

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE PARA LA INTEGRACION DE  
LA REGION MADRE DE DIOS A LA RED TRONCAL DE  
TELECOMUNICACIONES DEL PERU**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE LAS TELECOMUNICACIONES  
PRESENTADO POR**

**CHRISTIAN RENZO FERNANDEZ VALENTIN  
LUIS ANTONIO DAVILA QUISPE**

**LIMA – PERÚ**

**2013**

*A Dios por cuidar a mi familia, a mis amigos y ser uno de los principales motores para que la realización de este proyecto*  
*A mis padres, mi hermana y mi prima por su apoyo incondicional*  
*A mis abuelos que me guían y protegen.*  
*A nuestro primer asesor, Ing. Percy Fernández que nos guió de manera correcta y sabia.*

*Renzo*

*A Dios por cuidar de mí, de mi familia y mis estudios*  
*A mis padres que son mis guías y principal apoyo, a mis abuelitos que desde el cielo siguen y cuidan mis pasos*  
*A Silvia por su motivación e inspiración para seguir creciendo profesionalmente.*

*Luis*

## Resumen

El trabajo consiste en desarrollar el trabajo de ingeniería de proyecto para la implementación de una red de transporte para la Integración de la Región Madre de Dios con la red troncal de telecomunicaciones.

En el capítulo 1 se muestran conceptos de propagación de ondas en el espacio libre, consideraciones y cálculos a tener en cuenta para conocer atenuaciones, confiabilidad, desvanecimiento, ganancias y pérdidas, entre otros.

Se considera también la planificación de un enlace de microondas así como las características de los equipos de radio y sus configuraciones, también se incluyen las descripciones de las tecnologías de transmisión para enlaces de alta capacidad.

En el capítulo 2 se realizó un análisis situacional socio-económico de la región Madre de Dios, información que se usa para la determinación del bit rate adecuado y para el futuro proyectado del servicio.

En el capítulo 3 se determinó el mejor sistema de transmisión (fibra óptica, satélite y microondas), teniendo en cuenta que la red de transporte a diseñar servirá como respaldo a la red de fibra óptica tendida sobre la línea de transmisión de alto voltaje Puno-Madre de Dios.

En el capítulo 4 se diseñó el enlace elegido (microondas), teniendo en cuenta la distancia del enlace, el clima, el tipo de zona (geografía) y la existencia o no de vías de comunicación para la instalación y mantenimiento de las estaciones base. En este punto se realizaron cálculos manuales y también cálculos apoyados por aplicaciones software especializadas en diseño de los parámetros más importantes de enlaces.

En el capítulo 5 se realizó el análisis financiero del proyecto utilizando la metodología CAPEX y OPEX.

# ÍNDICE

ÍNDICE.....	4
LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE TABLAS .....	8
INTRODUCCIÓN .....	11
1 Marco Teórico .....	13
1.1 Consideraciones sobre la propagación por onda de espacio .....	13
1.2 Características técnicas de los radio enlaces por visibilidad directa de alta capacidad .....	23
1.2.1 Equipamiento de radio .....	25
1.2.2 Equipamiento de múltiplex .....	27
1.2.3 Normativa sobre radio enlaces por visibilidad directa en el Perú y a nivel mundial.....	32
2 Estudios situacional socio-económico de la región de Madre de Dios .....	34
2.1 Evaluación Socio-Económica de la región de Madre de Dios y la Capital Puerto Maldonado.....	34
2.1.1 Infraestructura .....	35
2.1.2 Población.....	39
2.1.3 Economía.....	42
2.2 Servicios de Telecomunicaciones en la región .....	44
2.3 Determinación de la capacidad necesaria del radio-enlace .....	49
3 Análisis de la mejor alternativa como red de transporte.....	58
3.1 Importancia de la redundancia en la redes críticas y de alta disponibilidad.....	58
3.2 Alternativas tecnológicas para el medio y la tecnología de transporte .....	59
4 Diseño de Ingeniería .....	69
4.1 Topología de la red .....	69
4.2 Cálculo del diseño de radio propagación .....	71
4.3 Cálculo de la confiabilidad de la red .....	74
4.4 Especificaciones técnicas del equipamiento .....	76
4.5 Infraestructura necesaria del proyecto .....	80
4.5.1 Instalación de los equipos e infraestructura correspondiente .....	83



5	Costos del proyecto.....	91
5.1	Costos de inversión .....	91
5.2	Costos de operación y mantenimiento .....	97
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
	BIBLIOGRAFÍA .....	101



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-1 PROPAGACION DE ONDA DE ESPACIO .....	14
FIGURA 1-2 DESVANECIMIENTO POR REFLEXIÓN.....	16
FIGURA 1-3 TRAYECTORIA MULTIPATH.....	16
FIGURA 1-4 DIVERSIDAD DOBLE DE ESPACIO .....	17
FIGURA 1-5 DIVERSIDAD DOBLE DE FRECUENCIA .....	17
FIGURA 1-6 ZONAS DE FRESNEL.....	18
FIGURA 1-7 ATENUACIÓN VS CALIDAD DEL TRAYECTO.....	18
FIGURA 1-8 PLANIFICACIÓN DEL RADIO ENLACE.....	23
FIGURA 1-9 CONFIGURACIÓN TÍPICA DE UN SISTEMA DE ENLACE MICROONDAS.....	25
FIGURA 1-10 HERRAMIENTAS DE SOFTWARE.....	25
FIGURA 1-11 EQUIPOS ALL INDOOR EN UN RACK .....	26
FIGURA 1-12 SISTEMA SPLIT UNI (RF OUTDOOR).....	26
FIGURA 1-13 EQUIPO ALL OUTDOOR DE 18 GHZ .....	27
FIGURA 1-14 TRAMA PDH .....	28
FIGURA 1-15 ESQUEMA DE MULTIPLEXADO PDH .....	28
FIGURA 1-16 ESTRUCTURA DE TRAMA SDH.....	30
FIGURA 1-17 EQUIPO MULTIPLEXOR TERMINAL AM35 NEC .....	31
FIGURA 1-18 ESQUEMA DE UN MULTIPLEXOR SUMA-DERIVACIÓN .....	32
FIGURA 1-19 MULTIPLEXOR ADM 1662 ALCATEL-LUCENT .....	32
FIGURA 1-20 MAPA DE REGIONES SEGÚN LA UIT .....	35

