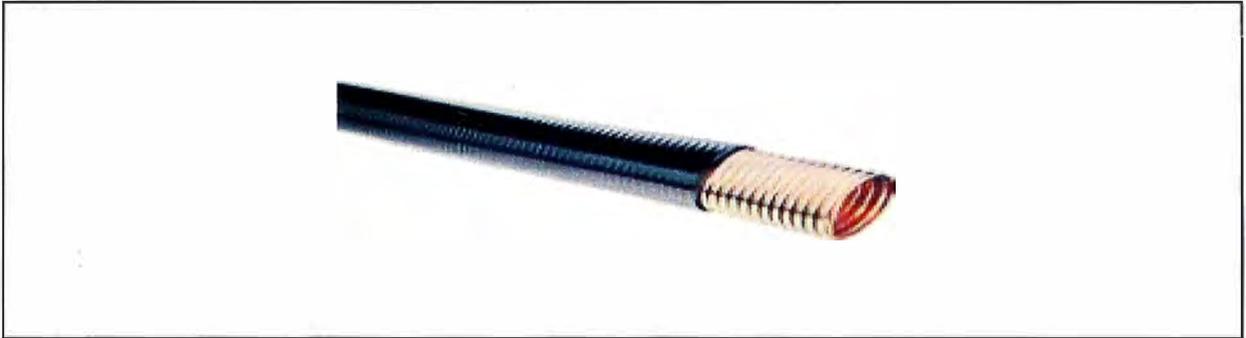
Elaboración: Editado de la fuente

## c) Guía de onda

La guía de onda elíptica HELIAX es el alimentador recomendado para la mayoría de

sistemas de antenas de microondas dentro del rango de frecuencia de 3,4 a 26,5 GHz.

Las paredes de cobre corrugado proporcionan a la guía de onda elíptica HELIAX una excelente resistencia a la compresión y buena flexibilidad. Una envoltura de polietileno negro reforzada brinda protección durante la manipulación e instalación, ver Figura No 3.22.



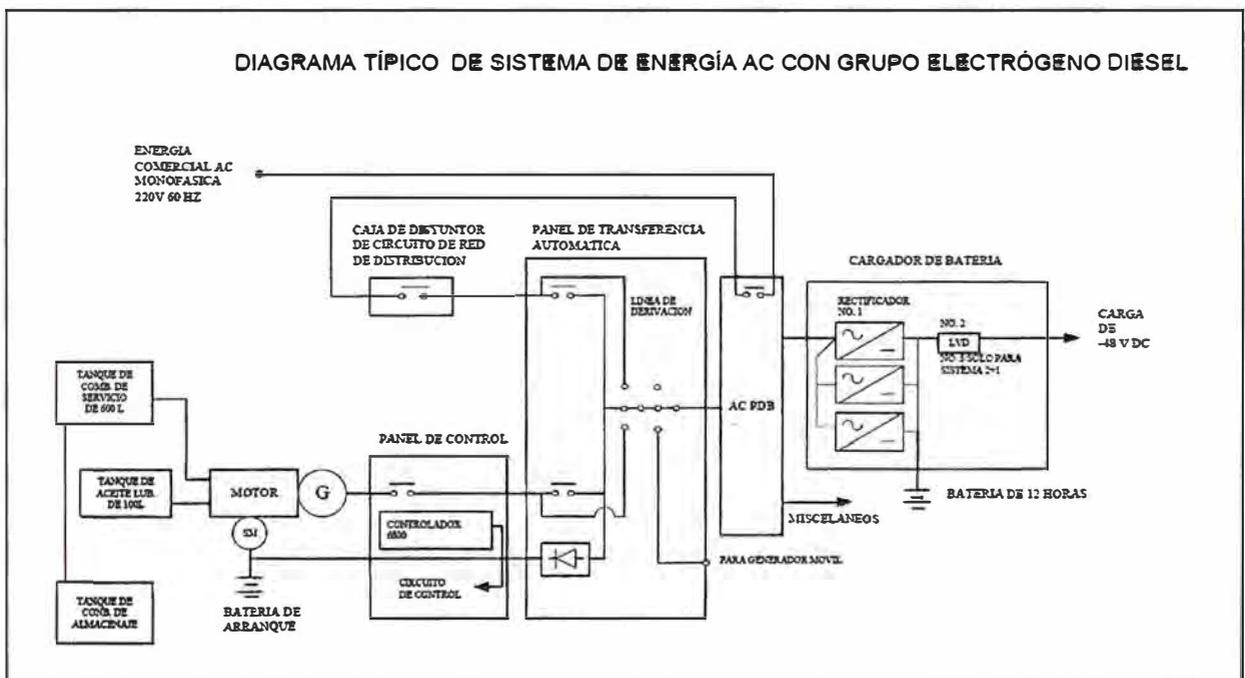
**Figura No 3.22. Guía de onda elíptica**

Fuente: [www.commscope.com/catalog/andrew/](http://www.commscope.com/catalog/andrew/)

Elaboración: Editado de la fuente

### 3.4.11 Sistema de alimentación

Los sistemas de alimentación propuestos se componen de un equipo de alimentación DC derivado de la red AC y con respaldo de un grupo electrógeno Diesel. El cargador rectificador recibe energía de la red AC a través de un panel de transferencia automática y luego suministra energía DC a los equipos. En caso ocurra algún inconveniente con la energía comercial se suministra energía DC a través de las baterías. Simultáneamente, el generador arranca automáticamente y suministra energía al cargador de baterías, ver Figura No 3.23.



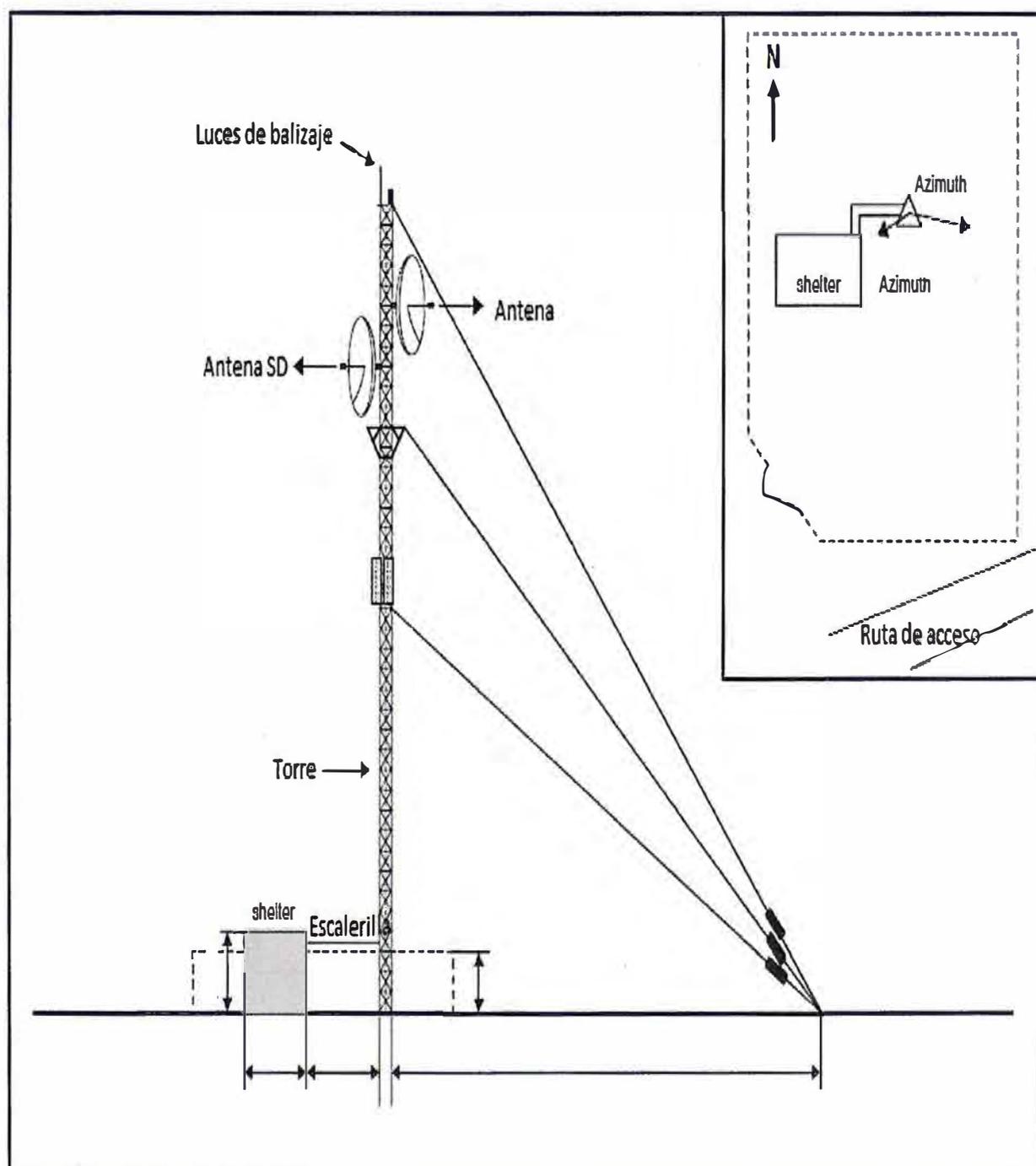
**Figura No 3.23. Sistema de energía**

Fuente: Diseño de un enlace de comunicaciones Loreto

Elaboración: Editado de la fuente

### 3.4.12 Instalación de los equipos

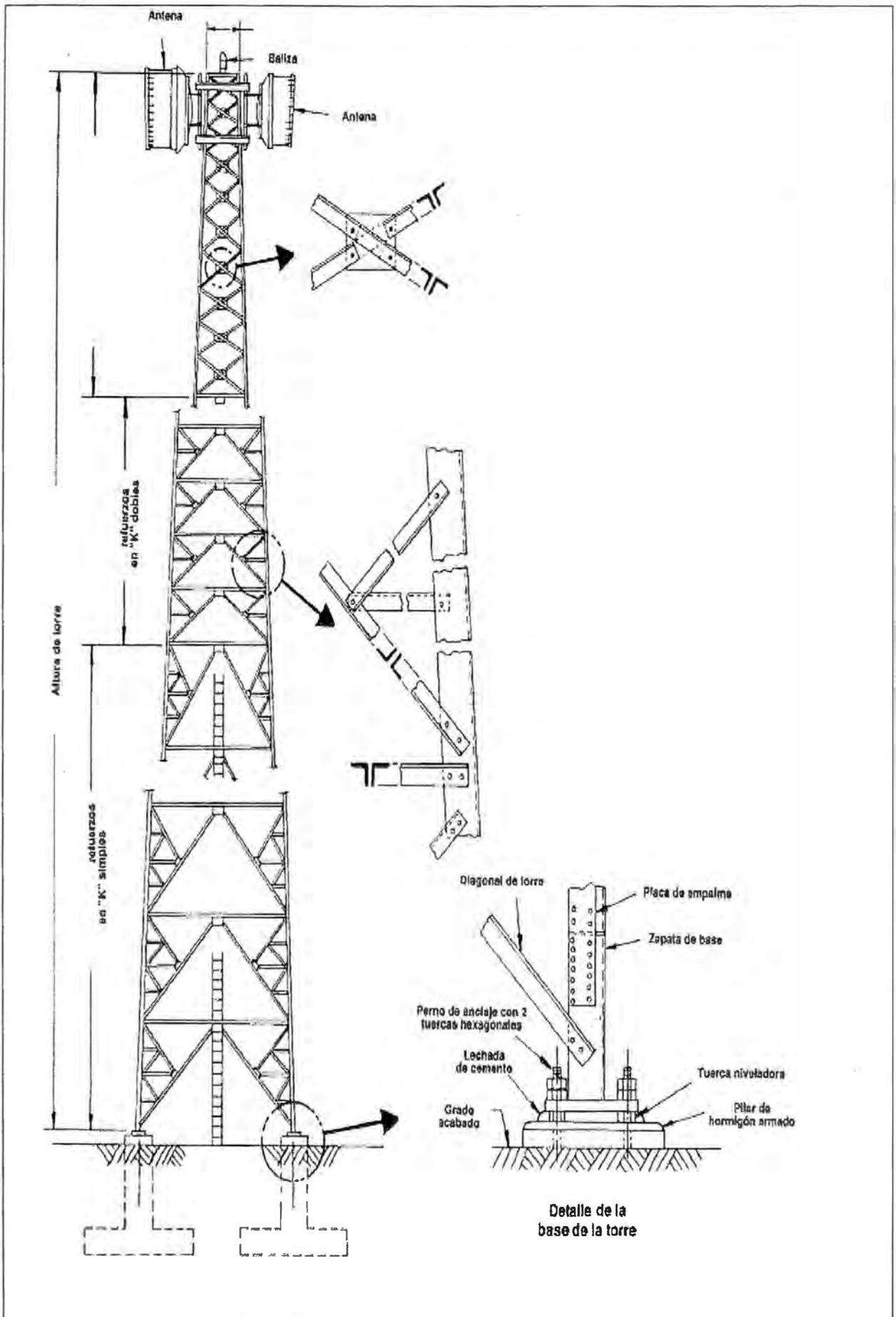
La unidad de radio deberá instalarse en un bastidor que sea conforme, en cuanto a sus dimensiones, color, peso, resistencia mecánica y fijación. Los conectores de los cables deberán ser fácilmente accesibles con la unidad en su ubicación definitiva. Los puntos de prueba deben ser fácilmente accesibles con el sistema de funcionamiento en su ubicación definitiva. El equipo de radio y las antenas se conectarán a través de las guías de onda que serán sostenidas durante su recorrido por la torre con grapas, al igual que el cableado de puesta a tierra, ver Figura No 3.24 y Figura No 3.25.



**Figura No 3.24. Esquema de la estación base**

Fuente: Microwave network design

Elaboración: Editado de la fuente



**Figura No 3.25. Esquema de una Torre Auto soportada**

Fuente: Manual de antenas para microondas

Elaboración: Editado de la fuente

## **CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE COSTOS**

En este capítulo se analizarán los aspectos económicos del diseño, para esto se deben evaluar los costos de inversión CAPEX, así como los costos de operación OPEX.

### **4.1 Definición de CAPEX**

Son erogaciones o inversiones de capital que crean beneficios. Una CAPEX se realiza cuando un negocio invierte tanto en la compra de un activo fijo, como para añadir valor a un activo existente con una vida útil que se extiende más allá del año imponible.

Los gastos de puesta en marcha, cubre la parte de despliegue que se deprecia con el tiempo en función de las amortizaciones tanto del equipamiento como de las instalaciones.

Para el análisis del CAPEX (capital expenditure o gastos de capital) se consideraran los siguientes puntos.

**Bienes importados.-** En este rubro se incluirá, todo el equipamiento que requiere adquirir en el extranjero. Se considera a todos los equipos electrónicos de alta tecnología y que no se fabrican en el país, los cuales son:

- Equipo de radio digital microondas SDH, moduladores.
- Multiplexores.
- Sistemas aéreos: antenas, guías de ondas y alimentadores.

**Bienes locales.-** En este rubro se incluirá, todos los bienes que por su costo y disponibilidad conviene ser adquiridos en el mercado nacional, como son los materiales de instalación, bastidores y conectores para los distribuidores digitales, los gastos referidos a la infraestructura y energía, así como los materiales para la construcción de las estaciones, torres y soporte de antenas.

**Servicios de instalación.-** En este rubro se incluirá, todos los costos relativos a los gastos referidos a la instalación de la red y al personal que lo realizará.

### **4.2 Definición de OPEX**

Es una herramienta para el cálculo de gastos operativos. Los gastos de operación no contribuyen a ampliar la infraestructura de la propia red, motivo por el cual no están sujetos a ningún tipo de depreciación económica. Estos gastos representan los gastos

necesarios para mantener la infraestructura en servicio y operativa después de dar el servicio al primer usuario o cliente, incluyendo no solo los aspectos técnicos sino también los aspectos de comercialización del servicio, marketing y publicidad, administración, etc. Para el análisis del OPEX (Operating expenditure) se consideraran los siguientes rubros.

- Operación y mantenimiento.- Son los costos fijos necesarios para la operación y mantenimiento de la red a fin de garantizar una alta calidad del servicio a los clientes.
- Uso de espectro de frecuencias.- Costos relativos al canon que la empresa deberá pagar al Estado por el uso del espectro radioeléctrico.
- Gastos de energía.- Costos relativos al consumo de energía eléctrica y consumo de combustible para los generadores de energía.
- Costo de seguridad.- Costos relativos al personal de vigilancia, para la seguridad de las estaciones.

Definidos los conceptos de CAPEX y OPEX se procede a realizar los cálculos de cada uno de acuerdo a lo mencionado en los puntos anteriores.

### 4.3 Cálculo del CAPEX y OPEX

**4.3.1 Cálculo del CAPEX.-** El costo de los equipos de radio digital de microondas y multiplexores SDH estará en función de la configuración descrita en el diseño de enlaces. En el siguiente cuadro se detallan los precios de los equipos de radio y la cantidad necesaria; los equipos que se presentan son de TX/RX, moduladores/demoduladores, circuito de derivación, bastidores, antenas, guías de onda, materiales de instalación, herramientas y repuestos.

Detalle del equipamiento a instalar e instalación para el enlace Yurimaguas – Puerto Arturo, ver Tabla No 4.1 y Tabla No 4.2.