<b>FIGURA 2-1</b>	<b>NÚMERO Y PORCENTAJES DE CENTROS EDUCATIVOS EN LA REGIÓN.....</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 2-2</b>	<b>CARRETERA LONGITUDINAL SELVA SUR.....</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 2-3</b>	<b>CARRETERA TRANSVERSAL.....</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 2-4</b>	<b>POBLACIÓN Y CRECIMIENTO .....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 2-5</b>	<b>GRÁFICA DE PROYECCIÓN DE POBLACIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 2-6</b>	<b>CONDICIÓN DE LA VIVIENDA EN PORCENTAJES .....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 2-7</b>	<b>POBLACIÓN POR SEXO .....</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 2-8</b>	<b>NÚMERO DE ALUMNOS EN EL SISTEMA ESCOLARIZADO ...</b>	<b>42</b>
<b>FIGURA 2-9</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE LA PEA SEGÚN ACTIVIDAD .....</b>	<b>43</b>
<b>FIGURA 2-10</b>	<b>SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES SEGÚN DEPARTAMENTO .....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 2-11</b>	<b>SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS .....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 3-1</b>	<b>RUTA JULIACA – PUERTO MALDONADO .....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 3-2</b>	<b>DIAGRAMA DE SISTEMA DE TRANSMISIÓN SATELITAL.....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 3-3</b>	<b>RUTA DEL RADIO ENLACE.....</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA 4-1</b>	<b>CONFIGURACIÓN DE UN EQUIPO 9+1 NEC.....</b>	<b>78</b>
<b>FIGURA 4-2</b>	<b>BASTIDOR TIPO ETSI .....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA 4-3</b>	<b>DIAGRAMA TÍPICO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS .....</b>	<b>85</b>

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1-1 TASAS DE TRANSMISIÓN DE PDH .....	29
TABLA 1-2 TASA DE TRANSMISIÓN DE SDH .....	30
TABLA 2-1 AEROPUERTOS Y AERODROMOS DE MADRE DE DIOS .....	36
TABLA 2-2 POBLACIÓN Y CRECIMIENTO.....	39
TABLA 2-3: DENSIDAD POBLACIONAL .....	41
TABLA 2-4 RANGO DE INGRESOS MENSUALES .....	42
TABLA 2-5 POBLACIÓN ECONOMICAMENTE ACTIVA POR EDAD .....	43
TABLA 2-6 INGRESOS DE LA PEA.....	43
TABLA 2-7 LÍNEAS DE SERVICIO EN TELEFONÍA FIJA.....	44
TABLA 2-8 LÍNEAS DE SERVICIO Y DENSIDAD TELEFÓNICA.....	45
TABLA 2-9 LÍNEAS DE SERVICIO EN TELEFONÍA MÓVIL SEGÚN AMBITO REGIONAL.....	45
TABLA 2-10 LÍNEAS DE SERVICIO EN TELEFONÍA MÓVIL .....	46
TABLA 2-11 LÍNEAS DE SERVICIO DE ACCESO A INTERNET.....	46
TABLA 2-12 AUTORIZACIONES VIGENTES DE TELESERVICIOS PRIVADOS SEGÚN TIPO DE LICENCIA .....	47
TABLA 2-13 AUTORIZACIONES VIGENTES DE RADIOAFICIONADOS.....	47
TABLA 2-14 AUTORIZACIONES VIGENTES DE RADIODIFUSIÓN SONORA SEGÚN BANDA DE FRECUENCIA .....	48
TABLA 2-15 AUTORIZACIONES VIGENTES DE RADIODIFUSIÓN POR TELEVISIÓN SEGÚN BANDA DE FRECUENCIA .....	48
TABLA 2-16 POBLACIÓN PROYECTADA PARA EL 2018 EN MADRE DE DIOS.....	50
TABLA 2-17 PROYECCIÓN DE VIVIENDIAS PARA EL 2013.....	50

TABLA 2-18	PROYECCION DE VIVIENDAS PARA EL 2018.....	50
TABLA 2-19	CÁLCULO DE LA PENETRACIÓN PARA EL 2018.....	51
TABLA 2-20	PROYECCIÓN DEL NÚMERO DE EMPRESAS EN MADRE DE DIOS PARA EL 2018 .....	52
TABLA 2-21	PROYECCIÓN DEL SERVICIO DE TELEFONÍA PÚBLICA EN MADRE DE DIOS PARA EL 2018 .....	52
TABLA 2-22	PROYECCION DEL SERVICIO DE TELEFONÍA MÓVIL EN SUS 3 TIPOS EN MADRE DE DIOS PARA EL 2018 .....	53
TABLA 2-23	CÁLCULO DEL TRÁFICO PARA VOZ.....	54
TABLA 2-24	PROYECCIÓN DEL SERVICIO DE BANDA ANCHA PARA LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS PARA EL 2018 .....	54
TABLA 2-25	PROYECCIÓN DE EMPRESAS A PARTIR DEL 2013 AL 2018.....	55
TABLA 2-26	CÁLCULO DEL TRÁFICO PARA VOZ PARA EL AÑO 2018 .....	56
TABLA 3-1	CÁLCULO DE LOS COSTOS DE MATERIALES PARA EL TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA .....	62
TABLA 3-2	CÁLCULO DEL COSTO DE LA FIBRA ÓPTICA .....	63
TABLA 3-3	COSTO DEL SEGMENTO SATELITAL.....	65
TABLA 3-4	INFRESTRUCTURA DE ENLACE SATELITAL .....	66
TABLA 3-5	COMPARACIÓN DE LOS TRES SISTEMAS .....	68
TABLA 4-1	COORDENADAS DE LOS PUNTOS .....	71
TABLA 4-2	TAMAÑO DE LAS TORRES.....	72
TABLA 4-3	ALTURA DE LAS ANTENAS.....	72
TABLA 4-4	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN.....	85
TABLA 4-5	ALIMENTACIÓN POR ESTACIONES .....	86

TABLA 4-6 ALIMENTACIÓN DC.....	88
TABLA 4-7 ALIMENTACIÓN SOLAR.....	89
TABLA 5-1 COSTOS DE EQUIPAMIENTO DE RADIO SDH.....	92
TABLA 5-2 COSTOS DE SISTEMAS DE ENERGÍA .....	94
TABLA 5-3 COSTOS DE INSTALACIÓN .....	95
TABLA 5-4 COSTOS DE TRANSPORTE Y CAPEX TOTAL .....	96
TABLA 5-5 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	98



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de toda comunidad humana está comprometido con la comunicación entre sus miembros y el conocimiento que tengan de la realidad que los rodea, es decir, la comunicación con el exterior. Este hecho está ligado inherentemente a la ubicación geográfica ya que a lo largo de la historia las comunidades más remotas e inaccesibles han ido retrasando su desarrollo con respecto a comunidades y regiones que si contaban con fácil acceso y comunicación con sus comunidades adyacentes.

El caso de la selva peruana corresponde a esta problemática. Al tener una geografía por muchos años inaccesible e inexplorada, fue relegando su desarrollo a lo largo del tiempo y aun hoy sus pueblos y ciudades viven atrasados (respecto a otras ciudades andinas o costeras), presentando diversos problemas en su comunicación dada su ubicación geográfica y el clima propio de la Selva.

La ciudad de Puerto Maldonado fue en algún momento un foco de atracción para la inversión con la fiebre del caucho y el oro, pero pasados estos períodos de bonanza económica, su desarrollo se ha visto limitado por la poca información, el escaso acceso a los medios, la falta de acceso a la educación, el poco manejo de nuevas tecnologías e inadecuadas políticas de desarrollo para esta región, entre otros factores.

Es por ello que la presente tesis se aboca a diseñar una red de transporte que pueda servir de puente para la interconexión de la región Madre de Dios con la red digital nacional. Se pretende crear una vía de acceso de gran capacidad que permita transportar voz, datos y video para la interconexión de la ciudad de Puerto Maldonado con el Cuzco, de manera eficiente y sobre todo robusta.

El diseño del enlace contempla la conexión usando repetidoras (distanciadas de manera adecuada según los cálculos teóricos y las normas concernientes a este tema) de Madre de Dios hacia la red nacional de telecomunicaciones usando enlaces microondas en la banda de 6 a 8 GHz (debido a que se está trabajando en una zona rural) utilizando la tecnología SDH para todos los tramos sobre radio.

El uso de la tecnología SDH en este proyecto se debe a que brinda gran capacidad para el envío de señales digitales (con poco desfase, debido al sincronismo de esta



tecnología) a velocidades altas, con lo cual se hace factible el envío de diversas señales portadoras (para cada servicio). Otro beneficio muy importante es la convergencia con otras tecnologías (ATM, IP, etc.), lo cual la convierte en una tecnología escalable.

### **Objetivo**

El objetivo del presente trabajo consiste en diseñar la red de transporte que interconectara la región Madre de Dios con la red de transmisión nacional, para ello se muestra las ventajas de la tecnología elegida para su diseño entre las alternativas existentes: fibra óptica, transmisión vía satélite y la transmisión por microondas terrestres.

### **Alcance**

El alcance del presente trabajo involucra el departamento de Madre de Dios centrándonos en su capital Puerto Maldonado, con la convicción de que esta ciudad se convertirá en foco de desarrollo para toda la región a raíz de la implementación de la red de transporte de telecomunicaciones que lo permita.

### **Finalidad**

La finalidad del presente trabajo es realizar el diseño factible de la red de transporte de telecomunicaciones para la región Madre de Dios con el fin de que se pueda tomar como un punto de partida para la implementación de la red que estamos seguros incrementará la calidad de vida de los habitantes de dicha región.

## Capítulo 1: Marco Teórico

### 1.1 Consideraciones sobre la propagación por onda de espacio

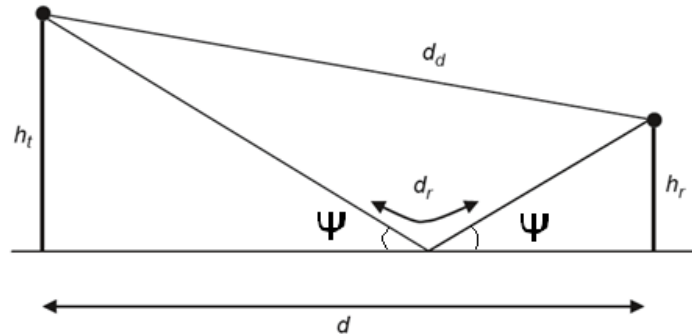
Las ondas de espacio son aquellas que tienden a propagarse en línea recta, se caracterizan porque la onda transmitida desde la antena transmisora se propaga de manera directa (sin tocar el terreno ni la ionosfera) hasta la antena receptora. Para esto las antenas, transmisora y receptora, deben de tener línea de vista. Uno de los casos más comunes de onda de espacio son los enlaces de microondas (que se usará en esta tesis). Las frecuencias utilizadas en este tipo de ondas superan los 30 MHz (VHF, UHF, SHF, EHF).

La propagación por onda de espacio se da de dos maneras, las cuales son:

- Propagación proveniente del rayo directo que se desplaza por la troposfera y que llega directamente del transmisor al receptor
- Propagación proveniente de un rayo reflejado, que sale del transmisor, se refleja en algún medio (la tierra u otros reflectores) y llega al receptor.

[FERN2009]

La **Figura 1-1** muestra estos dos caminos tomados por la onda de espacio cuando se propaga.



**Figura 1-1 Propagación de onda de espacio**

Fuente: [RICH2008] [RAPP2002]

Esta diferencia de longitudes de camino, traerá como consecuencia un desfase en el punto de llegada, lo cual causará interferencia en la recepción.

Teniendo en cuenta la **Figura 1-1** se determina lo siguiente:

$$d_d = [(h_t - h_r)^2 + d^2]^{1/2}$$

$$d_r = [(h_t + h_r)^2 + d^2]^{1/2}$$

Se considera que el coeficiente de reflexión es  $\rho = |\rho| e^{i\Phi}$  y por simplicidad se considera  $|\rho| = 1$  y  $\Phi = 180^\circ$ , entonces  $\rho = -1$ . Este coeficiente de reflexión indica cómo cambia el campo eléctrico antes y después de la reflexión (tanto en fase como en amplitud). Así se tiene que el campo eléctrico que llega a la antena receptora es:  $E_i = E_{DI} - E_{RI}$ , teniendo en cuenta lo siguiente:

$$E_{DI} = \sqrt{2} E_o \cos w(t - d_d / c) / d$$

$$E_{RI} = \sqrt{2} E_o \cos w(t - d_r / c) / d$$

$E_{DI}$  : Campo eléctrico de onda directa

$E_{RI}$  : Campo eléctrico de onda reflejada

El valor eficaz del campo eléctrico total es:

$$E_{ei} = 2 E_o (1/d) \text{sen}(2\pi h_t h_r / D^2 \lambda)$$

Para la realización de estos cálculos, según lo visto en la referencia bibliográfica [RAPP2002] [FERN2009] donde se trata con mayor detalle este tema, se asume que:

- La onda de superficie no afecta al enlace (es despreciable)
- $\Psi$  es menor a  $5^\circ$

En la realización de un enlace se debe de tener en cuenta algunos detalles muy importantes que perjudican su buen funcionamiento. Estos efectos negativos serán descritos a continuación:

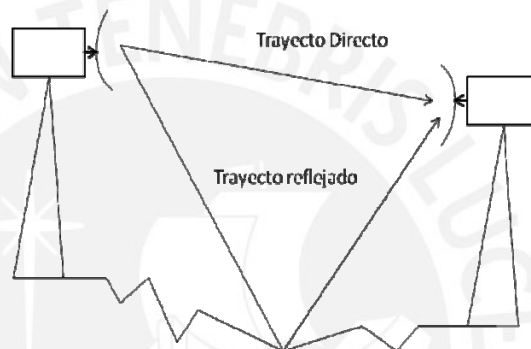
### **Fluctuaciones de la señal radioeléctrica**