Enlace		Configuración	Precio US\$ instalación enlace 3+1	Precio US\$ instalación enlace 3+1 SD
Site A	Site B			
Yurimaguas	Puerto Arturo	3+1	25,950.39	32,761.93

**Tabla No 4.1 Costos de instalación**

Fuente: Alcatel-Lucent

Elaboración: Propia

Equipamiento	Precio unitario US\$ CIP	Yurimaguas - Puerto Arturo
Terminal 3+1 AP 9600 LSY	48,808.945	0
Terminal 3+1 SD AP 9600 LSY	59,180.565	2
Antena High Cross Polar Discrimination 1,8 m	4,360.08	0
Antena High Cross Polar Discrimination 2,4 m	7,125.00	4
Antena High Cross Polar Discrimination 3,7 m	14,037.3	0
ADM 1650	17,158,42	2
Interface eléctrica 150 Mb	500	4
Soporte para antena de 1.8m	390	0
Soporte para antena de 2.4m	455	4
Soporte para antena de 3.7m	617.5	0
Circuito de derivación SDH	7,000	0
Circuito de derivación SDH SD	9,000	2
Guía de onda EWP77 (m)	35	
Grapas para guía de ondas	10	
Conectores para guía de onda (177SEM STEP TUNED)	600	
Bota pasamuro (WGB4-77)	50	
Deshidratador automático	2, 000	
Ventana de presurización	50	
Kit de conexión a tierra	50	2
Bastidor	3, 500	2
Panel de distribución AC/PDB	1,400	2
Banco de Baterías	80, 000	2
Grupo electrógeno	20, 000	2
Metro lineal de torre instalado	3, 500	
Obras civiles	140, 000	

**Tabla No 4.2 Costos de equipamiento para un enlace**  
**Fuente:** Alcatel-Lucent **Elaboración:** Propia

Nota: Incluye transporte, instalación, alquiler de equipos de medición. Dos cuadrillas, trabajando enlace x enlace.

Teniendo el detalle de cada equipamiento, se calcula el costo total para la red a instalar.

Ver Tabla No 4.3.

<b>Equipamiento</b>	<b>Precio US\$ CIP</b>	<b>Total</b>
Terminal 3+1 AP 9600 LSY	0	0
Terminal 3+1 SD AP 9600 LSY	2'367,765	40
Antena High Cross Polar Discrimination 1,8 m	156,962.88	36
Antena High Cross Polar Discrimination 2,4 m	285,000	40
Antena High Cross Polar Discrimination 3,7 m	56,149.2	4
ADM 1650	360,326.82	21
Interface eléctrica 150 Mb	10,500	21
Soporte para antena de 1.8m	140,040	36
Soporte para antena de 2.4m	182,000	40
Soporte para antena de 3.7m	2,470	4
Circuito de derivación SDH	7,000	
Circuito de derivación SDH SD	9,000	21
Guía de onda EWP77 (m)	35	
Grapas para guía de ondas	10	
Conectores para guía de onda (177SEM STEP TUNED)	600	
Sección recta		
Bota pasamuro (WGB4-77)	50	
Sección curva (E-BEND EZGUIDE PART)		
Deshidratador automático	2,000	
Ventana de presurización	50	
Kit de conexión a tierra	50	2
Bastidor	3,500	2
Metro lineal de torre instalado	3,500	
Panel de distribución AC/PDB	1,400	21
Banco de Baterías	80,000	21
Grupo electrógeno	20,000	21
Obras civiles	140,000	

**Tabla No 4.3 Costos de equipamiento para la red de radioenlaces**

**Fuente:** Alcatel-Lucent

**Elaboración:** Propia

Las condiciones generales del equipamiento son las siguientes: i) El Precio en US\$, en condición CIP Callao, no incluyen IGV, ii) El plazo de entrega de los equipos es de 10 a 12 semanas. Cabe resaltar que los precios obtenidos son referenciales y pueden variar a lo largo del tiempo según la evolución de la tecnología.

**4.3.2 Cálculo del OPEX.-** Para los gastos de operación y mantenimiento se toman en cuenta 2 rubros.

- Costo de personal para mantenimiento de la red.
- Bienes y materiales necesarios para un correcto mantenimiento.

**Alquiler del uso de frecuencia.-** Los montos por concepto de Canon por el uso del espectro correspondiente al periodo de un año, y de conformidad con lo establecido en el Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones. El cobro se hace por un porcentaje de la UIT que actualmente es S/. 3, 650.00 (Tres mil seiscientos cincuenta y 00/100 Nuevos Soles) por cada estación terrestre que utilice sistemas de transmisión digital, por capacidad instalada en el sistema, ver Tabla No 4.4.

Capacidad	Costo ( Nuevos Soles)
Hasta 2.048 Mbits/seg	292
Mayor que 2.048 Mbits/seg hasta 8,448 Mbits/seg	438
Mayor que 8,448 Mbits/seg hasta 34,368 Mbits/seg	584
Mayor que 34,368 Mbits/seg	730

**Tabla No 4.4 Costos por uso de espectro**  
**Fuente: MTC**                      **Elaboración: Propia**

**Gastos relativos al consumo de energía por estación.-** En esta parte se considerará tanto la eléctrica como el combustible para los generadores de respaldo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por medio del presente informe se ha querido proponer una alternativa viable para poder solucionar los problemas existentes actualmente en la red de transmisiones para el departamento de Loreto y así poder satisfacer la demanda de la población.

Por tal motivo se realizó una propuesta de diseño de un sistema de radioenlaces de microondas que transportarán servicios de telefonía y datos, después del análisis costo-beneficio se obtuvo las siguientes conclusiones:

- Durante el proceso de diseño se comprobó lo señalado en los aspectos teóricos que indicaba que las redes de radioenlaces por microondas son la mejor solución para redes de transporte (Troncales) en lugares de difícil geografía, como lo es en gran parte de nuestro país, y esto está demostrado en que la más grande red de comunicaciones que interconecta casi todo el Perú es justamente una red de Microondas SDH / PDH.
- Dentro de las tecnologías usadas en radioenlaces de microondas la mejor tecnología a ser implementada para la red planteada en el departamento de Loreto, es la tecnología por microonda digital (SDH), debido a que esta tecnología soporta las complicadas características geográficas de la región.
- En comparación con los sistemas cableados, la implementación de la red de microondas es económicamente más factible, además que su implementación podría ser prevista en el corto plazo.
- Para obtener los parámetros de calidad y disponibilidad establecidos según las normas de la ITU, en el diseño se emplean técnicas como la diversidad de espacio, configuraciones  $N + 1$ , además de consideraciones como el despejamiento de las zonas de Fresnel, y los puntos del diseño se escogieron de tal manera que las alturas de las torres no fueran muy elevadas, tener una línea de vista óptima, accesibilidad al lugar entre otros.
- Si bien la red de microondas diseñada es limitada en capacidad en comparación con una red de fibra óptica, esta puede ser usada como una red de respaldo para una red futura de fibra, es decir el diseño a implementar no se perderá si en un futuro se llegará a implementar otra red con mayor capacidad.

- Este es un proyecto muy amplio, de gran envergadura y de alto monto de inversión, no obstante, mediante el presente informe se ha tratado de abordar la mayor cantidad de temas posibles, para una adecuada implementación.

Para realizar una buena implementación y obtener el máximo rendimiento de la red se dan las siguientes recomendaciones:

- Es necesario que los equipos elegidos para implementar la red sean de buena calidad y robustos; para el análisis de costos se ha hecho uso de información de una marca en particular (ALCATEL), se deberá tener en cuenta la mejor opción técnica económica, para al final optar por la solución que ofrezca a la vez un alto grado de calidad, asociado con una buena alternativa económica.
- Las ubicaciones de las estaciones se deben escoger de acuerdo a los estudios de LOS realizados, asimismo se debe considerar las rutas de acceso para los sitios, debido a que esto permitirá un fácil transporte del equipamiento y menor tiempo para que el personal de O&M llegue al lugar cuando ocurran inconvenientes.
- Se deberá realizar un estudio de impacto ambiental, pero este será necesario antes de la implementación de la red; cabe resaltar que un sistema de microondas es el sistema que menos impacto ambiental puede generar en comparación con los otros sistemas.

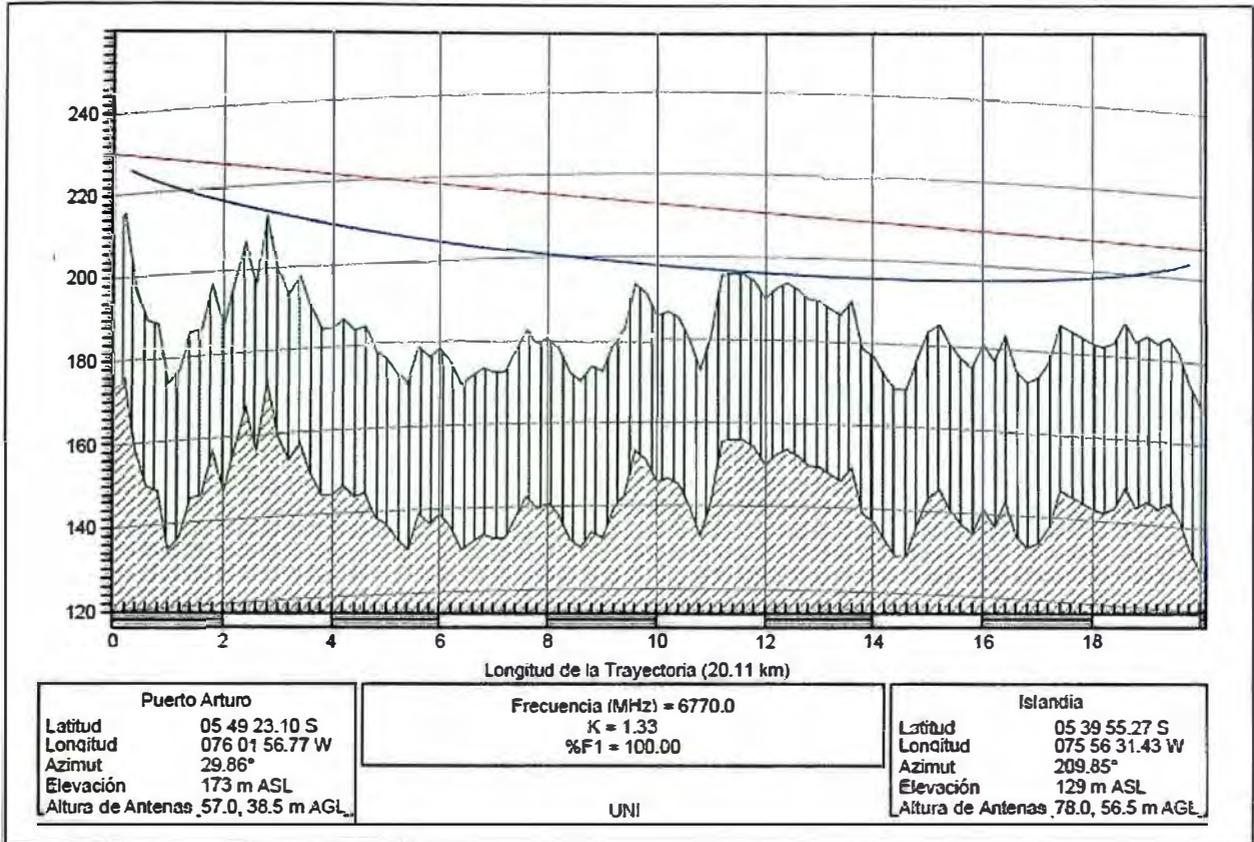
# **ANEXO A**

**PERFILES DE LA RED DE RADIOENLACES DE MICROONDAS PARA EL  
DEPARTAMENTO DE LORETO**

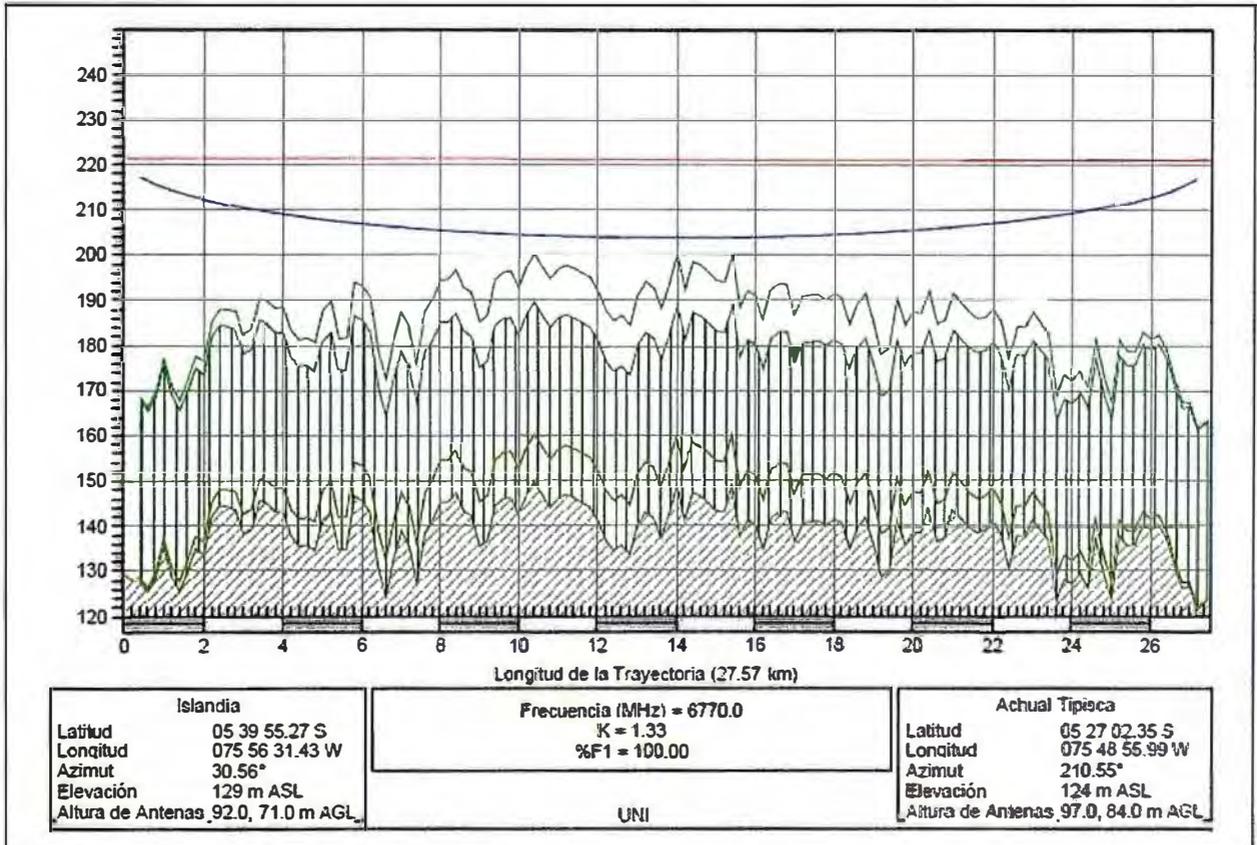
<b>Enlace</b>	<b>Antena Principal (m)</b>	<b>Antena Diversidad (m)</b>	<b>Altura site 1 Principal (m)</b>	<b>Altura Site 1 Diversidad (m)</b>	<b>Altura site 2 Principal (m)</b>	<b>Altura Site 2 Diversidad (m)</b>
Yurimaguas - Puerto Arturo	2.4	2.4	57	62	38	46
Puerto Arturo - Islandia	1.8	1.8	57	78	38.5	56.5
Islandia - Achual Tipisca	2.4	2.4	92	97	71	84
Achual Tipisca - Lagunas	1.8	1.8	64	86	47.5	64.5
Lagunas - Eureka	2.4	2.4	66.5	73	54.2	61
Eureka - Chanchamayo	2.4	2.4	72	71	57.5	56
Chanchamayo - Santa Teresa	1.8	1.8	58	57	39	36
Santa Teresa - Maipuco	1.8	1.8	62.5	70	42.5	57
Maipuco - Saramuro	2.4	2.4	81	60	65.5	40
Saramuro - Concordia	2.4	2.4	75	70	61.5	57
Concordia - Castilla	1.8	1.8	61	68	48	49.5
Castilla - San Miguel	2.4	2.4	74	80	53.5	60
San Miguel - San Miguel 2	1.8	1.8	76	65	62	48.5
San Miguel 2 - San Regis	2.4	2.4	67	81	47	68
San Regis - Nauta 1	1.8	1.8	76	80	60.5	65.75
Nauta 1- Nauta 2	2.4	2.4	85	104	71	85
Nauta 2 - Itaya	3.7	3.7	137	97	116	77
Itaya - Yarina	2.4	2.4	70	70	52.5	58
Yarina- Puerto Iquitos	1.8	1.8	62.5	69	45	49.5
Puerto Iquitos - Iquitos	1.8	1.8	74	58	57.25	44