A continuación se indicará una breve explicación de las fluctuaciones más comunes:

- **Difracción**  
Este fenómeno se da cuando el frente de onda de la onda de espacio se encuentra con un obstáculo. [POZAR2012] [RICH2008]
- **Refracción**  
Se refiere al cambio que existe en la dirección del rayo al pasar de un medio a otro con distinta velocidad de propagación, es decir, cuando la onda pasa de un medio a otro, teniendo los medios diferentes índices de refracción (densidad). [UDLA2009]
- **Atenuación**  
Causada por factores naturales, meteorológicos y atmosféricos por ejemplo: la lluvia, granizo, nieve o niebla que pueden absorber la señal de radio y dispersarla. Este efecto no es apreciable cuando se trabaja por debajo de 3 GHz, pero si se trabaja con mayores frecuencias esta atenuación debe ser incluida en los cálculos del alcance. [POZAR2012] [SFAR0001]
- **Desvanecimiento (*fading*)**  
Es la variación temporal de la amplitud y fase de la señal recibida con relación al valor ideal de la señal determinado en los cálculos del enlace. Un término muy importantes es la profundidad de desvanecimiento, el cual define la diferencia entre el valor ideal (del espacio libre) y el nivel recibido en condiciones de desvanecimiento. [POZAR2012] [SFAR0001]

Se puede observar que en los trayectos poco despejados de obstáculos aparecen desvanecimiento profundos (15 a 30 dB de profundidad de desvanecimiento). La duración de este efecto es de horas y es conocido con el nombre de “*fading* lento”. Existe también el “*fading* rápido”, el cual consiste en un desvanecimiento con una profundidad entre 30 y 45 dB y posee una duración de algunos segundos o de varios minutos. Este último ocurre generalmente en las noches o a primeras horas del día (de manera especial en verano). Existen tres causas para el desvanecimiento:

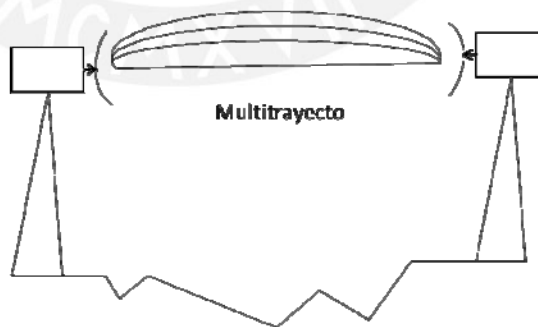
- ▲ Desvanecimiento por reflexión (Ver **Figura 1-2**)



**Figura 1-2 Desvanecimiento por reflexión**

Fuente: [Propio]

- ▲ Trayectoria multicamino (*Multipath*) (Ver **Figura 1-3**)



**Figura 1-3 Trayectoria Multitrayecto**

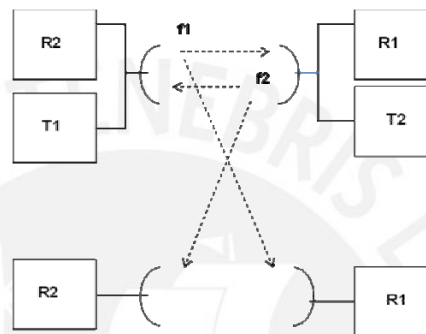
Fuente: [Propio]

- ▲ Debido a la presencia de posibles deterioros en los componentes de la antena receptora, además de los componentes principales del campo (propios del medio por el que pasa el enlace).

- Sistemas de diversidad

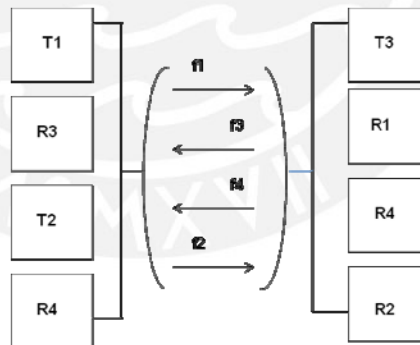
La función básica de la recepción por diversidad consiste en considerar varias señales que no están correlacionadas y escoger a la mejor en cada instante (diversidad por conmutación) o considerar una combinación de las distintas señales en todo momento (diversidad por combinación).

Las **Figuras 1-4** y **1-5** ilustran estos dos tipos de diversidad (de espacio y de tiempo). [FER2009]



**Figura 1-4 Diversidad doble de espacio**

Fuente: [Propio]



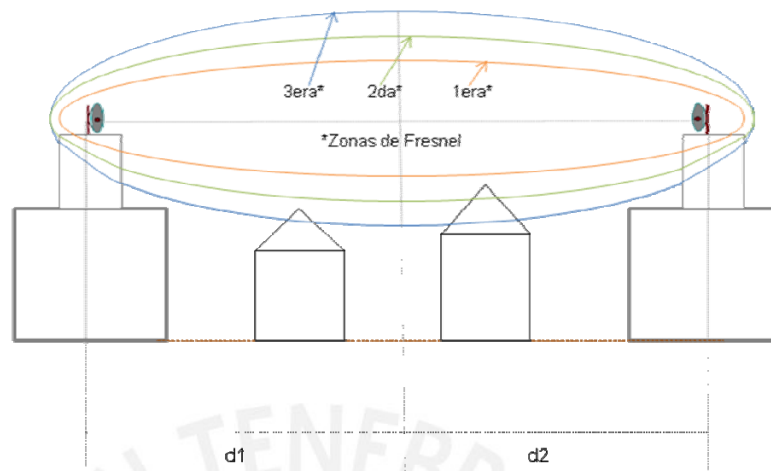
**Figura 1-5 Diversidad doble de frecuencia**

Fuente: [Propio]

- Zonas de Fresnel

La consideración por Fresnel es un despeje adicional que hay que tener en cuenta. La obstrucción máxima recomendada es el 40% en volumen, con respecto a la primera zona de Fresnel [MANT0001] Para establecer las zonas de Fresnel (ver **Figura 1-6**) se debe determinar la línea de vista, que en

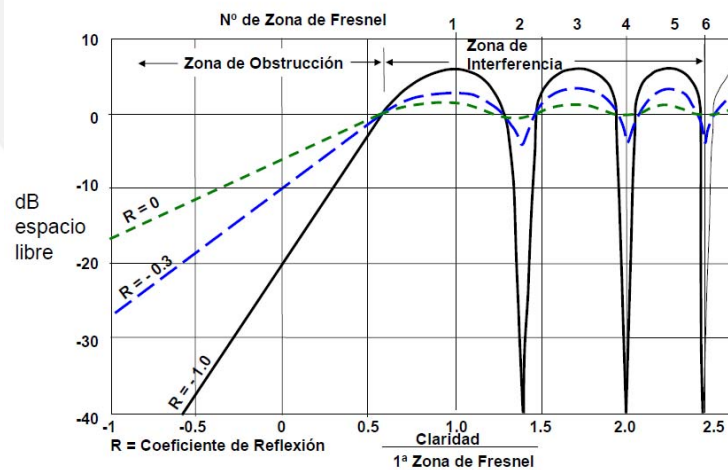
términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora.  
[FREE1997]



**Figura 1-6 Zonas de Fresnel**

Fuente: [Propio]

Con respecto a la **Figura 1-7**, para obtener el radio de la zona de Fresnel se considera que la 1era zona de Fresnel es la que tendremos en cuenta para la visibilidad en el enlace. [MARC2009]. Se muestra un gráfico como referencia para dicha aseveración.



**Figura 1-7 Atenuación vs. Calidad del trayecto**

Fuente: [FREE1997]

- Cálculo de la confiabilidad

Antes de realizar el cálculo de confiabilidad se debe de tener en cuenta las siguientes consideraciones en el diseño de un enlace microondas:



- Trazado de perfiles
- Cálculo de la altura de las torres
- Cálculo de la potencia recibida en el espacio libre
- Cálculo del ruido térmico de recepción para un salto, en el canal más elevado de la banda base
- Cálculo de la relación señal/ruido en el espacio libre [FER2009]

Ahora para hallar el cálculo de pérdidas, ganancias, confiabilidad y BER se debe de considerar los siguientes conceptos:

1. Estación A: Estación en un extremo del enlace
2. Estación B: Estación en el otro extremo del enlace
3. Frecuencia central F: Frecuencia del equipo de radio
4. Capacidad de transmisión: Número de canales que puede soportar el equipo de transmisión
5. Capacidad del sistema: Capacidad máxima del equipo en Mbps
6. Tipo de modulación: Tipo de modulación que se usará para la transmisión digital
7. Longitud del tramo: Distancia entre las estaciones A y B
8. Altura de la antena: Altura con la cual se va a instalar la antena para cumplir las normas de diseño, esto tanto para la estación A y B
9. Tipo de antena: Es la antena que se usará para ambas estaciones, teniendo en cuenta el diseño del enlace y el uso que se le desea dar al enlace
10. Longitud del alimentador: Longitud del cable que conecta a la antena con el equipo (se debe de tener en cuenta que se aumentará 10 metros más para la acometida), esto se da para las dos estaciones.
11. Atenuación del alimentador: Se debe de tener en cuenta la atenuación que el alimentador producirá, este dato lo proporciona el fabricante. [FER2009]

### CALCULO DE PÉRDIDAS

12. La atenuación por pérdida en el espacio libre ( $A_o$ ) se obtiene de:

$$A_o \text{ (dB)} = 32.46 + 20 \text{ Log}(f * d)$$

d: Distancia del tramo (en Km)

f: Frecuencia central en MHz

13. Pérdida por obstáculo: No se considera para enlaces con línea de vista.

14. Pérdida por tierra plana: No se considera para enlaces con línea de vista.

15. Pérdida del alimentador: tanto para la estación A y B

$$L_w = \text{Longitud alimentador (A + B)} * \text{Atenuacion alimentador}$$

16. Pérdida en el circuito RF:

$$L_{RF} = \text{Pérdida inserción en Tx} + \text{Pérdida inserción adicional}$$

17. Pérdida Total: es la suma de las pérdidas halladas anteriormente.  
[FER2009]

### CALCULO DE GANANCIAS

18. Ganancia por el Transmisor (Potencia):

$$P_{tx} = 10 * \text{Log}(P_{mw})$$

$P_{mW}$  : Potencia del transmisor expresada en mW.

19. Ganancia de las antenas: Ganancia de las antenas, según la antena elegida (tanto para la estación A y B).

20. Ganancia Total: Es la suma de las ganancias anteriormente halladas.  
[FER2009]

### CALCULOS DE TASA DE ERRORES BIT (B.E.R) Y DE LA CONFIABILIDAD

21. Nivel de recepción: Este valor se obtiene de la resta de la ganancia total menos la pérdida total

22. Nivel de la potencia de ruido total térmica a la temperatura T:

$$N = 10 + \text{Log}(KTBF) + F + 30$$

$$K = 1.38 * 10^{-23} J$$

F = Factor de ruido del RX en dB (esto lo brinda el fabricante)

B = Ancho de banda en FI en MHz

23. Relación Portadora/Ruido (C/N) para B.E.R  $10^{-6}$ : Obtenida a partir de la curva característica proporcionada por el fabricante.

24. Nivel de señal para B.E.R  $10^{-6}$ : Suma del punto 22 y 23

25. Margen sin desvanecimiento: Diferencia entre 21 y 24

26. Probabilidad de desvanecimiento tipo Rayleigh: Valor obtenido de la siguiente ecuación:

$$P_r = KQf^B d^C$$

$$B = 1.2 \quad \text{y} \quad C = 3.5 \quad (\text{ambas son constantes})$$

KQ: Coeficiente climático y condición de la trayectoria

$$= 1 * 10^{-9}, \text{ tramo plano}$$

$$= 3,9 * 10^{-10}, \text{ tramo montañoso}$$

$$= 9,9 * 10^{-8} [1/(h_1+h_2)]^{1/2}, \text{ donde } h_1 \text{ y } h_2 \text{ son las alturas de las antenas en metros.}$$

F: Frecuencia central RF en GHz

d: Distancia del tramo en km.

27. Desvanecimiento: Valor obtenido de la siguiente ecuación:

$$F_d = [10 * \text{Log}(P_r)] / (2 * 10^{-7} * d)$$

28. Nivel de señal con desvanecimiento: Diferencia entre el punto 21 y 27

29. C/N con desvanecimiento: Diferencia entre 28 y 22

30. BER de C/N con desvanecimiento: Con el valor de C/N hallado en el punto 29 se obtiene a partir de la curva característica proporcionada por el fabricante.

31. Confiabilidad:

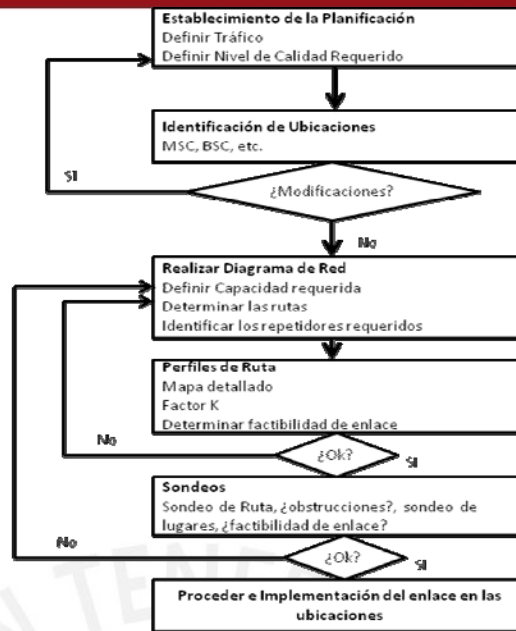
$$\%C = 100 * (1 - 10^{M_r} * P_r)$$

M<sub>r</sub>: Margen sin desvanecimiento.