**Enlaces con las alturas y diámetro de las antenas principal y de diversidad.**

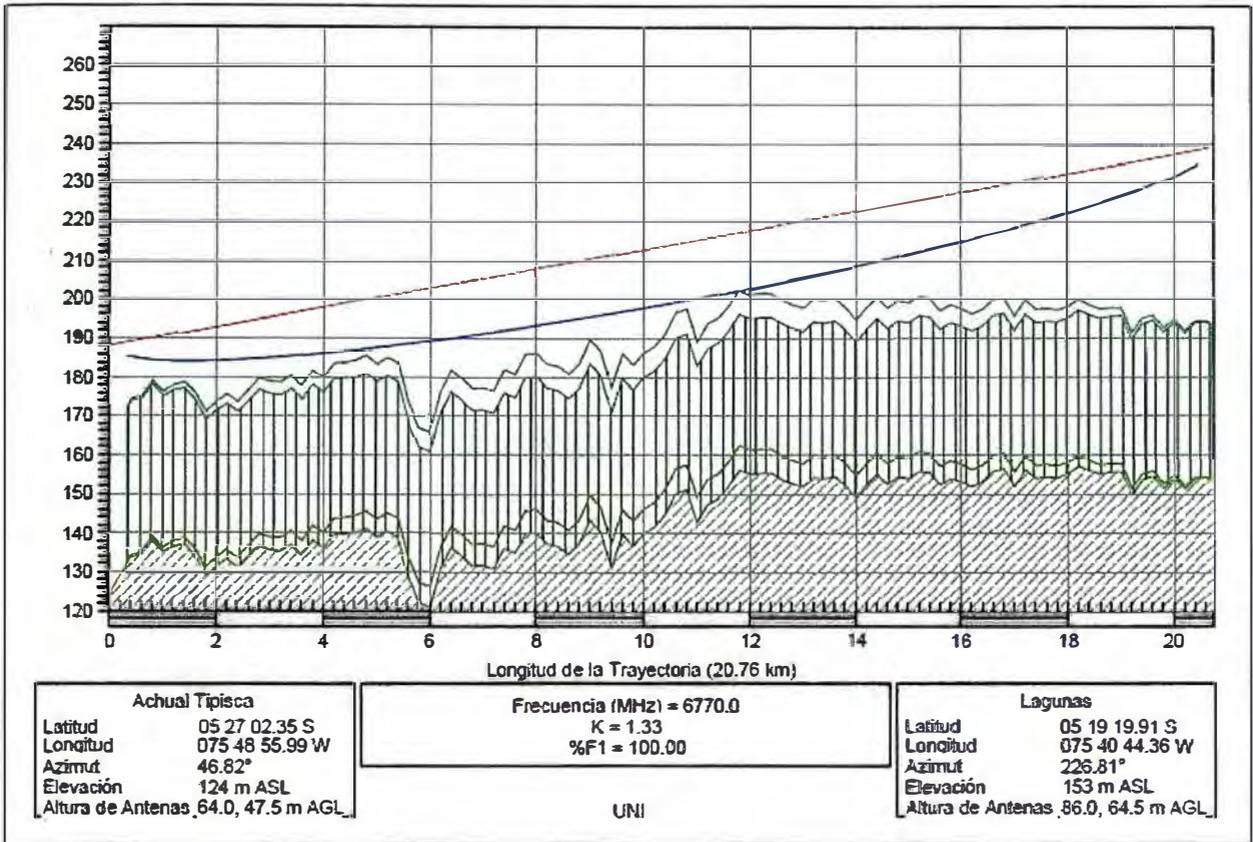
**Perfil del enlace Puerto Arturo – Islandia**



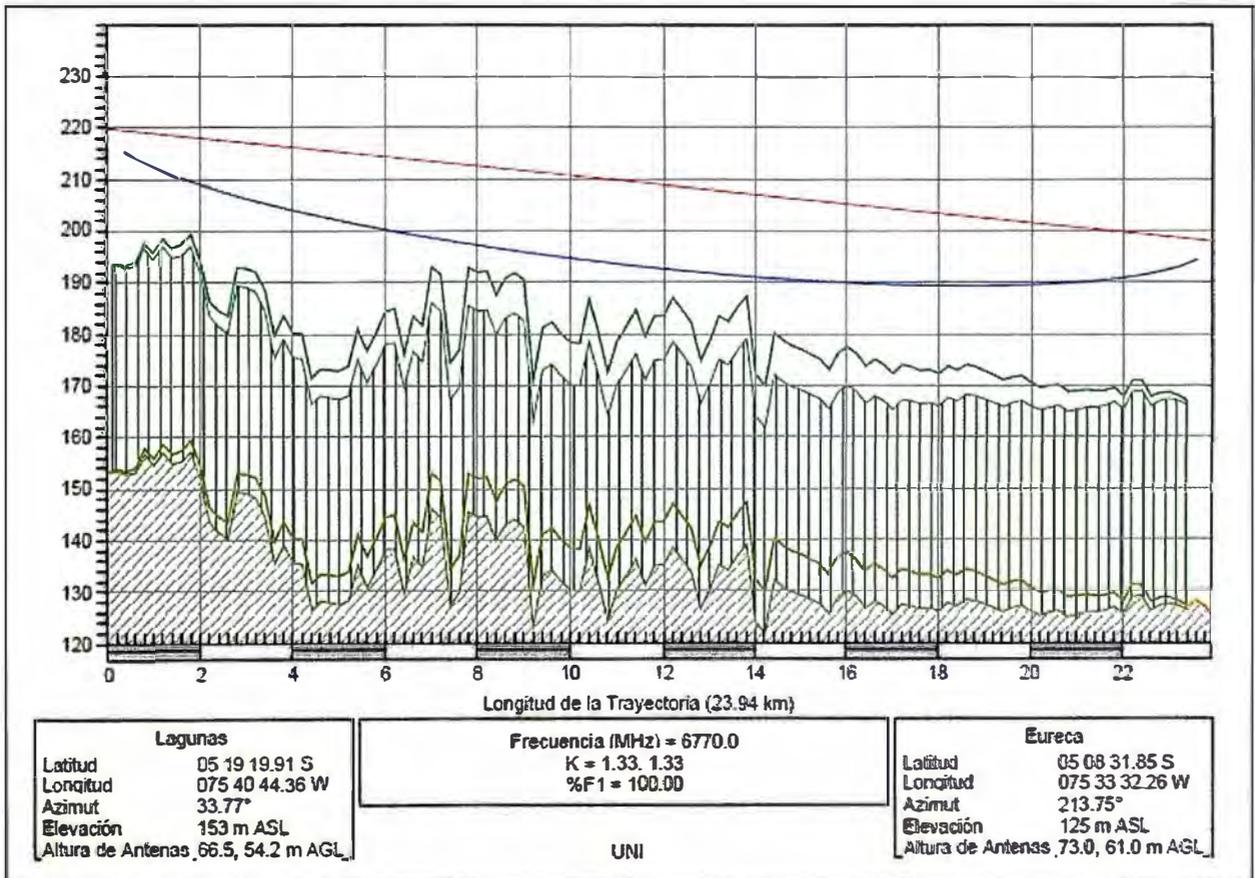
**Perfil del enlace Islandia – Achnal Tipisca**



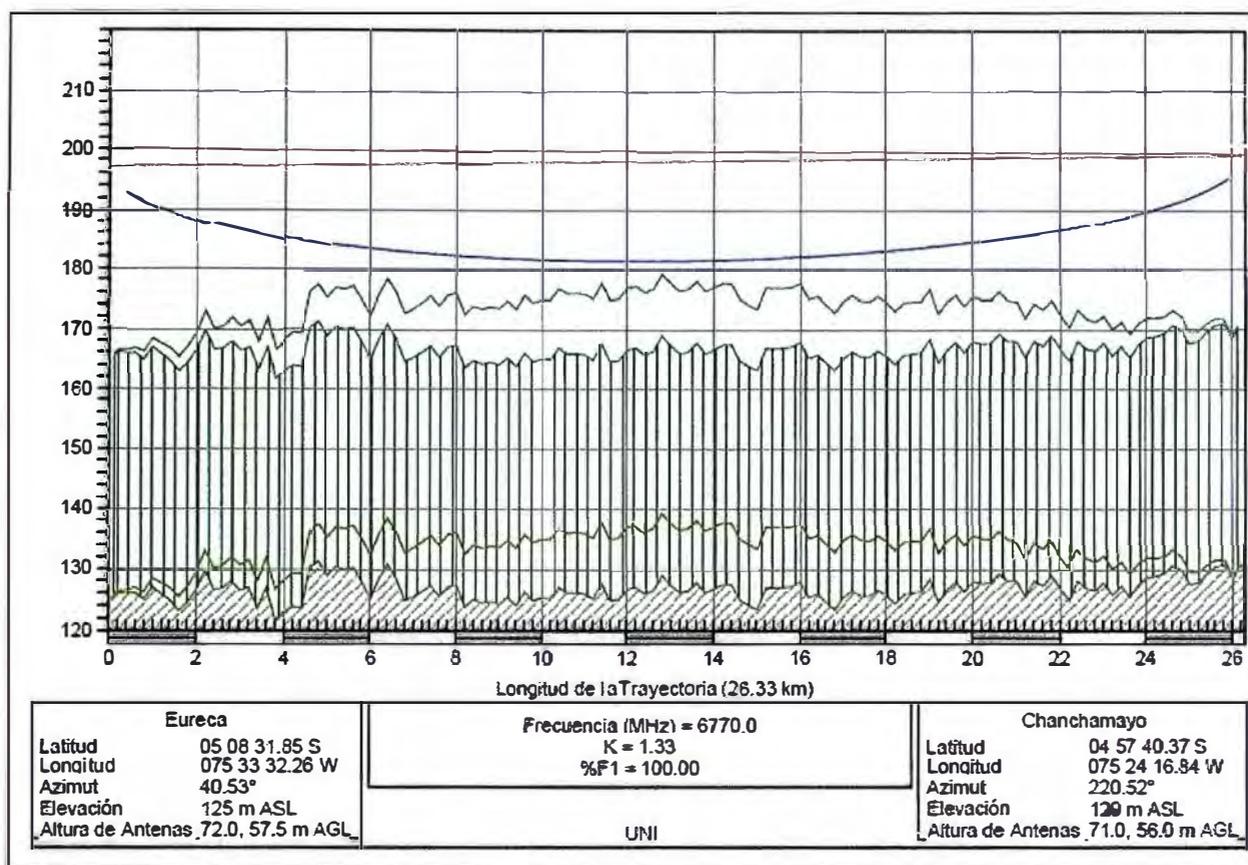
**Perfil del enlace Actual Tipisca – Lagunas**



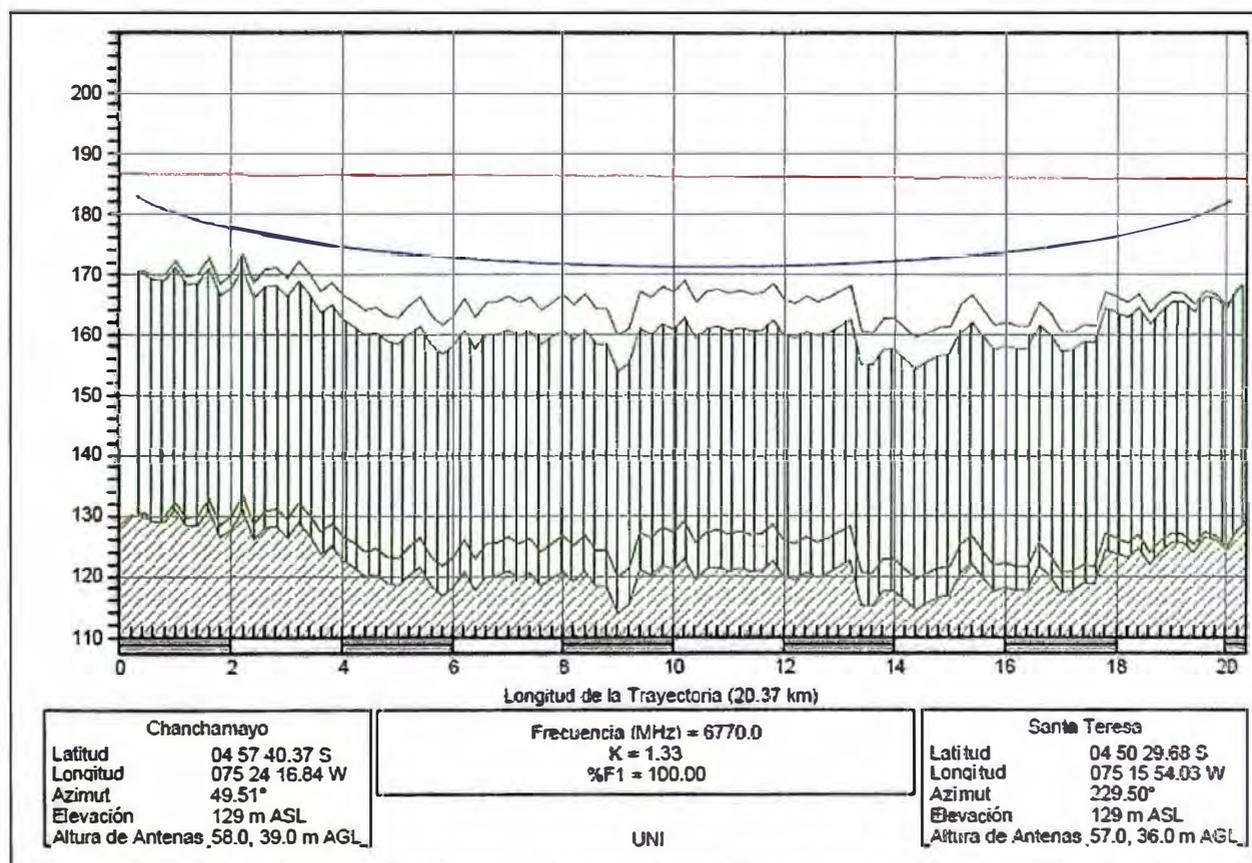
**Perfil del enlace Lagunas – Eureka**



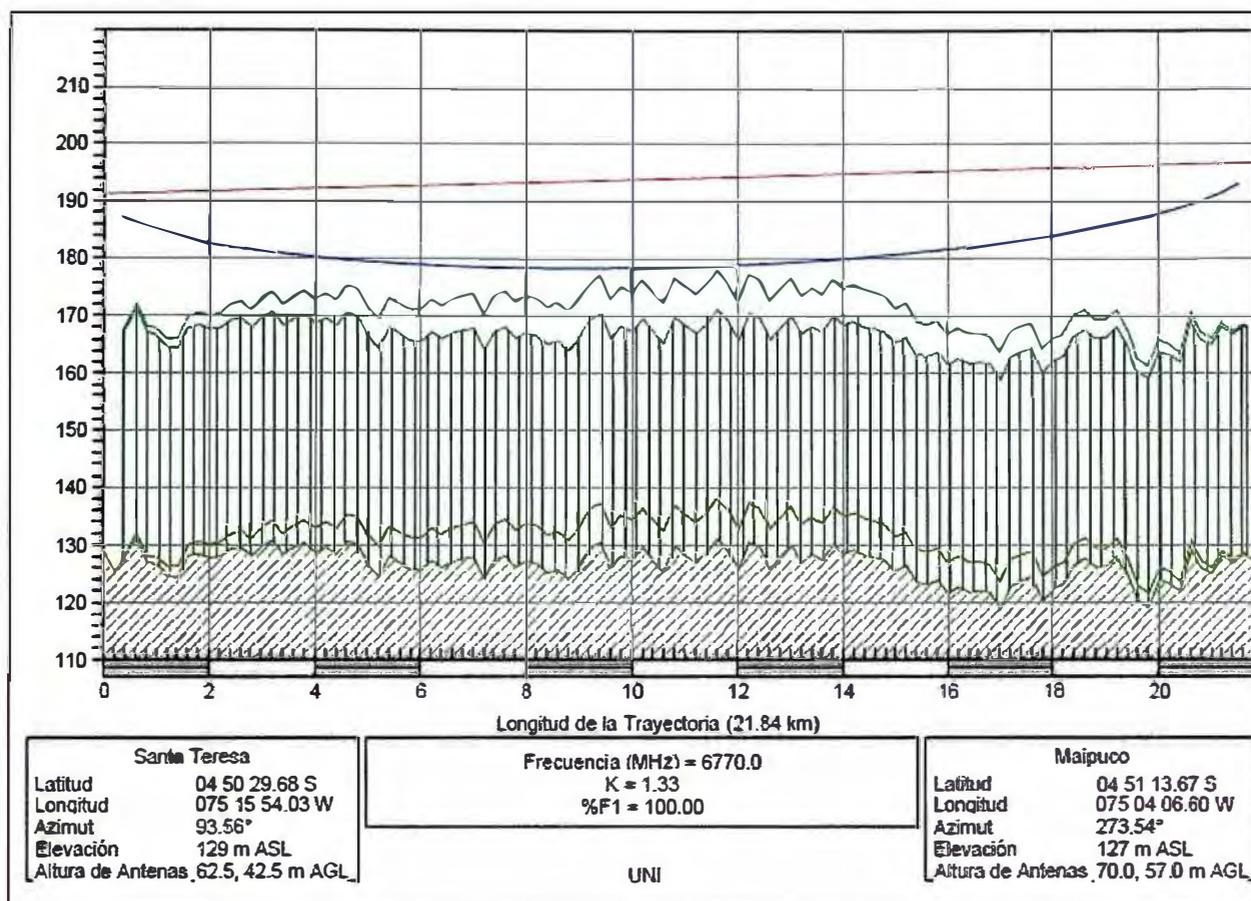
### Perfil del enlace Eureka – Chanchamayo



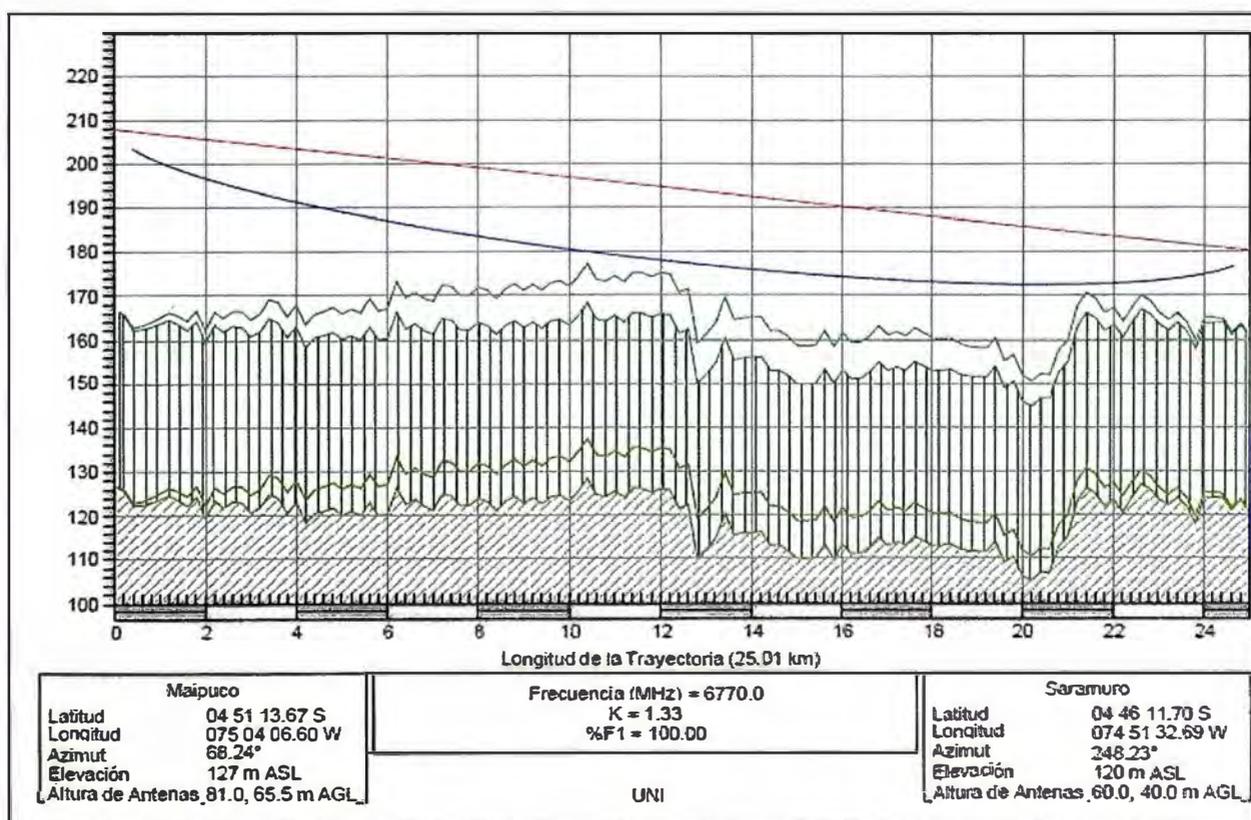
### Perfil del enlace Chanchamayo – Santa Teresa