P<sub>r</sub>: Probabilidad del Rayleigh.

32. Satisfacción de la norma: Es la evaluación de los resultados teniendo en cuenta las normas recomendadas por estándar ETS 300 431 5.5.2.

A continuación se mostrará la planificación del enlace, esto es un diagrama de cómo se realizará todo el planeamiento del radioenlace. Antes se debe elaborar un planeamiento de acuerdo a las posibilidades y recursos con los que contemos, en ese sentido es primordial la comprensión, entendimiento y conocimiento de las características y funcionamiento del equipamiento de un radioenlace. Esto nos permitirá elegir de manera acertada los equipos a utilizar a fin de cumplir los requerimientos. A su vez el entendimiento de la propagación y la naturaleza de las microondas, aspectos tales como el decaimiento de la señal y su comprensión permitirán diseñar enlaces robustos aun en condiciones extremas. Notar que un radio enlace en áreas urbanas se comporta de maneras diferentes que en áreas rurales, así que se debe de tener en cuenta la ubicación geográfica. Para simplificar este proceso se puede usar diagramas de Gantt o diagramas de flujo que permitan resumir todo el planteamiento y además organizarlo (ver **Figura 1-8**)



**Figura 1-8 Planificación del radio enlace**

Fuente: [MARC2009]

## 1.2 Características técnicas de los radio enlaces por visibilidad directa de alta Capacidad.

Cuando se desea diseñar eficientemente un radio enlace robusto, confiable y más aún que sirva como puente de integración tecnológico hacia toda una comunidad ansiosa de lograr un crecimiento sostenible de la mano con el crecimiento del resto del país debemos conocer a fondo el funcionamiento de nuestro sistema, así como sus factores limitantes (estándares, normas legales, ubicación geográfica, clima, etc.) y en qué porcentaje estos influyen en el desempeño total del enlace.

Esto hace imprescindible la consulta a organismos reguladores tanto internacionales como los que rigen en el país. En el primer caso los estándares que rigen los límites para los enlaces inalámbricos los da la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). En el segundo caso se tendrá en cuenta el organismo técnico regulador para el Perú y sus normas: el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) así como el organismo supervisor de la inversión privada en telecomunicaciones OSIPTEL.

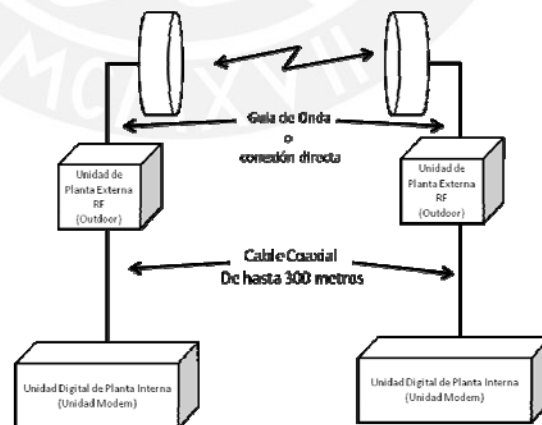
La elección de los equipos de radio a utilizar es un factor clave y principal que definirá gran parte de las características de la solución de comunicación a diseñar y

posteriormente a implementar. También es de suma importancia la elección de un canal adecuado libre de interferencias, el buen estado y características adecuadas de las antenas elegidas y en general la planificación del sistema. De esta forma conseguiremos la robustez que demanda este enlace así como la calidad y la alta disponibilidad de sus servicios.

Para poder caracterizar nuestro enlace debemos tener en cuenta los siguientes puntos:

### El cálculo del alcance del enlace

Para conocer el alcance necesitamos conocer entre otras cosas qué banda de frecuencias utilizaremos, estudiar detalladamente las características climáticas de la zona, las especificaciones técnicas de los equipos: potencias, ganancias, sensibilidad, tasas de error, etc. Son de gran ayuda en esta etapa los mapas cartográficos y las herramientas de software de simulación de enlaces de radio, ver **Figura 1-10**. De esta manera se facilita la planificación y se puede descartar entre muchas posibilidades de configuración del enlace. Finalmente la visita al lugar en donde se realizará el diseño ayudará a sacar conclusiones sobre la ubicación exacta de los equipos a instalar y sobre todo saber si se cuenta con la infraestructura necesaria para albergarlos. [RAD2009]. A continuación en la **Figura 1-9** se observa un esquema típico de configuración de un radioenlace.



**Figura 1-9 Configuración típica de un sistema de enlace microondas.**

Fuente: [Propio]

Al trabajar con señales de frecuencias mayores a 1GHz, debemos considerar sistemas que trabajen con línea de vista (LoS, *Line of Sight*). Esto se debe a que a



altas frecuencias, la señal encuentra más dificultad para bordear esquinas o para poder difractarse alrededor de obstáculos, por lo que necesita un camino directo: línea de vista. En tal sentido es recomendable la búsqueda de zonas lo más elevadas posibles para la instalación de antenas transmisora y receptora y para asegurar una línea de visión. [RAD2009]



**Figura 1-10 Herramientas de software como el PathLoss o Solaria.**

Fuente: [RAD2009]

### 1.2.1 Equipamiento de radio

Es importante comprender el funcionamiento de los equipos de radio ya que para el diseño y planificación de un radio enlace se requiere de la selección de equipos idóneos para determinados requerimientos. Los equipos elegidos vendrán a ser un factor clave durante el funcionamiento del enlace.