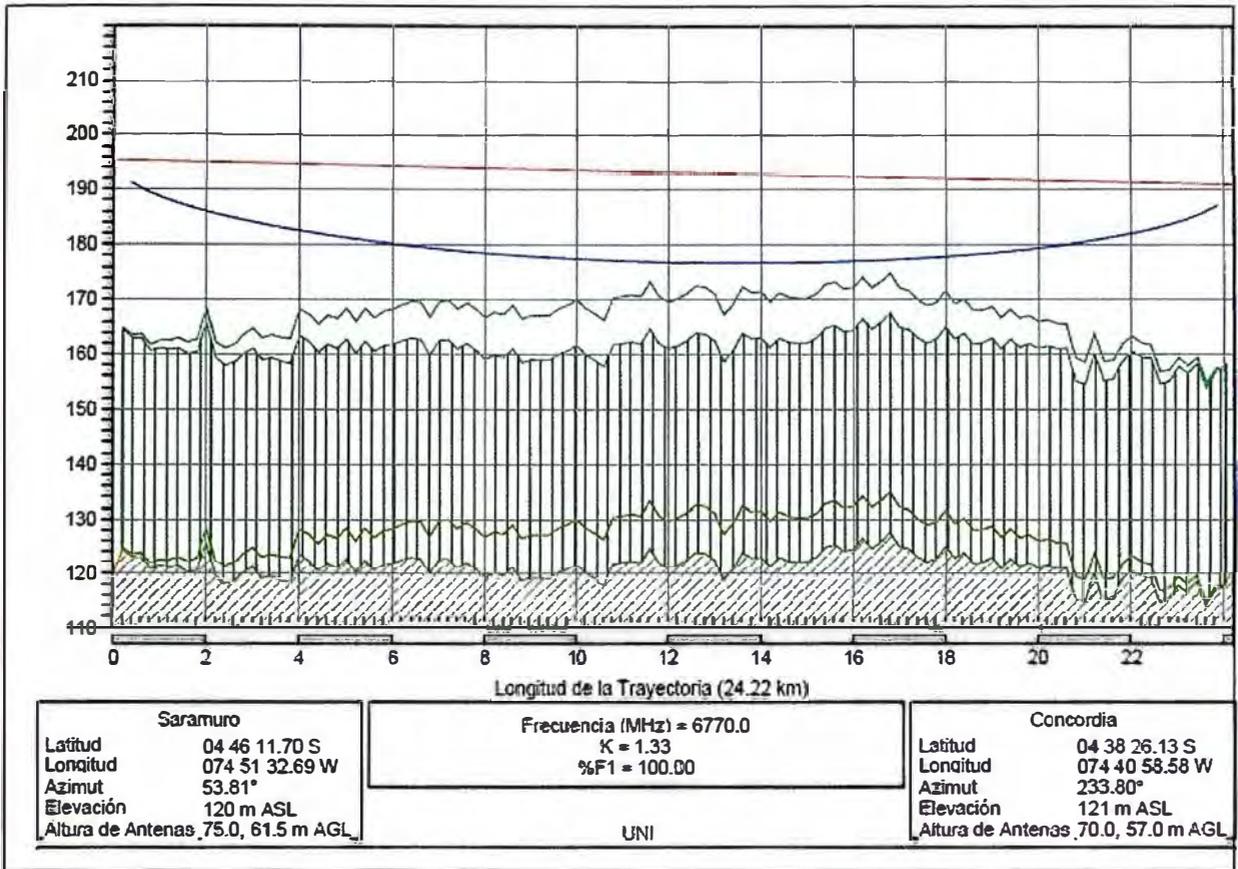
### Perfil del enlace Santa Teresa – Maipuco



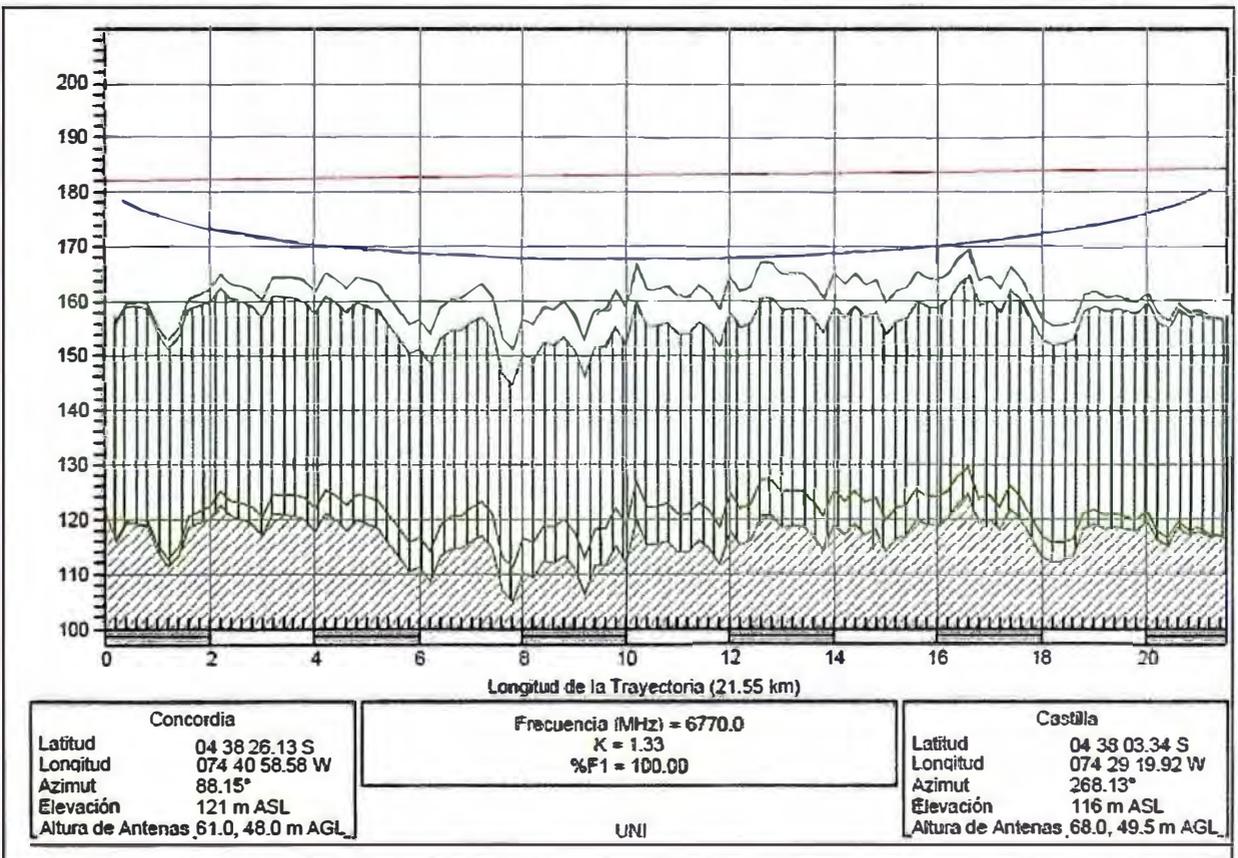
### Perfil del enlace Maipuco → Saramuro



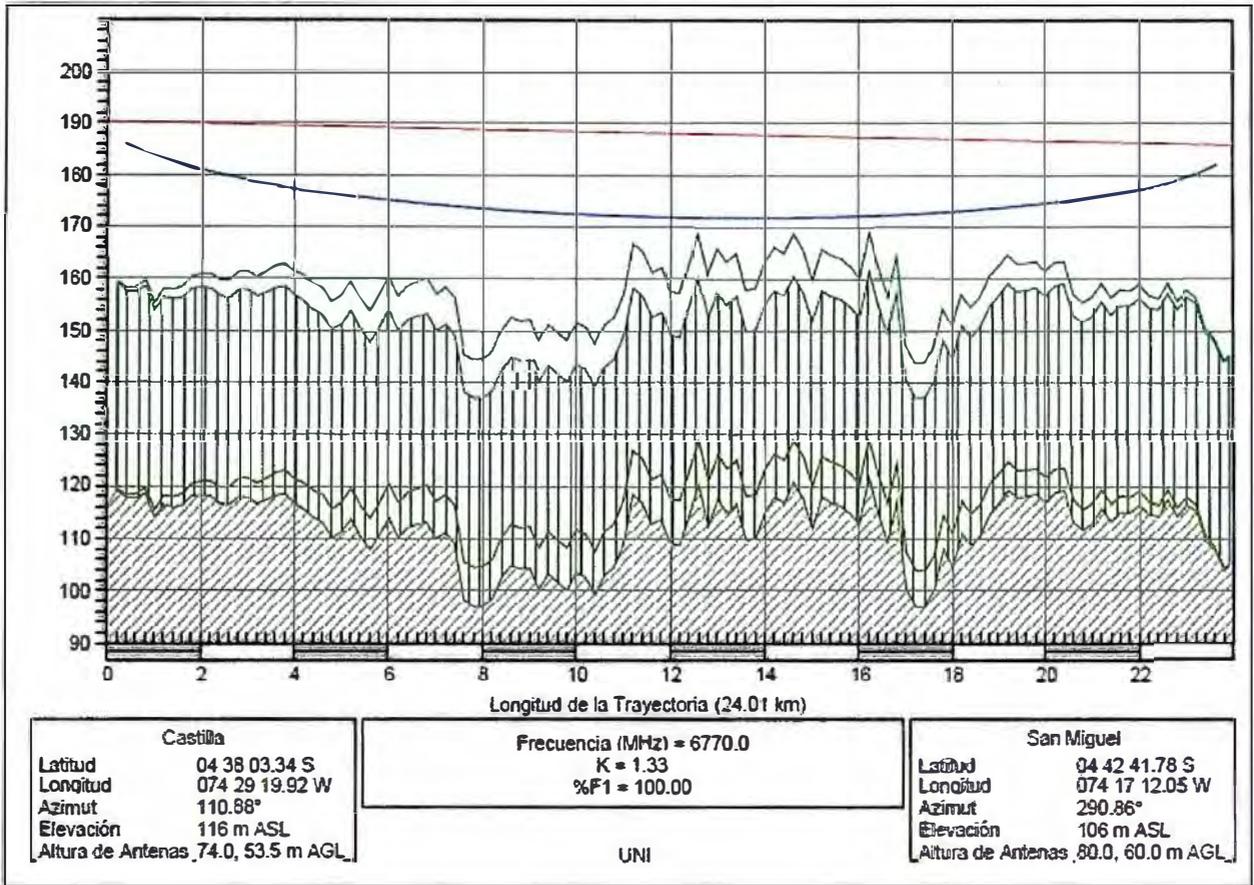
**Perfil del enlace Saramuro – Concordia**



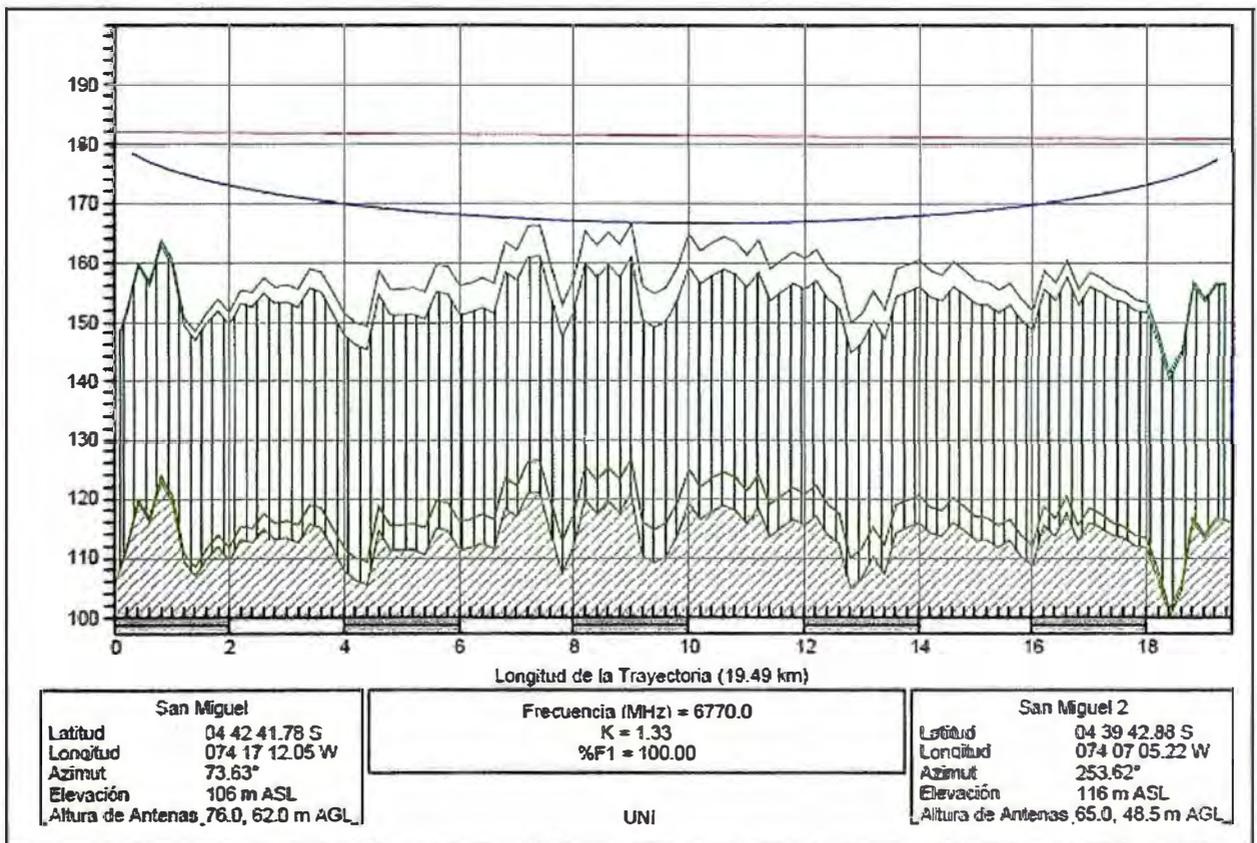
**Perfil del enlace Concordia – Castilla**



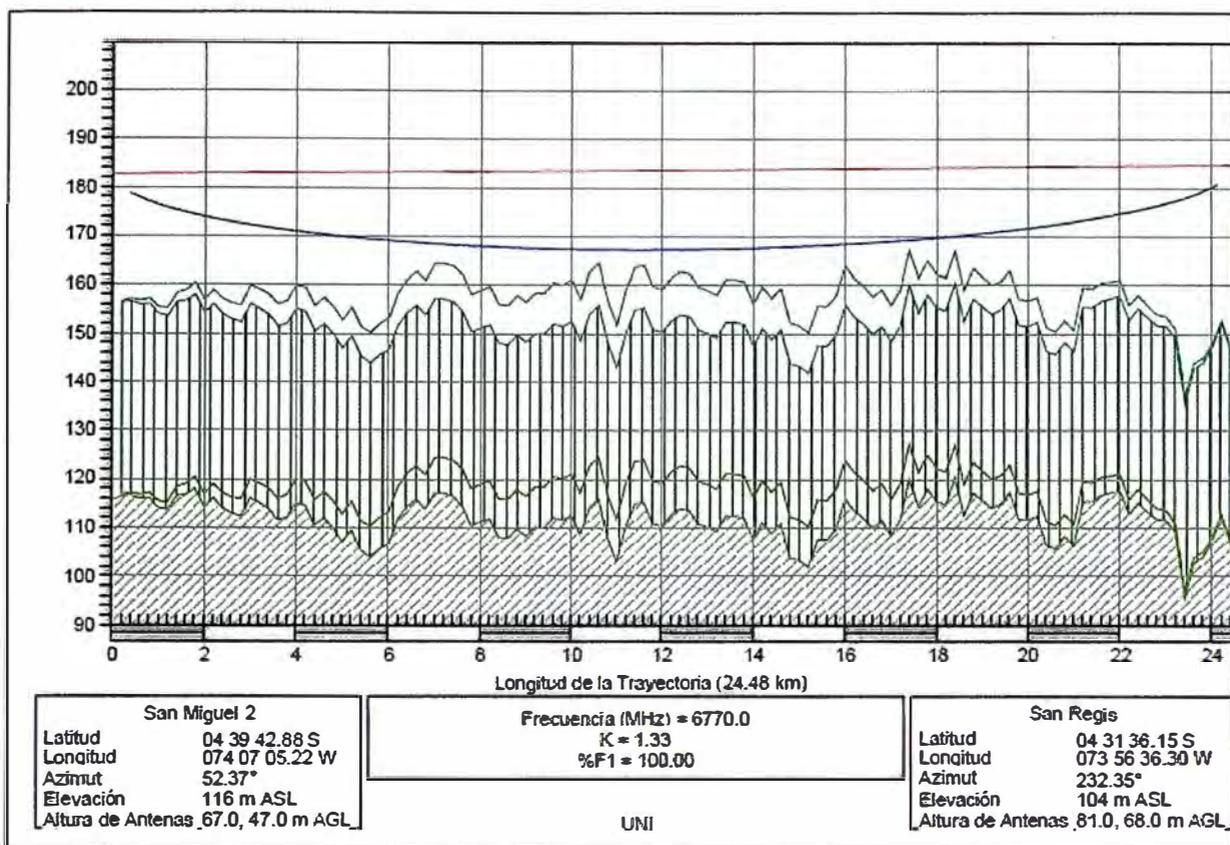
**Perfil del enlace Castilla – San Miguel**



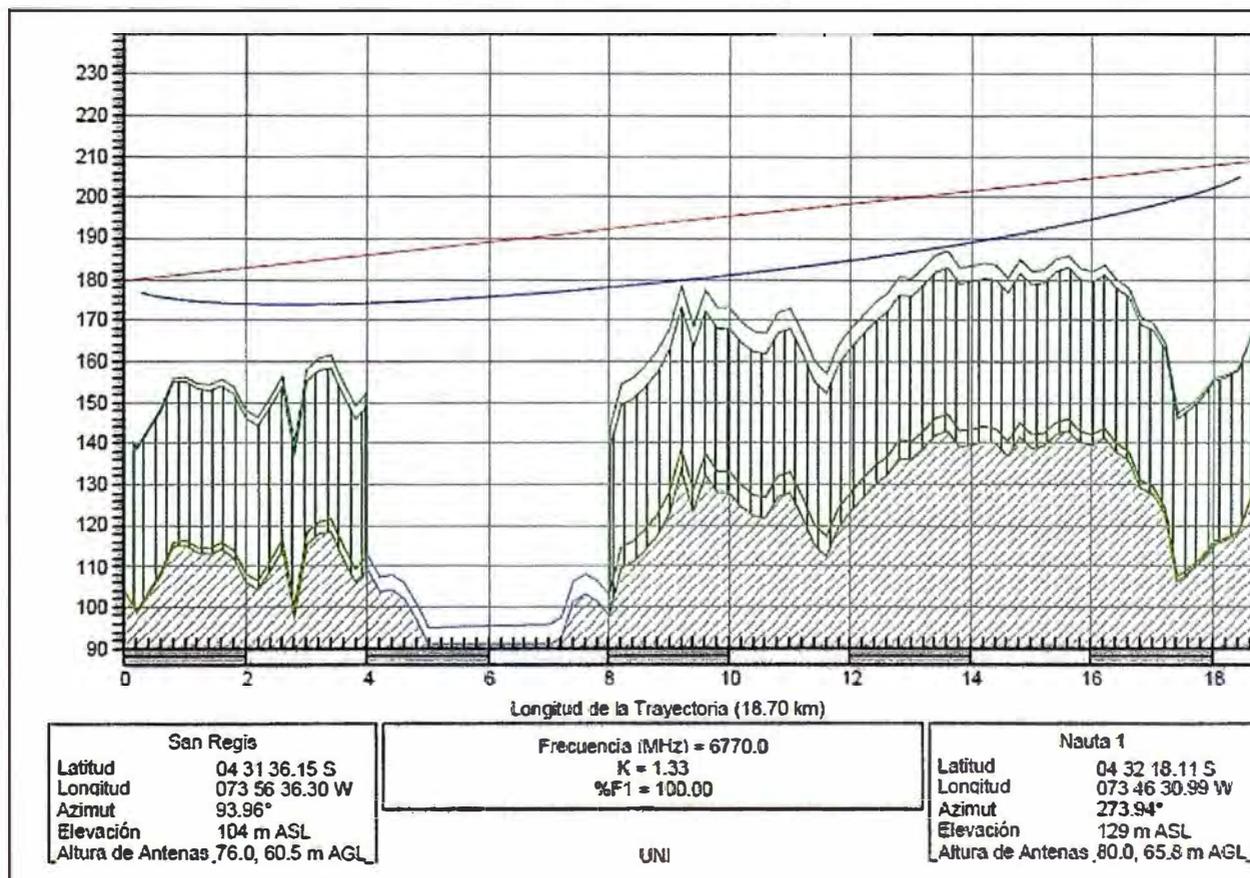
**Perfil del enlace San Miguel - San Miguel 2**



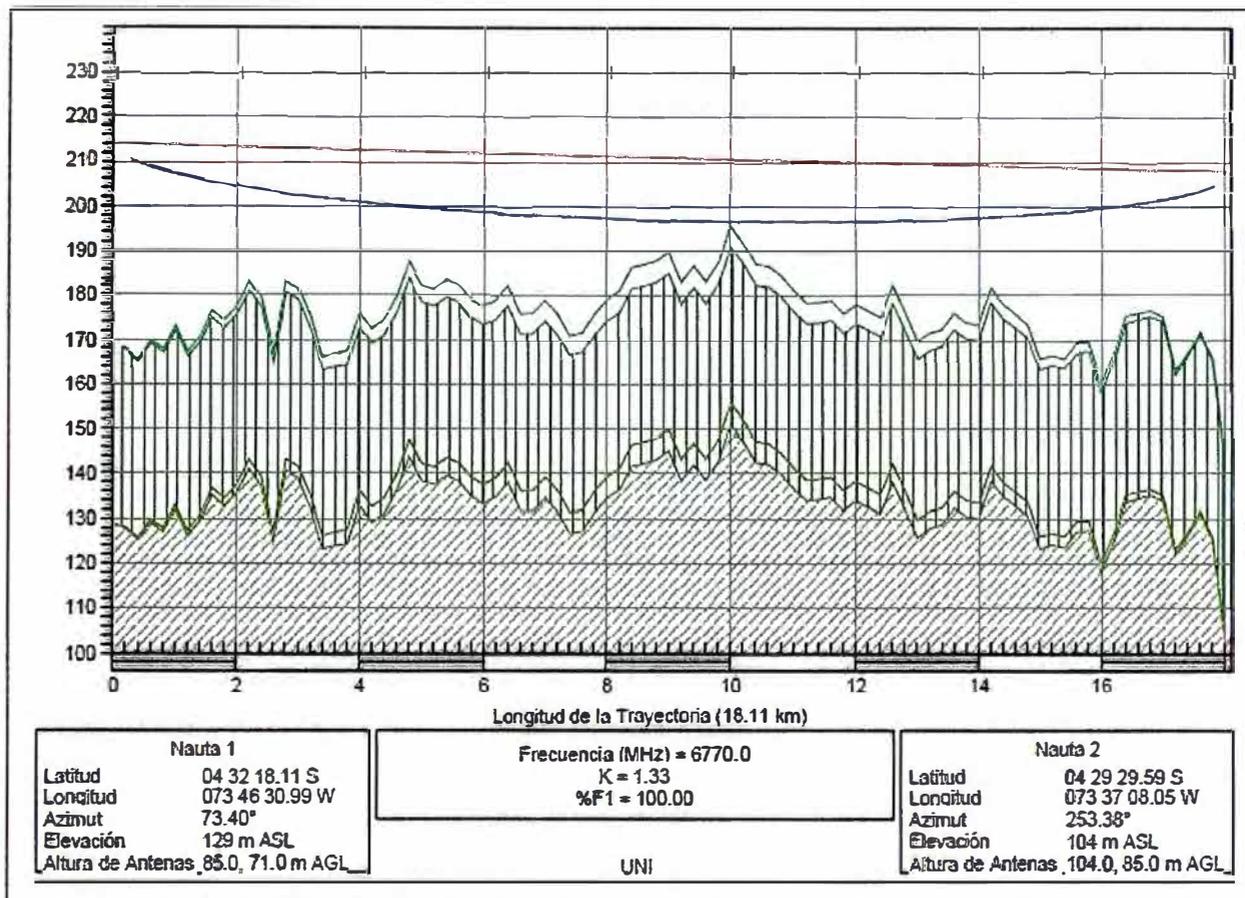
### Perfil del enlace San Miguel 2 – San Regis



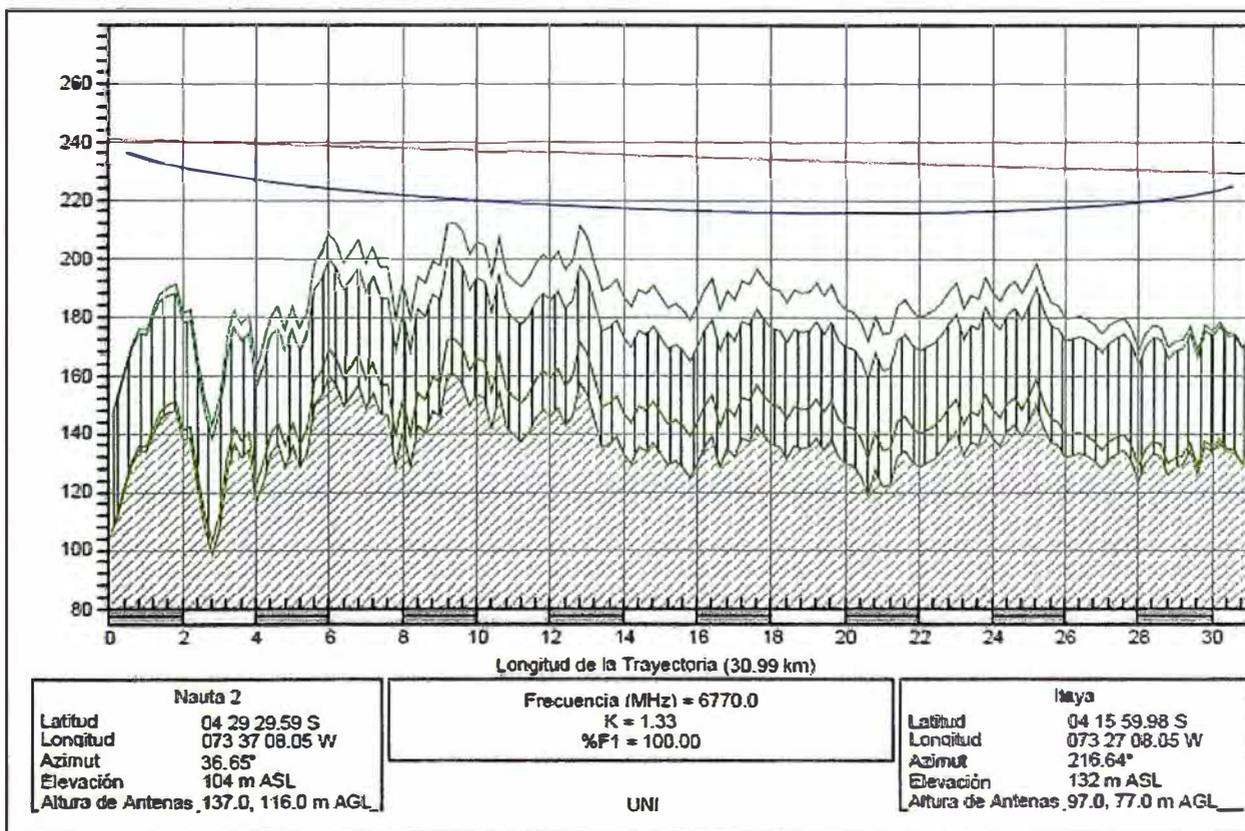
### Perfil del enlace San Regis – Nauta 1