#### Configuraciones

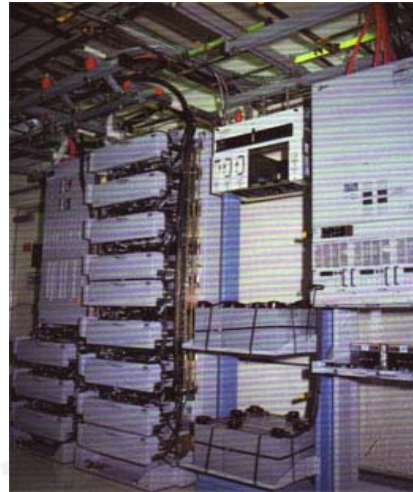
Existen tres tipos de configuraciones para equipamiento de radio, las cuales son: Interior total (*All Indoor*), Unidad dividida (*Split Unit*) y Exterior total (*All Outdoor*). [MANT0001]

#### Configuración Interior Total (*All Indoor*)

Estos equipos normalmente están almacenados en *racks* de 21 pulgadas (19 pulgadas en Europa) en habitaciones de equipos de transmisión, cuentan con una guía de onda o cable coaxial que envía la señal RF a la antena situada en una torre. Esta configuración permite facilidad de mantenimiento de estos equipos, son ideales para cuando se necesita una alta potencia a la salida de la



señal y operación en múltiples frecuencias según se necesite. Ejemplo en **Figura 1-11**

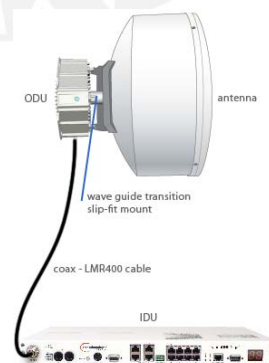


**Figura 1-11 Equipos All Indoor en un Rack.**

Fuente: [MEI2009]

### **Configuración Unidad Dividida o *Split Unit* ( RF Outdoors)**

Estos equipos cuentan con una unidad *Indoor* y otra *Outdoor*, la unidad *Indoor* es independiente de la frecuencia de transmisión, en esta unidad se encuentran las señales en banda base y también una circuitería propia de un modem, esta unidad *Indoor* se conecta vía un cable de baja pérdida con la unidad *Outdoor* que contiene la circuitería de RF. Los sistemas que usan modulación por fase requieren una señal IF para el proceso de *Up* and *Down* en una conexión. Caso contrario los sistemas FSK pueden transportar señales en banda base *Up* and *Down* a través del cable. [MANT0001]. Ejemplo **Figura 1-12**.



**Figura 1-12 Sistema Split Unit (RF Outdoors)**

Fuente: [TRAG2009]

### Configuración Exterior Total (*All Outdoors*)

En esta configuración los datos llegan hacia los equipos que se encuentran en planta externa a través de un cable. También la alimentación llega hacia la planta externa. Esta configuración generalmente se aplica en estaciones base celular, antenas de baja potencia y pequeño diámetro. Se usan para líneas T1 o E1 que son alimentadas directamente al equipo. [MANT0001]. Ejemplo **Figura 1-13**.



**Figura 1-13 Equipo All Outdoor con frecuencia de operación de 18 GHz**  
Fuente: [TRAG20091]

#### 1.2.2 Equipamiento de Múltiplex

##### Tecnologías de Transmisión

Los sistemas digitales de transmisión de Radio están basados en la multiplexación por División en el Tiempo, esta forma de Multiplexación reemplazó a la Multiplexación por División en Frecuencia usada en los sistemas Analógicos de transmisión de Radio. Los sistemas de transmisión digitales utilizan modulación por código de Pulsos (PCM) para crear líneas digitales primarias de transmisión como E1 o T1. Posteriormente para crear tasas de transmisión de bits mayores se usan multiplexores secundarios. Estos procedimientos de multiplexación no se realizan de manera síncrona, por lo que, para que se asemeje a un proceso síncrono se utiliza una técnica llamada "llenado" (*Stuffing*). [MANT0001]

##### Jerarquía Digital Plesiócrona (*Plesiochronous Digital Hierarchy-PDH*)

El significado de la palabra "Plesio" es cercano o cercanamente, por lo que se desprende que "plesiócrono" significa casi-síncrono.

Para aparentar que la multiplexación se realiza de manera síncrona se usan bits de intercalado para las cadenas de bits de entrada todo esto dentro de una cadena de orden mayor.

La jerarquía digital plesiócrona basa su funcionamiento en el hecho de transportar múltiples canales sobre un solo enlace, los canales se denominan módulos de transporte o también contenedores virtuales. Dichos canales se unen para formar tramas de nivel superior a ciertas velocidades ya estandarizadas.

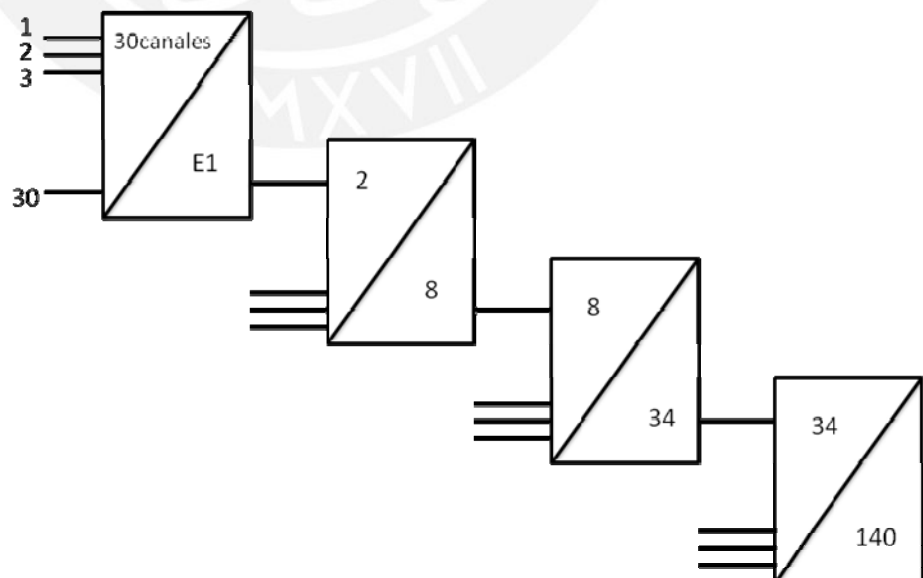
De manera simplificada una trama PDH está compuesta de la siguiente manera:

Bits de Alineación	Bits de Sincronización	Stuffing o Relleno
--------------------	------------------------	--------------------

**Figura 1-14 TRAMA PDH**

Fuente: [Propio]

En la denominada montaña de Mux (*MuxMountain*), se multiplexan 30 canales de voz de 64 Kbps y forman una tasa de 2,048 Mbps (E1), las tramas E1 se multiplexan a un solo enlace de 8 Mbps (E2), las tramas E2 se multiplexan a un enlace de 34 Mbps (E3) y las tramas E3 se multiplexan a un enlace de 140 Mbps (E4), tal y como se aprecia en la **Figura 1-15**. [MANT0001]



**Figura 1-15 Esquema de Multiplexado PDH**

Fuente: [Propio]

Las tasas de transmisión de las tramas PDH son mostradas en la **Tabla 1-1**:

**Tabla 1-1 Tasas de transmisión de PDH**

Fuente: [Propio]

TRAMA	Velocidad (aprox.)	Velocidad Real	Información Adicional
E1	2 Mbps	2,048 Mbps	PCM
E2	8 Mbps	8,448 Mbps	4 Señales E1
E3	34 Mbps	34,368 Mbps	4 Señales E2
E4	140 Mbps	139,264 Mbps	4 Señales E3