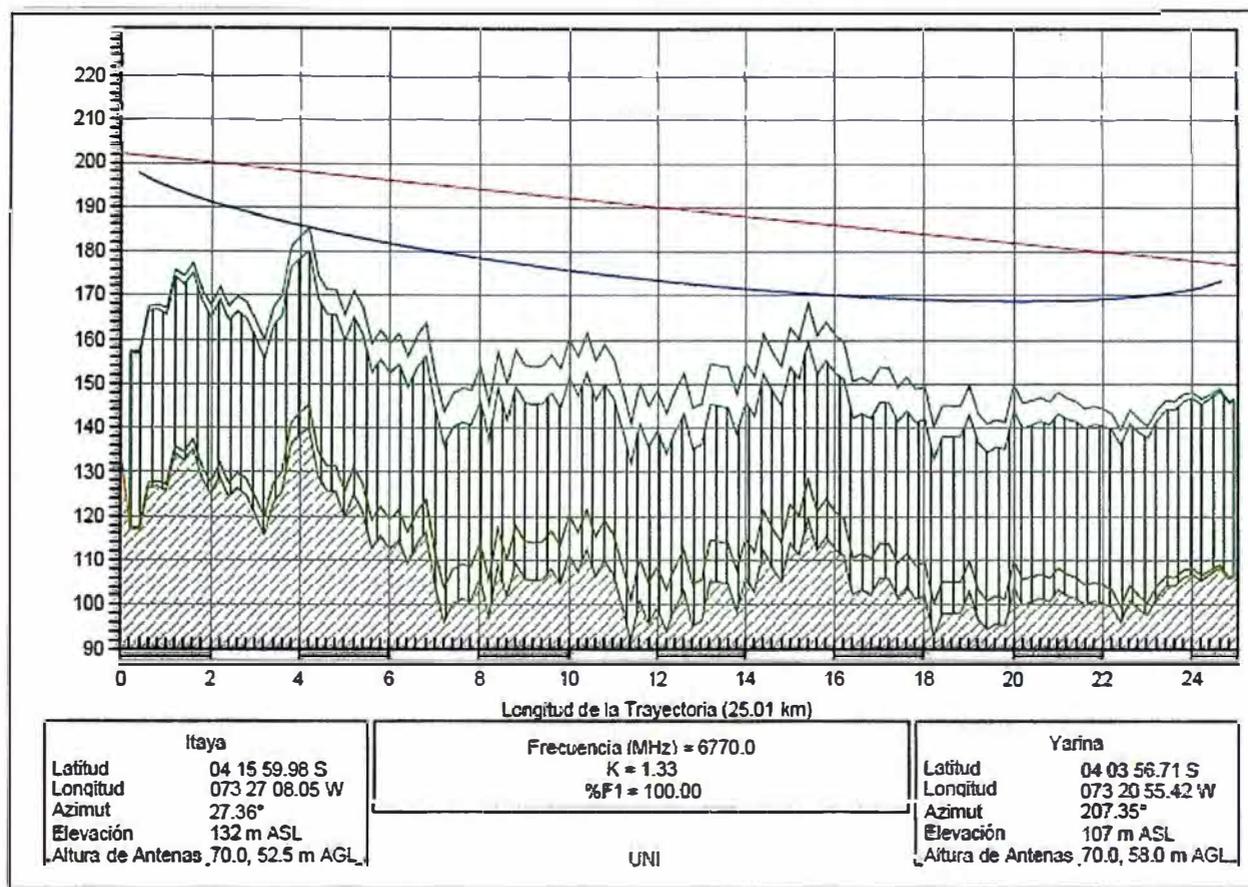
### Perfil del enlace Nauta 1 – Nauta 2



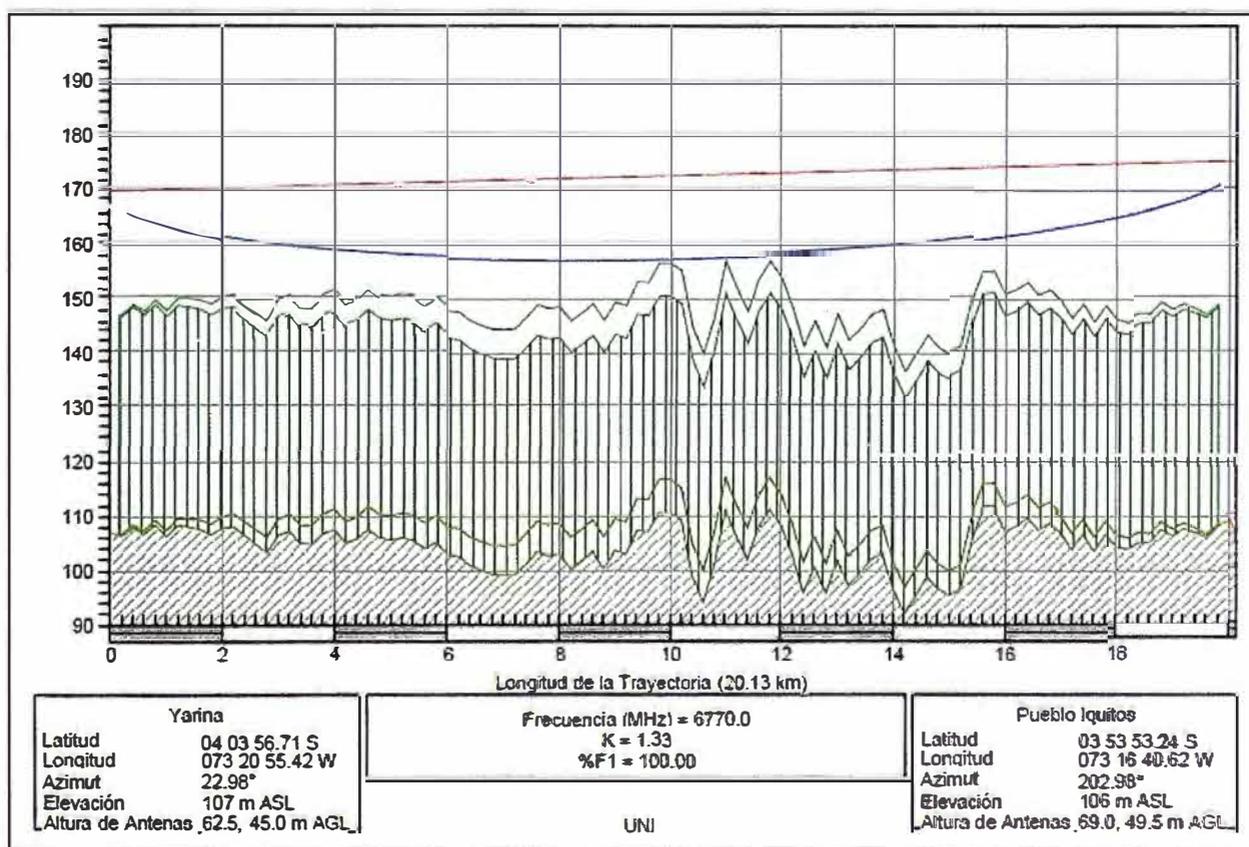
### Perfil del enlace Nauta 2 – Itaya



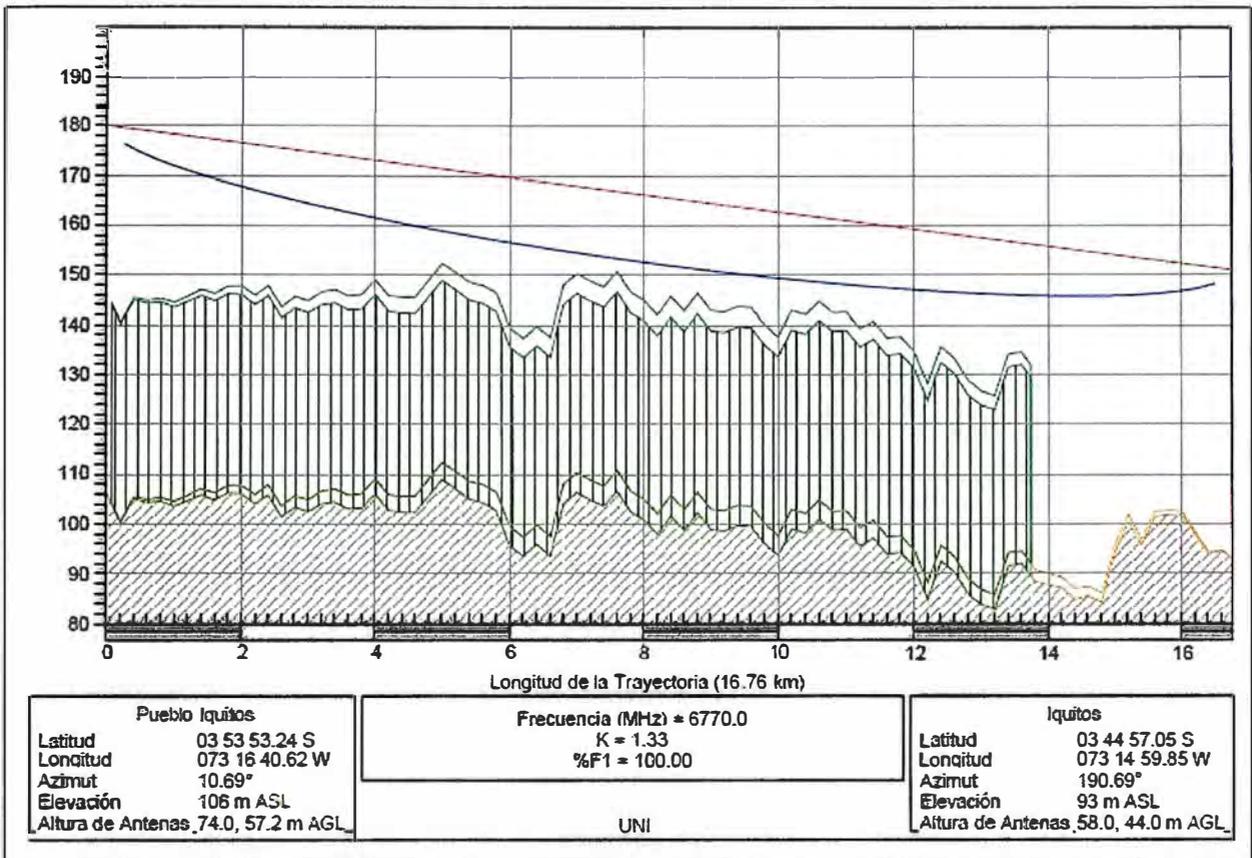
### Perfil del enlace Itaya – Yarina



### Perfil del enlace Yarina – Puerto Iquitos



### Perfil del enlace Puerto Iquitos – Iquitos



# **ANEXO B**

**REPORTES DE LOS PERFILES DE LA RED DE RADIOENLACES DE  
MICROONDAS PARA EL DEPARTAMENTO DE LORETO**

## Reporte final del enlace Puerto Arturo – Islandia

	Puerto Arturo	Islandia
Elevación (m)	173.04	129.39
Latitud	05 49 23.10 S	05 39 55.27 S
Longitud	076 01 56.77 W	075 56 31.43 W
Azimuth Verdadero (°)	29.86	209.85
Ángulo Vertical (°)	-0.13	-3.39e-03
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	57.00	78.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	80.00	100.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.66	4.58
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	38.50	56.50
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	60.00	80.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	2.75	3.66
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Travectoria (km)	20.11	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	135.15	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.19	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	75.28	75.28
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	74.36	74.36
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	61.99	61.07
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 7000.0000V 2 7040.0000V 3 7080.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-43.28	-43.28
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-42.36	-42.36
Margen de Desv. - Térmico (dB)	29.64	29.64

	Puerto Arturo	Islandia
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	1.13	
Fade occurrence factor (Po)	1.18E-02	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	5.77E-08	5.77E-08
(sec)	0.15	0.15
Worst Month Multipath Unavailability	8.91E-09	8.93E-09
(sec)	0.02	0.02
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	29.64	29.64
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	360.65	360.65
Atenuación por Lluvia (dB)	29.64	29.64
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.04	0.04
Disponibilidad Anual	7.24E-08	7.24E-08
(min)	0.04	0.04

## Reporte final del enlace Islandia – Actual Tipisca

	Islandia	Actual Tipisca
Elevación (m)	129.39	124.14
Latitud	05 39 55.27 S	05 27 02.35 S
Longitud	075 56 31.43 W	075 48 55.99 W
Azimuth Verdadero (°)	30.56	210.55
Ángulo Vertical (°)	-0.09	-0.09
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	92.00	97.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	120.00	120.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	5.50	5.50
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	71.00	84.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	77.00	76.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.53	3.48
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	27.57	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	137.89	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.25	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	75.83	75.83
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	74.86	74.82
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	62.65	62.65
TX Channels	0 6460.0000V 1 6500.0000V 2 6540.0000V 3 6580.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6920.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-43.83	-43.83
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-42.86	-42.82
Margen de Desv. - Térmico (dB)	29.14	29.18
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	8.96e-03	
Fade occurrence factor (Po)	1.05E-01	

	Islandia	Achual Tipisca
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	163.94
Worst Month SESR	5.53E-07	6.69E-07
(sec)	1.45	1.76
Worst Month Multipath Unavailability	1.13E-07	1.35E-07
(sec)	0.30	0.35
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	29.14	29.18
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	329.81	330.24
Atenuación por Lluvia (dB)	29.14	29.18
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.09	0.08
Disponibilidad Anual	2.00E-07	2.06E-07
(min)	0.11	0.11

## Reporte final del enlace Achual Tipisca – Lagunas

	Achual Tipisca	Lagunas
Elevación (m)	124.14	153.31
Latitud	05 27 02.35 S	05 19 19.91 S
Longitud	075 48 55.99 W	075 40 44.36 W
Azimuth Verdadero (°)	46.82	226.81
Ángulo Vertical (°)	0.07	-0.21
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	64.00	86.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	85.00	105.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.89	4.81
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Conmutador TX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	47.50	64.50
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	70.00	80.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.21	3.66
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	20.76	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	135.42	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.19	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	72.42	72.42
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	76.33	75.87
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	61.76	60.84
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 7000.0000V 2 7040.0000V 3 7080.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-40.42	-40.42
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-44.33	-43.87
Margen de Desv. - Térmico (dB)	31.58	31.58
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	2.46	
Fade occurrence factor (Po)	6.70E-03	

	Achual Tipisca	Lagunas
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR (sec)	2.19E-08 0.06	2.19E-08 0.06
Worst Month Multipath Unavailability (sec)	2.99E-09 7.87e-03	3.02E-09 7.94e-03
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	31.58	31.58
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	382.24	382.24
Atenuación por Lluvia (dB)	31.58	31.58
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.02	0.02
Disponibilidad Anual (min)	3.94E-08 0.02	3.94E-08 0.02

## Reporte final del enlace Lagunas – Eureka

	Lagunas	Eureka
Elevación (m)	153.31	125.00
Latitud	05 19 19.91 S	05 08 31.85 S
Longitud	075 40 44.36 W	075 33 32.26 W
Azimuth Verdadero (°)	33.77	213.75
Ángulo Vertical (°)	-0.13	-0.03
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	66.50	73.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guí de onda
Longitud de Línea de TX (m)	86.00	93.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.94	4.26
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	54.20	61.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guí de onda	Guí de onda
Longitud de Línea de TX (m)	74.00	81.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.39	3.71
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	23.94	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	136.66	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.22	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	71.78	71.78
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	72.23	72.23
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	64.21	63.89
TX Channels	0 6460.0000V 1 6500.0000V 2 6540.0000V 3 6580.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6920.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-39.78	-39.78
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-40.23	-40.23

	Lagunas	Eureca
Margen de Desv. - Térmico (dB)	32.22	32.22
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Trayecto (mr)	0.91	
Fade occurrence factor (Po)	2.58E-02	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	7.41E-08	7.41E-08
(sec)	0.19	0.19
Worst Month Multipath Unavailability	9.79E-09	9.76E-09
(sec)	0.03	0.03
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	32.22	32.22
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	373.96	373.96
Atenuación por Lluvia (dB)	32.22	32.22
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.03	0.03
Disponibilidad Anual	5.14E-08	5.14E-08
(min)	0.03	0.03

## Reporte final del enlace Eureka – Chanchamayo

	Eureka	Chanchamayo
Elevación (m)	125.00	128.54
Latitud	05 08 31.85 S	04 57 40.37 S
Longitud	075 33 32.26 W	075 24 16.84 W
Azimuth Verdadero (°)	40.53	220.52
Ángulo Vertical (°)	-0.08	-0.09
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	72.00	71.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	92.00	91.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.21	4.17
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	57.50	56.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	77.50	76.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.55	3.48
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	26.33	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	137.49	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.24	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	72.81	72.81
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	73.15	73.12
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	63.94	63.98
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 7000.0000V 2 7040.0000V 3 7080.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-40.81	-40.81
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-41.15	-41.12

	Eureca	Chanchamayo
Margen de Desv. - Térmico (dB)	31.19	31.19
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	0.10	
Fade occurrence factor (Po)	7.89E-02	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	2.79E-07	2.79E-07
(sec)	0.73	0.73
Worst Month Multipath Unavailability	4.07E-08	4.07E-08
(sec)	0.11	0.11
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	31.19	31.19
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	353.37	353.37
Atenuación por Lluvia (dB)	31.19	31.19
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.04	0.04
Disponibilidad Anual	9.85E-08	9.86E-08
(min)	0.05	0.05

## Reporte final del enlace Santa Teresa – Maipuco

	Santa Teresa	Maipuco
Elevación (m)	128.74	126.93
Latitud	04 50 29.68 S	04 51 13.67 S
Longitud	075 15 54.03 W	075 04 06.60 W
Azimuth Verdadero (°)	93.56	273.54
Ángulo Vertical (°)	-0.06	-0.09
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	62.50	70.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	82.50	90.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.78	4.12
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	42.50	57.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	62.50	77.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	2.86	3.53
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	21.84	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	135.86	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.20	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	75.67	75.67
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	75.75	76.07
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	61.87	61.53
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 7000.0000V 2 7040.0000V 3 7080.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-43.67	-43.67
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-43.75	-44.07
Margen de Desv. - Térmico (dB)	28.33	28.33
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (m/r)	0.26	
Fade occurrence factor (Po)	3.31E-02	

	Santa Teresa	Maipuco
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR (sec)	2.08E-07 0.55	2.09E-07 0.55
Worst Month Multipath Unavailability (sec)	4.09E-08 0.11	4.08E-08 0.11
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	28.33	28.33
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	338.71	338.71
Atenuación por Lluvia (dB)	28.33	28.33
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.07	0.07
Disponibilidad Anual (min)	1.40E-07 0.07	1.40E-07 0.07

## Reporte final del enlace Chanchamayo – Santa Teresa

	Chanchamayo	Santa Teresa
Elevación (m)	128.54	128.74
Latitud	04 57 40.37 S	04 50 29.68 S
Longitud	075 24 16.84 W	075 15 54.03 W
Azimuth Verdadero (°)	49.51	229.50
Ángulo Vertical (°)	-0.07	-0.07
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	58.00	57.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	78.00	76.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.57	3.48
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	39.00	36.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	59.00	56.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	2.70	2.56
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Travectoria (km)	20.37	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	135.26	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.19	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	74.20	74.20
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	69.73	69.68
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	62.08	62.17
TX Channels	0 6460.0000V 1 6500.0000V 2 6540.0000V 3 6580.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6920.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-42.20	-42.20
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-37.73	-37.68
Margen de Desv. - Térmico (dB)	34.27	34.32
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mrad)	0.04	
Fade occurrence factor (Po)	3.38E-02	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	6.27E-08	6.20E-08

	Chanchamayo	Santa Teresa
(sec)	0.16	0.16
Worst Month Multipath Unavailability	5.71E-09	5.76E-09
(sec)	0.02	0.02
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	34.27	34.32
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	461.47	466.14
Atenuación por Lluvia (dB)	34.27	34.32
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	2.31e-03	2.03e-03
Disponibilidad Anual	6.12E-09	5.60E-09
(min)	3.21e-03	2.94e-03

## Reporte final del enlace Maipuco – Saramuro

	Maipuco	Saramuro
Elevación (m)	126.93	120.38
Latitud	04 51 13.67 S	04 46 11.70 S
Longitud	075 04 06.60 W	074 51 32.69 W
Azimuth Verdadero (°)	68.24	248.23
Ángulo Vertical (°)	-0.15	-0.02
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	81.00	60.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	100.00	80.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.58	3.66
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	65.50	40.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	85.50	60.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.92	2.75
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	25.01	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	137.04	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.23	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	72.22	72.22
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	72.55	72.30
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	63.57	64.49
TX Channels	0 6460.0000V 1 6500.0000V 2 6540.0000V 3 6580.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6920.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-40.22	-40.22
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-40.55	-40.30

	Maipuco	Saramuro
Margen de Desv. - Térmico (dB)	31.78	31.78
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	1.10	
Fade occurrence factor (Po)	2.64E-02	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	8.27E-08	8.23E-08
(sec)	0.22	0.22
Worst Month Multipath Unavailability	1.23E-08	1.27E-08
(sec)	0.03	0.03
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	31.78	31.78
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	364.35	364.35
Atenuación por Lluvia (dB)	31.78	31.78
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.03	0.03
Disponibilidad Anual	6.67E-08	6.68E-08
(min)	0.04	0.04

## Reporte final del enlace Saramuro – Concordia

	Saramuro	Concordia
Elevación (m)	120.38	121.08
Latitud	04 46 11.70 S	04 38 26.13 S
Longitud	074 51 32.69 W	074 40 58.58 W
Azimuth Verdadero (°)	53.81	233.80
Ángulo Vertical (°)	-0.09	-0.07
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	75.00	70.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	95.00	90.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.35	4.12
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	61.50	57.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	81.50	77.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.73	3.53
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	24.22	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	136.76	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.22	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	72.16	72.16
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	72.54	72.56
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	63.80	64.03
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 6700.0000V 2 6740.0000V 3 6780.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-40.16	-40.16
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-40.54	-40.56

	Saramuro	Concordia
Margen de Desv. - Térmico (dB)	31.84	31.84
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Trayecto (mr)	0.18	
Fade occurrence factor (Po)	5.29E-02	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	1.64E-07	1.64E-07
(sec)	0.43	0.43
Worst Month Multipath Unavailability	2.07E-08	2.06E-08
(sec)	0.05	0.05
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	31.84	31.84
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	368.16	368.16
Atenuación por Lluvia (dB)	31.84	31.84
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.03	0.03
Disponibilidad Anual	6.34E-08	6.33E-08
(min)	0.03	0.03

## Reporte final del enlace Concordia – Castilla

	Concordia	Castilla
Elevación (m)	121.08	116.26
Latitud	04 38 26.13 S	04 38 03.34 S
Longitud	074 40 58.58 W	074 29 19.92 W
Azimuth Verdadero (°)	88.15	268.13
Ángulo Vertical (°)	-0.07	-0.08
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	61.00	68.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	88.00	88.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.03	4.03
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	48.00	49.50
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	68.00	60.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.11	2.75
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	21.55	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	135.75	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.20	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	75.71	75.71
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	75.79	75.42
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	61.62	61.62
TX Channels	0 6460.0000V 1 6500.0000V 2 6540.0000V 3 6580.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6920.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-43.71	-43.71
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-43.79	-43.42
Margen de Desv. - Térmico (dB)	28.29	28.58
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	0.10	
Fade occurrence factor (Po)	3.81E-02	

	Concordia	Castilla
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR (sec)	2.42E-07 0.64	2.28E-07 0.60
Worst Month Multipath Unavailability (sec)	4.70E-08 0.12	4.26E-08 0.11
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	28.29	28.58
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	339.41	342.35
Atenuación por Lluvia (dB)	28.29	28.58
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.07	0.06
Disponibilidad Anual (min)	1.40E-07 0.07	1.29E-07 0.07

## Reporte final del enlace Castilla – San Miguel

	Castilla	San Miguel
Elevación (m)	116.26	105.89
Latitud	04 38 03.34 S	04 42 41.78 S
Longitud	074 29 19.92 W	074 17 12.05 W
Azimuth Verdadero (°)	110.88	290.86
Ángulo Vertical (°)	-0.09	-0.07
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	74.00	80.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	94.00	100.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.31	4.58
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	53.50	60.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	73.50	80.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.37	3.66
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	24.01	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	136.69	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.22	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	72.49	72.49
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	72.55	72.58
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	63.84	63.57
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 7000.0000V 2 7040.0000V 3 7080.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-40.49	-40.49
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-40.55	-40.58
Margen de Desv. - Térmico (dB)	31.51	31.51
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	0.18	
Fade occurrence factor (Po)	5.10E-02	

	Castilla	San Miguel
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	1.68E-07	1.68E-07
(sec)	0.44	0.44
Worst Month Multipath Unavailability	2.26E-08	2.25E-08
(sec)	0.06	0.06
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	31.51	31.51
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	365.02	365.02
Atenuación por Lluvia (dB)	31.51	31.51
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.03	0.03
Disponibilidad Anual	6.91E-08	6.91E-08
(min)	0.04	0.04

## Reporte final del enlace San Miguel - San Miguel 2

	San Miguel	San Miguel 2
Elevación (m)	105.89	115.74
Latitud	04 42 41.78 S	04 39 42.88 S
Longitud	074 17 12.05 W	074 07 05.22 W
Azimuth Verdadero (°)	73.63	253.62
Ángulo Vertical (°)	-0.07	-0.06
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	76.00	65.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	99.00	85.50
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.53	3.92
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	62.00	48.50
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	82.00	68.50
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.76	3.14
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	19.49	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	134.88	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.18	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	75.21	75.21
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	75.43	75.43
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	61.12	61.73
TX Channels	0 6460.0000V 1 6500.0000V 2 6540.0000V 3 6580.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6920.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-43.21	-43.21
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-43.43	-43.43

	San Miguel	San Miguel 2
Margen de Desv. - Térmico (dB)	28.79	28.79
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Trayecto (mr)	0.06	
Fade occurrence factor (Po)	2.81E-02	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	1.62E-07	1.62E-07
(sec)	0.43	0.43
Worst Month Multipath Unavailability	2.71E-08	2.71E-08
(sec)	0.07	0.07
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	28.79	28.79
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	353.92	353.92
Atenuación por Lluvia (dB)	28.79	28.79
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.04	0.04
Disponibilidad Anual	9.23E-08	9.23E-08
(min)	0.05	0.05

## Reporte final del enlace San Miguel 2 – San Regis

	San Miguel 2	San Regis
Elevación (m)	115.74	103.75
Latitud	04 39 42.88 S	04 31 36.15 S
Longitud	074 07 05.22 W	073 56 36.30 W
Azimuth Verdadero (°)	52.37	232.35
Ángulo Vertical (°)	-0.08	-0.09
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	67.00	81.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	86.00	100.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.94	4.58
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	47.00	68.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	67.00	80.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.07	3.66
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	24.48	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	136.86	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.23	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	72.30	72.30
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	72.43	72.38
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	64.21	63.57
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 7000.0000V 2 7040.0000V 3 7080.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-40.30	-40.30
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-40.43	-40.38

	San Miguel 2	San Regis
Margen de Desv. - Térmico (dB)	31.70	31.70
Factor Geoclimático	1.26E- 05	
Inclinación del Travecto (mr)	0.08	
Fade occurrence factor (Po)	6.19 E- 0	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	1.97E- 07	1.97E- 07
(sec)	0.52	0.52
Worst Month Multipath Unavailability	2.58E- 08	2.52E- 08
(sec)	0.07	0.07
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	31.70	31.70
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	365.41	365.41
Atenuación por Lluvia (dB)	31.70	31.70
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.03	0.03
Disponibilidad Anual	6.96E- 08	6.94E- 08
(min)	0.04	0.04

## Reporte final del enlace San Regis – Nauta 1

	San Regis	Nauta 1
Elevación (m)	103.75	129.00
Latitud	04 31 36.15 S	04 32 18.11 S
Longitud	073 56 36.30 W	073 46 30.99 W
Azimuth Verdadero (°)	93.96	273.94
Ángulo Vertical (°)	0.03	-0.15
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	76.00	80.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	96.00	100.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.40	4.58
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	60.50	65.75
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	86.50	85.75
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.96	3.93
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	18.70	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	134.52	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.17	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	75.37	75.37
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	75.93	75.71
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	61.25	61.07
TX Channels	0 6460.0000V 1 6500.0000V 2 6540.0000V 3 6580.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6920.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-43.37	-43.37
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-43.93	-43.71
Margen de Desv. - Térmico (dB)	28.63	28.63
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	1.56	
Fade occurrence factor (Po)	7.02E-03	

	San Regis	Nauta 1
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR (sec)	4.22E-08 0.11	4.22E-08 0.11
Worst Month Multipath Unavailability (sec)	7.14E-09 0.02	7.14E-09 0.02
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	28.63	28.63
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	356.29	356.29
Atenuación por Lluvia (dB)	28.63	28.63
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.04	0.04
Disponibilidad Anual (min)	8.07E-08 0.04	8.07E-08 0.04

## Reporte final del enlace Nauta 1 – Nauta 2

	Nauta 1	Nauta 2
Elevación (m)	129.00	103.86
Latitud	04 32 18.11 S	04 29 29.59 S
Longitud	073 46 30.99 W	073 37 08.05 W
Azimuth Verdadero (°)	73.40	253.38
Ángulo Vertical (°)	-0.08	-0.04
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	85.00	104.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	105.00	124.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.81	5.68
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	71.00	85.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	91.00	105.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.17	4.81
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	18.11	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	134.24	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.17	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	71.59	71.59
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	71.95	71.72
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	63.34	62.47
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 7000.0000V 2 7040.0000V 3 7080.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-39.59	-39.59
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-39.95	-39.72
Margen de Desv. - Térmico (dB)	32.41	32.41
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (m)	0.34	
Fade occurrence factor (Po)	1.55E-02	

	Nauta 1	Nauta 2
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR (sec)	4.27E-08 0.11	4.26E-08 0.11
Worst Month Multipath Unavailability (sec)	4.00E-09 0.01	4.08E-09 0.01
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	32.41	32.41
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	423.29	423.29
Atenuación por Lluvia (dB)	32.41	32.41
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	6.59e-03	6.59e-03
Disponibilidad Anual (min)	1.37E-08 7.18e-03	1.37E-08 7.19e-03

## Reporte final del enlace Nauta 2 – Itaya

	Nauta 2	Itaya
Elevación (m)	103.86	132.07
Latitud	04 29 29.59 S	04 15 59.98 S
Longitud	073 37 08.05 W	073 27 08.05 W
Azimuth Verdadero (°)	36.65	216.64
Ángulo Vertical (°)	-0.13	-0.08
Modelo de Antena	HPX12-65-D1M	HPX12-65-D1M
Altura de Antena (m)	137.00	97.00
Ganancia de Antena (dBi)	45.40	45.40
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	157.00	117.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	7.19	5.36
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX12-65-D1M	HPX12-65-D1M
Altura de Antena (m)	116.00	77.00
Ganancia de Antena (dBi)	45.40	45.40
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	136.00	97.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	6.23	4.44
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	30.99	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	138.90	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.29	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	71.64	71.64
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	71.68	71.72
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	64.36	66.19
TX Channels	0 6640.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6920.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-39.64	-39.64
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-39.68	-39.72

	Nauta 2	Itaya
Margen de Desv. - Térmico (dB)	32.36	32.36
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	0.38	
Fade occurrence factor (Po)	1.03E-01	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	2.88E-07	2.88E-07
(sec)	0.76	0.76
Worst Month Multipath Unavailability	4.65E-08	4.62E-08
(sec)	0.12	0.12
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	32.36	32.36
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	353.28	353.28
Atenuación por Lluvia (dB)	32.36	32.36
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.05	0.05
Disponibilidad Anual	1.01E-07	1.01E-07
(min)	0.05	0.05

## Reporte final del enlace Itaya – Yarina

	Itaya	Yarina
Elevación (m)	132.07	107.00
Latitud	04 15 59.98 S	04 03 56.71 S
Longitud	073 27 08.05 W	073 20 55.42 W
Azimuth Verdadero (°)	27.36	207.35
Ángulo Vertical (°)	-0.14	-0.03
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	70.00	70.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	92.00	90.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.21	4.12
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX8-65-D1A	HPX8-65-D1A
Altura de Antena (m)	52.50	58.00
Ganancia de Antena (dBi)	42.00	42.00
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	72.50	78.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.32	3.57
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	25.01	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	137.04	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.23	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	72.31	72.31
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	72.42	72.76
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	63.94	64.03
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 7000.0000V 2 7040.0000V 3 7080.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-40.31	-40.31
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-40.42	-40.76

	Itaya	Yarina
Margen de Desv. - Térmico (dB)	31.69	31.69
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	1.00	
Fade occurrence factor (Po)	2.82E-02	
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR	9.00E-08	9.05E-08
(sec)	0.24	0.24
Worst Month Multipath Unavailability	1.35E-08	1.30E-08
(sec)	0.04	0.03
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	31.69	31.69
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	363.31	363.31
Atenuación por Lluvia (dB)	31.69	31.69
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.03	0.03
Disponibilidad Anual	6.89E-08	6.88E-08
(min)	0.04	0.04

## Reporte final del enlace Yarina – Puerto Iquitos

	Yarina	Pueblo Iquitos
Elevación (m)	107.00	106.05
Latitud	04 03 56.71 S	03 53 53.24 S
Longitud	073 20 55.42 W	073 16 40.62 W
Azimuth Verdadero (°)	22.98	202.98
Ángulo Vertical (°)	-0.05	-0.08
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	62.50	69.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	83.00	89.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.80	4.08
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	45.00	49.50
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	65.00	69.50
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	2.98	3.18
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	20.13	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	135.16	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.19	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	74.92	74.92
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	75.10	75.03
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	61.85	61.57
TX Channels	0 6460.0000V 1 6500.0000V 2 6540.0000V 3 6580.0000V	0 6800.0000V 1 6840.0000V 2 6880.0000V 3 6720.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-42.92	-42.92
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-43.10	-43.03
Margen de Desv. - Térmico (dB)	29.08	29.08
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	0.28	
Fade occurrence factor (Po)	2.43E-02	

	Yarina	Pueblo Iquitos
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR (sec)	1.32E-07 0.35	1.32E-07 0.35
Worst Month Multipath Unavailability (sec)	2.18E-08 0.06	2.18E-08 0.06
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	29.08	29.08
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	353.99	353.99
Atenuación por Lluvia (dB)	29.08	29.08
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.04	0.04
Disponibilidad Anual (min)	9.04E-08 0.05	9.04E-08 0.05

## Reporte final del enlace Puerto Iquitos – Iquitos

	Pueblo Iquitos	Iquitos
Elevación (m)	106.05	93.04
Latitud	03 53 53.24 S	03 44 57.05 S
Longitud	073 16 40.62 W	073 14 59.85 W
Azimuth Verdadero (°)	10.69	190.69
Ángulo Vertical (°)	-0.16	0.04
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	74.00	58.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	94.00	78.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	4.31	3.57
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas en Circulador (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas TX (dB)	1.00	1.00
Modelo de Antena	HPX6-65-D1A	HPX6-65-D1A
Altura de Antena (m)	57.25	44.00
Ganancia de Antena (dBi)	39.50	39.50
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	Guía de onda	Guía de onda
Longitud de Línea de TX (m)	77.50	64.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	4.58	4.58
Pérdida en Línea de TX (dB)	3.55	2.93
Pérdida en Conectores (dB)	0.25	0.25
Pérdidas Circulador Div RX (dB)	3.60	3.60
Otras Pérdidas por Div. (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	6770.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	16.76	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	133.56	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.15	
Pérdidas Netas - Principal (dB)	73.30	73.30
Pérdidas Netas - Diversidad (dB)	73.54	73.66
Modelo de Radio	9667_LSY_STM1-128 NB	9667_LSY_STM1-128 NB
Potencia de Transmisión (w)	1.58	1.58
Potencia de Transmisión (dBm)	32.00	32.00
PIRE (dBm)	61.34	62.08
TX Channels	0 6620.0000V 1 6660.0000V 2 6700.0000V 3 6740.0000V	0 6960.0000V 1 7000.0000V 2 7040.0000V 3 7080.0000V
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-72.00	-72.00
Nivel de Señal RX Prin. (dBm)	-41.30	-41.30
Nivel de Señal RX Div. (dBm)	-41.54	-41.66
Margen de Desv. - Térmico (dB)	30.70	30.70
Factor Geoclimático	1.26E-05	
Inclinación del Travecto (mr)	1.73	
Fade occurrence factor (Po)	4.33E-03	

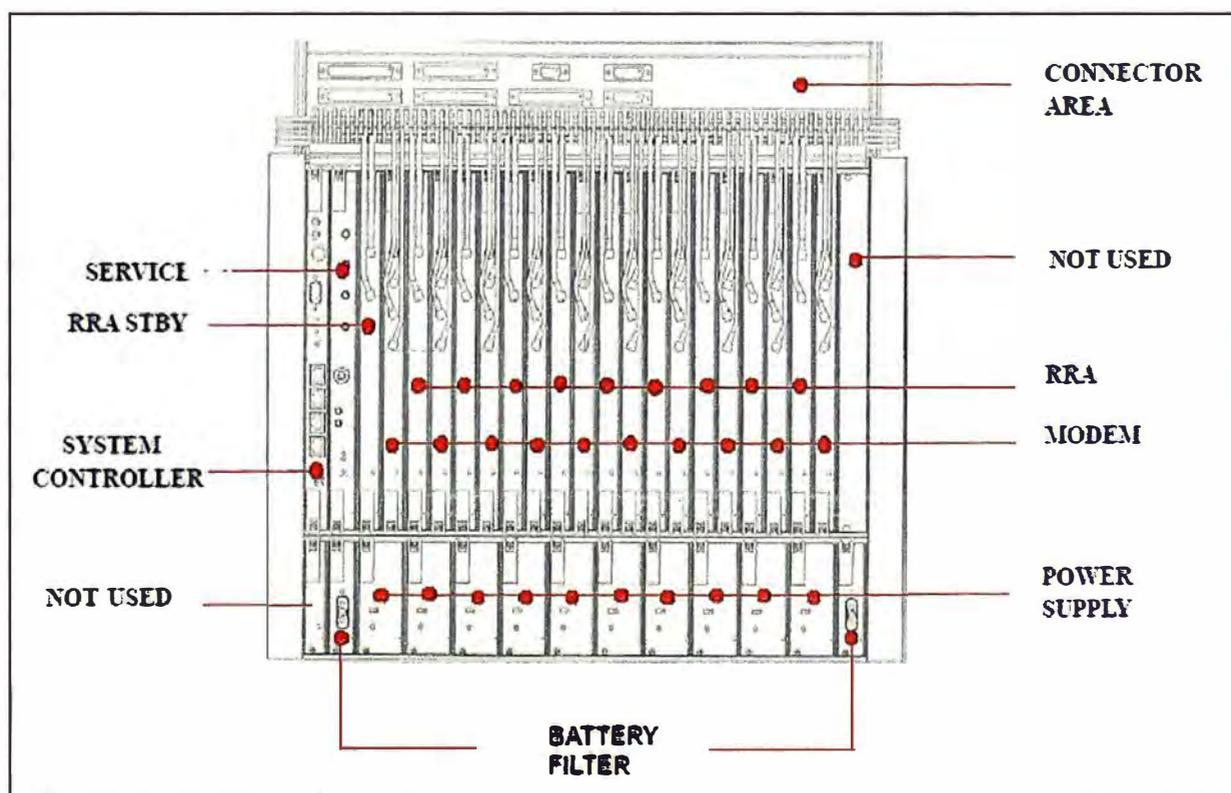
	Pueblo Iquitos	Iquitos
Mejoramiento por Diversidad SD	200.00	200.00
Worst Month SESR (sec)	1.71E-08 0.05	1.71E-08 0.05
Worst Month Multipath Unavailability (sec)	1.96E-09 5.14e-03	1.95E-09 5.13e-03
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	30.70	30.70
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	402.02	402.02
Atenuación por Lluvia (dB)	30.70	30.70
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (min)	0.01	0.01
Disponibilidad Anual (min)	2.30E-08 0.01	2.30E-08 0.01

# **ANEXO C**

**EQUIPAMIENTO PARA LA RED DE RADIOENLACE**

Parámetros de la radio LSY 9600

RADIO SYSTEM	9640 LSY	9647 LSY	9662 LSY	9667 LSY	9674 LSY	9681 LSY	9610 LSY	9611 LSY	9613 LSY
RF FREQ. BAND (GHz)	3.6-4.2	4.4-5.0	5.9-6.4	6.4-7.1	7.1-7.7	7.7-8.3	10.0-10.7	10.7-11.7	12.75-13.25
RF CHANNEL ARRANGEMENTS (ITU-R)	F. 635 F. 382	F. 1000 F. 746	F. 383	F. 384	F. 385	F. 386	-	F. 387	F. 497
RF CHANNEL SPACING (MHz)									
STM-1	28/29/40	28/40	29.05	40	28	28/29.05	28	40	28
STM-0	-	-	-	-	14	14	-	-	14
TRANSMISSION CAPACITY (PER RF CHANNEL)	1 x STM-1 or 2 x STM-1	1 x STM-1 or 2 x STM-1	1 x STM-1 or 2 x STM-1	1 x STM-1 or 2 x STM-1	1 x STM-1 or 2 x STM-1	1 x STM-1 or 2 x STM-1	1 x STM-1 or 2 x STM-1	1 x STM-1 or 2 x STM-1	1 x STM-1 or 2 x STM-1
MODULATION	128 QAM								
DEMODULATION	COHERENT								
ADAPTIVE EQUALIZER	19 TAPS								
SPECTRUM SHAPING	RAISED COSINE								
CODING TYPE	MLC								
FREQUENCY REUSE	YES								
TRANSMITTED POWER (*)									
ATPC (Max) (dBm)	32	32	32	32	32	32	30	30	28
ATPC RANGE (dB)	17	17	17	17	17	17	17	15	13
AGC DYNAMIC RANGE (dB)	60								
RECEIVER THRESHOLD STM1 @ BER = 1x10 <sup>-3</sup> (**) (dBm)	-73	-73	-73	-73	-72.5	-72.5	-72.5	-72.5	-72
RECEIVER THRESHOLD STM1 @ BER = 1x10 <sup>-6</sup> (**) (dBm)	-71	-71	-71	-71	-70.5	-70.5	-70.5	-70.5	-70
BRANCHING LOSSES T+R (dB)									
1+1 single polar (STM-1)	6.5	7.0	4.5	4	6.5	5.5	7	5.5	8
3+1 single polar (STM-1)	7.5	8.0	5.5	4.5	7.5	6.5	8	6	8.5
NET SYSTEM GAIN (Point C-C') @ BER = 1x10 <sup>-3</sup> (dB)									
1+1 single polar (STM-1)	98.5	98	100.5	101	98	99	95.5	97	92
3+1 single polar (STM-1)	97.5	97	99.5	100.5	97	98	94.5	96.5	91.5
SYSTEM STANDARD (ETSI)	EN 300 234 - EN 301 127 - EN 301 869 - EN 301 461 - EN 301489								
SWITCHING CONFIGURATION	N+0/N+1								
SWITCHING TYPE	HITLESS								
STATION CONFIGURATION	REGENERATOR TERM. - WIRELESS MULTISERVICE NODE								
MAX POWER CONS. (W)									
1+1/2+0 Regenerator Terminal	≤ 200								
3+1/4+0 Regenerator Terminal	≤ 360								
7+1/8+0 Regenerator Terminal	≤ 700								



## Información técnica de la Antena HPX12-65 -Andrew



### HPX12-65-D1M

3.7 m | 12 ft High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 6.425–7.125 GHz, PDR70, gray antenna, standard white radome with flash, standard pack—two-piece reflector

#### General Specifications

Packing	Standard pack
Radome Color	White
Radome Material	Standard
Reflector Construction	Two-piece reflector
Antenna Input	PDR70
Antenna Color	Gray
Antenna Type	HPX - High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized
Diameter, nominal	3.7 m   12 ft
Flash Included	Yes
Polarization	Dual

#### Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	0.8 °
Beamwidth, Vertical	0.8 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	30 dB
Electrical Compliance	ETSI Class 2   US FCC Part 101A   US FCC Part 74A
Front-to-Back Ratio	71 dB
Gain, Low Band	45.0 dBi
Gain, Mid Band	45.4 dBi
Gain, Top Band	45.9 dBi
Operating Frequency Band	6.425 – 7.125 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	2656D
Return Loss	30.7 dB
VSWR	1.06

#### Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±5°
Fine Elevation Adjustment	±5°
Mounting Pipe Diameter	115 mm   4.5 in
Net Weight	431 kg   950 lb
Side Struts, Included	1 inboard   1 outboard
Side Struts, Optional	2 outboard
Wind Velocity Operational	110 km/h   68 mph
Wind Velocity Survival Rating	200 km/h   124 mph

#### Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

Angle $\alpha$ for MT Max	-110 °
Axial Force (FA)	25390 N   5708 lbf
Force on Inboard Strut Side	8000 N   1798 lbf
Force on Outboard Strut Side	11500 N   2585 lbf
Side Force (FS)	12577 N   2827 lbf
Twisting Moment (MT)	-14132 N•m
Weight with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	895 kg   1973 lb
Zcg with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	914 mm   36 in
Zcg without Ice	808 mm   32 in

## Información técnica de la Antena HPX8-65 -Andrew



### HPX8-65-D1A

2.4 m | 8 ft High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 6.425–7.125 GHz, PDR70, gray antenna, standard white radome with flash, standard pack—one-piece reflector

#### General Specifications

Packing	Standard pack
Radome Color	White
Radome Material	Standard
Reflector Construction	One-piece reflector
Antenna Input	PDR70
Antenna Color	Gray
Antenna Type	HPX - High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized
Diameter, nominal	2.4 m   8 ft
Flash Included	Yes
Polarization	Dual

#### Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	1.3 °
Beamwidth, Vertical	1.3 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	34 dB
Electrical Compliance	ETSI Class 2   US FCC Part 101A   US FCC Part 74A
Front-to-Back Ratio	68 dB
Gain, Low Band	41.6 dBi
Gain, Mid Band	42.0 dBi
Gain, Top Band	42.4 dBi
Operating Frequency Band	6.425 – 7.125 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	2654D
Return Loss	30.7 dB
VSWR	1.06

#### Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±5°
Fine Elevation Adjustment	±5°
Mounting Pipe Diameter	115 mm   4.5 in
Net Weight	227 kg   500 lb
Side Struts, Included	1 inboard   1 outboard
Side Struts, Optional	2 outboard
Wind Velocity Operational	110 km/h   68 mph
Wind Velocity Survival Rating	200 km/h   124 mph

#### Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

Angle $\alpha$ for MT Max	-110 °
Axial Force (FA)	11284 N   2537 lbf
Force on Inboard Strut Side	4260 N   958 lbf
Force on Outboard Strut Side	5630 N   1266 lbf
Side Force (FS)	5590 N   1257 lbf
Twisting Moment (MT)	-4901 N•m
Weight with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	454 kg   1001 lb
Zcg with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	729 mm   29 in
Zcg without Ice	673 mm   26 in

## Información técnica de la Antena HPX6-65 -Andrew

### Andrew Solutions

### HPX6-65-D1A/F

1.8 m | 6 ft High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 6.425–7.125 GHz, PDR70, gray antenna, standard white radome with flash, standard pack—one-piece reflector

### General Specifications

Packing	Standard pack
Radome Color	White
Radome Material	Standard
Reflector Construction	One-piece reflector
Antenna Input	PDR70
Antenna Color	Gray
Antenna Type	HPX - High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized
Diameter, nominal	1.8 m   6 ft
Flash Included	Yes
Polarization	Dual

### Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	1.7 °
Beamwidth, Vertical	1.7 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	30 dB
Electrical Compliance	ETSI Class 2   US FCC Part 101B   US FCC Part 74B
Front-to-Back Ratio	64 dB
Gain, Low Band	39.1 dBi
Gain, Mid Band	39.5 dBi
Gain, Top Band	39.9 dBi
Operating Frequency Band	6.425 – 7.125 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	2794E
Return Loss	29.4 dB
VSWR	1.07

### Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±15°
Fine Elevation Adjustment	±20°
Mounting Pipe Diameter	115 mm   4.5 in
Net Weight	115 kg   254 lb
Side Struts, Included	1 inboard
Side Struts, Optional	1 inboard
Wind Velocity Operational	110 km/h   68 mph
Wind Velocity Survival Rating	200 km/h   124 mph

### Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

Angle $\alpha$ for MT Max	-130 °
Axial Force (FA)	7744 N   1741 lbf
Side Force (FS)	3836 N   862 lbf

### HPX6-65-D1A/F

Twisting Moment (MT)	2955 N•m
Weight with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	235 kg   518 lb
Zcg with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	660 mm   26 in
Zcg without Ice	466 mm   18 in

## Información técnica de la ventana de presurización.



# 55000A-137

Pressure Window for WR137, 5.85–8.2 GHz, mates to UG-343B/U

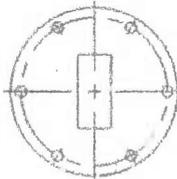
### Electrical Specifications

Operating Frequency Band 5.85 – 8.2 GHz  
 VSWR 1.04

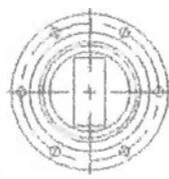
### General Specifications

Component	Pressure Window
Waveguide Size	WR137   WG14   R70
Interface	UG-344/U
Mates to Interface	UG-343B/U

### Interface



### Mates to Interface



### Regulatory Compliance/Certifications

<b>Agency</b>	<b>Classification</b>
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

## Información técnica de la Bota pasamuros



Andrew Solutions  
WGB4-63  
Boot Assembly, 4 in, for elliptical waveguide 63

### Dimensions

Length	76.20 mm   3.00 in
Waveguide Size	WR137   WG14   R70
Width	101.60 mm   4.00 in

### General Specifications

Cable Type	Elliptical waveguide
Cables per Cushion	1
Color	Black
Includes	Boot   Cushion
Material Type	EPDM rubber
Package Quantity	1

### Mechanical Specifications

UV Resistance Test Method	MIL-STD-810E, Procedure 11, Method 557
Weather Resistance Test Method	04AS00-03.9.52   IEC 60529:2001, IP66

### Packed Dimensions

Height	133.0 mm   5.2 in
Length	88.9 mm   3.5 in
Shipping Weight	0.64 kg   1.40 lb
Width	133.0 mm   5.2 in

### Regulatory Compliance/Certifications

Agency	Classification
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

## Información técnica del conector



### 163SEM

Fixed-tuned PDR70 for elliptical waveguide 63

#### General Specifications

Body Style	Straight, fixed-tuned
Interface	PDR70
Waveguide Size	WR137   WG14   R70
Brand	HELIAX®
Material Type	Brass

#### Electrical Specifications

Operating Frequency Band	5.925 – 7.125 GHz
Insertion Loss, typical	0.01 dB
Peak Power, maximum	102.00 kW @ 6.78 GHz

#### Mechanical Specifications

Attachment Method	Tab-flare   Tool-flare
Inner Contact Plating	Unplated
Outer Contact Plating	Unplated
Pressurizable	Yes

#### Dimensions

Length	85.34 mm   3.36 in
Transition Length	52.83 mm   2.08 in
Weight	1.70 kg   3.75 lb
Width	85.85 mm   3.38 in

#### Environmental Specifications

Operating Temperature	-55 °C to +85 °C (-67 °F to +185 °F)
Storage Temperature	-55 °C to +85 °C (-67 °F to +185 °F)

#### Regulatory Compliance/Certifications

Agency	Classification
RoHS 2002/95/EC	Compliant by Exemption
China RoHS SJ/T 11364-2006	Above Maximum Concentration Value (MCV)
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

#### \* Footnotes

Insertion Loss, typical	$0.05\sqrt{\text{freq (GHz)}}$ (not applicable for elliptical waveguide)
-------------------------	--

## Información técnica de la guía de onda



### 35409-19

EW63, HELIAX® Standard Elliptical Waveguide, 5.925–7.125 GHz, black non-halogenated, fire retardant polyolefin jacket

#### Construction Materials

Jacket Material	Non-halogenated, fire retardant polyolefin
Conductor Material	Corrugated copper
Jacket Color	Black

#### Dimensions

Cable Volume	855.0 L/km   9.2 ft <sup>3</sup> /kft
Cable Weight	0.76 kg/m   0.51 lb/ft
Diameter Over Jacket (E Plane)	51.10 mm   2.01 in
Diameter Over Jacket (H Plane)	29.50 mm   1.16 in

#### Electrical Specifications

Operating Frequency Band	5.925 – 7.125 GHz
eTE11 Mode Cutoff	4.001 GHz
Group Delay	126 ns/100 ft @ 6.775 GHz 413 ns/100 m @ 6.775 GHz

#### Environmental Specifications

Installation Temperature	-25 °C to +60 °C (-13 °F to +140 °F)
Operating Temperature	-30 °C to +80 °C (-22 °F to +176 °F)
Storage Temperature	-30 °C to +80 °C (-22 °F to +176 °F)

#### General Specifications

Brand	HELIAX®
-------	---------

#### Mechanical Specifications

Maximum Twist	3.00 °/m   1.00 °/ft
Minimum Bend Radius, Multiple Bends (E Plane)	260.00 mm   10.00 in
Minimum Bend Radius, Multiple Bends (H Plane)	740.00 mm   29.00 in
Minimum Bend Radius, Single Bend (E Plane)	180.00 mm   7.00 in
Minimum Bend Radius, Single Bend (H Plane)	510.00 mm   20.00 in

#### Note

Performance Note	Values typical, unless otherwise stated
------------------	---

#### Standard Conditions

Attenuation, Ambient Temperature	24 °C   75 °F
Average Power, Ambient Temperature	40 °C   104 °F

35409-19



Average Power, Temperature Rise      42 °C | 76 °F

**Return Loss/VSWR**

Frequency Band	VSWR	Return Loss (dB)
5.925-7.125 GHz	1.15	23.10

\* VSWR/Return Loss indicated is for lengths up to 300 ft (91.4 m)

\* VSWR/Return Loss is guaranteed for factory-fit and typical for field-fit assemblies

\* Custom length performance: Call +1-800-255-1479 (N. America), 1-779-435-6500 (Int'l.), or your local Andrew representative

**Attenuation**

Frequency (GHz)	Attenuation (dB/100 ft)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)	Group Velocity %
5.9	1.487	4.878	4.45	73.8
6.1	1.446	4.745	4.575	75.7
6.3	1.412	4.632	4.687	77.4
6.5	1.383	4.537	4.784	79
6.7	1.359	4.458	4.869	80.3
6.9	1.338	4.39	4.944	81.6
7.1	1.32	4.332	5.011	82.7

**Regulatory Compliance/Certifications**

Agency	Classification
RoHS 2002/95/EC	Compliant
China RoHS SJ/T 11364-2006	Below Maximum Concentration Value (MCV)
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

## Información técnica del kit de puesta a tierra

	<p><b>Andrew Solutions</b>  <b>241088-4</b>  <b>Standard Grounding Kit for 1-5/8 in corrugated coaxial cable and elliptical waveguide 52 and 63</b></p>
<h3>Dimensions</h3>	
Nominal Size	1-5/8 in
Waveguide Size	WR137   WG14   R70   WR159   WG13   R58
Bonding Conductor Length	609.6 mm   24 in
Cable Jacketing Removal Length, maximum	59.1 mm   2.3 in
Cable Jacketing Removal Length, minimum	55.9 mm   2.2 in
Compatible Diameter, maximum	50.800 mm   2.000 in
Compatible Diameter, minimum	49.022 mm   1.930 in
<h3>Electrical Specifications</h3>	
Current Handling	Tested to withstand 100,000 amps peak current surge
Current Handling Test Method	MIL-STD-1757
Grounding, Bonding and Shielding Test Method	MIL-STD-188-124A
Lightning Protection Test Method	IEC 1024-1
<h3>General Specifications</h3>	
Cable Type	Corrugated   Elliptical waveguide
Grounding Kit Type	Standard Grounding Kits
Color	Black
Bonding Conductor Material	Copper
Bonding Conductor Wire Size	6 gauge
Bonding Conductor Jacketing Material	PE
Grounding Strap Material	Copper
Includes	Grounding kit   Hardware   Lug   One roll of 2 in PVC tape   One roll of 24 in butyl rubber tape
Lug Attachment	Factory attached
Lug Type	Two-hole lug
Package Quantity	1
Rivet Material	Copper
Weatherproofing Method	Butyl and electric tape
<h3>Mechanical Specifications</h3>	
Blowing Rain Test Method	MIL-STD-810, Method 506
Corrosion Test Method	MIL-STD-1344, Method 1001
Freezing Rain/Icing Test Method	MIL-STD-810, Method 521
Humidity Test Method	MIL-STD-1344, Method 1002
Immersion Test Method	IEC 60529:2001, IP68
Operating Temperature	-40 °C to +85 °C (-40 °F to +185 °F)

Storage Temperature	-40 °C to +80 °C (-40 °F to +176 °F)
Thread Size	3/8 in
UV Resistance Test Method	MIL-STD-810, Method 505
Vibration Test Method	MIL-STD-202, Method 214

### Packed Dimensions

Height	304.8 mm   12.0 in
Length	25.4 mm   1.0 in
Shipping Weight	0.72 kg   1.58 lb
Width	279.4 mm   11.0 in

### Regulatory Compliance/Certifications

Agency	Classification
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

### Included Products

9905-71 — Black 2 in PVC Tape, 20 ft

42615-10 — Butyl Rubber Tape, 24 in

### \* Footnotes

Grounding, Bonding and Shielding Test Method	Military Standard for Grounding, Bonding, and Shielding: Bond Resistance Requirement of a Maximum dc resistance of 0.001 ohm
Lightning Protection Test Method	Protection Against Lightning Electromagnetic Impulse, Table 1—Protection Level III–IV, 1995-02

## Información técnica del kit hanger



Andrew Solutions  
EWSH-63  
Universal Snap-in Hanger for elliptical waveguide 63

### Dimensions

Compatible Diameter, maximum	30.988 mm   1.220 in
Compatible Diameter, minimum	26.670 mm   1.050 in
Height	41.00 mm   1.61 in
Length	90.00 mm   3.54 in
Waveguide Size	WR137   WG14   R70
Width	60.00mm   2.36 in

### Electrical Specifications

DTF Effect	0.1 dB
Return Loss Effect	0.1 dB

### General Specifications

Hanger Type	Snap-in hanger
Cable Type	Elliptical waveguide
Cables per Hanger	1
Color	Silver
Material Type	Stainless steel
Package Quantity	10

### Mechanical Specifications

Axial Load Capability, minimum with no cable slippage	≥5 times cable weight
Corrosion Resistance, minimum with no degradation	≥500 hours in salt spray chamber
Mounting	3/4 in through hole
Operating Temperature	-40 °C to +85 °C (-40 °F to +185 °F)
Vibration Survival	≥4 hours at resonant frequency

### Packed Dimensions

Height	20.0 cm   7.9 in
Length	20.0 cm   7.9 in
Shipping Weight	1.60kg   3.53 lb
Width	20.0 cm   7.9 in

### Regulatory Compliance/Certifications

Agency	Classification
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

## BIBLIOGRAFÍA

### Fuentes Bibliográficas

1. *Alcatel – Lucent*, “Manual de ingeniería de sistemas de radioenlaces”.
2. *Manual de sistemas de microondas*.
3. *Manual de antenas de microondas*.
4. *Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.5*, “Redes inalámbricas en los países en desarrollo”.
5. *Instituto politécnico nacional*, “Diseño de enlace terrestre por línea de vista”.
6. *PUCP*, “Diseño de una red de comunicaciones para la región de Loreto”.
7. *Alcatel-Lucent*, “Radio long haul 9600 LSY”.
8. *Microwave network design*.
9. <http://www.commscope.com/catalog/andrew/catalog.aspx>
10. <http://www.pathloss.com/>
11. <http://wndw.net/pdf/wndw-es/>
12. <http://www.mtc.gob.pe/estadisticas/index.html>
13. <http://www.itu.int/es/ITU-R/Pages/default.aspx>