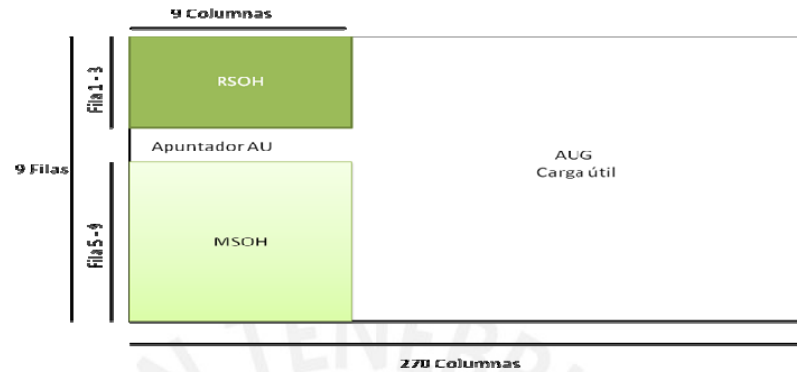
### **Jerarquía Digital Síncrona (*Synchronous Digital Hierarchy-SDH*)**

Hemos visto que la Jerarquía Digital Plesiócrona utiliza la técnica del “llenado” para poder aparentar cierto sincronismo y de esta manera ajustarse a las variaciones del tiempo de las cadenas individuales de bits. En el caso de un E1 las señales asíncronas son multiplexadas y rellenadas con este fin. Esta técnica produce que las tramas de orden superior no puedan visualizar a las de orden inferior, por ejemplo desde un E3 no es visible una trama E1. Esto quiere decir que si transmitimos una señal multiplexada por ejemplo un E1 y llegada a su destino, queremos tener acceso a un determinado canal necesitaremos demultiplexar todas las señales que fueron multiplexadas en la trama E1 para quedarnos con el canal requerido. Luego tendremos que re-multiplexar los canales que no son de nuestro interés. En SDH podemos demultiplexar solo los canales que son de nuestro interés sin necesidad de realizar reiteradas multiplexaciones y demultiplexaciones. Esto es posible gracias a que en la jerarquía digital síncrona se hacen “visibles” los canales individuales.

Para poder mantener el sincronismo, SDH tuvo que resolver un problema fundamental: dado que es imposible que cada frecuencia de reloj este en sincronismo con el siguiente tanto en fase como en frecuencia (ya que existen vibraciones, variaciones en la frecuencia y en la fase, etc. que impiden que esto sea posible), SDH se vale del uso de punteros para “apuntar” las direcciones del inicio de los contenedores virtuales o cuadros.

Las señales de tasas más bajas se sincronizan en un contenedor para luego ser insertadas en un cuadro total. De esta manera no pierden sus características

originales. En el contenedor se mantiene el sincronismo gracias al “apuntamiento” y además se suma información extra al contenedor y al cuadro de modo que se realice un correcto manejo y monitoreo de la señal original a través de la red. [MANT0001] [OSC0001]



**Figura 1-16 Estructura de Trama SDH**

Fuente: [Propio]

La trama SDH tiene una duración de 125  $\mu$ s. Consiste en una matriz de bytes de 8 bits organizados dentro de 9 filas y 270 columnas.

Las áreas de mayor importancia en la trama son tres:

- Sección de sobre cabecera (SOH)
- Puntero (AU)
- Carga útil (*Payload*)

### Tasas de transmisión en SDH

Se puede apreciar en la **Tabla 1-2** las diferentes tasas de transmisión SDH.

**Tabla 1-2 Tasas de Transmisión de SDH**

Fuente: [Propio]

Trama SDH	Velocidad	Características
<b>STM – 1</b>	155.52 Mbps	Velocidad básica
<b>STM – 4</b>	622.08 Mbps	4 x STM – 1
<b>STM – 16</b>	2.48 Gbps	4 x STM – 4
<b>STM – 64</b>	9.95 Gbps	4 x STM – 16

### Equipamiento de Múltiplex SDH

El equipamiento usado por la tecnología SDH consta de tres bloques básicos:

- Multiplexor Terminal
- Multiplexor *Add-drop* (ADM)
- Conmutador de conexión cruzada (*switch crossconnect*)

### Multiplexor Terminal

Un Multiplexor Terminal se usa para terminar un enlace SDH punto a punto. Normalmente operan a la velocidad de STM – 4 y mayores, tiene la capacidad de recibir tráfico tanto de PDH y SDH. En la **Figura 1-17** se muestra un ejemplo de equipo Multiplexor terminal de la marca NEC. [MANT0001]



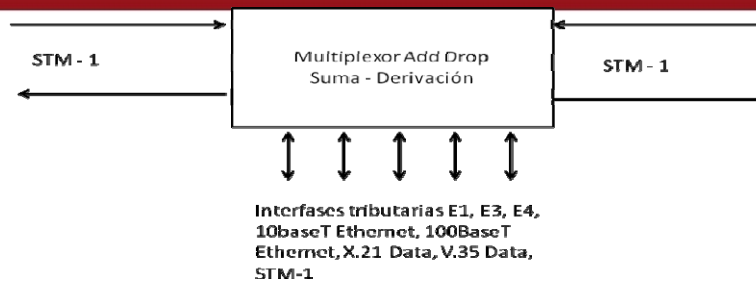
**Figura 1-17 Equipo Multiplexor Terminal AM35 NEC**

Fuente: [NEC0001]

### Multiplexor *Add-drop* (Suma – Derivación o ADM)

Estos equipos Multiplexores de Suma – Derivación conforman un bloque fundamental en una red SDH, gracias a estos equipos podremos sumar y derivar tributarios sin tener que demultiplexar una señal SDH completa, se tiene como ejemplo la **Figura 1-18**. Esto se puede realizar gracias a la utilización de software de control para poder manejar estos tributarios de la trama SDH y poder sacar ventaja al uso de los “apuntadores” en esta tecnología. [MANT0001]

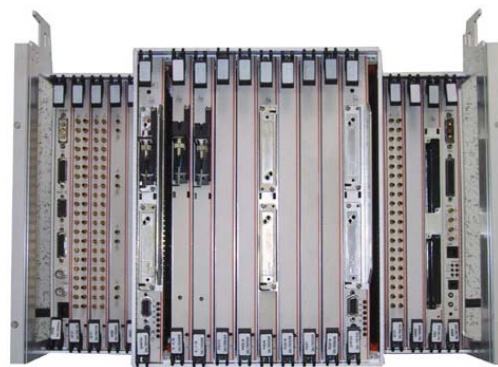




**Figura 1-18 Esquema de un Multiplexor de Suma – Derivación**

Fuente: [MANT0001]

Los multiplexores ADM o de Suma – Derivación típicamente se usan en capacidades de STM -1 y STM – 4. En la **Figura 1-19** se observa un ejemplo de un ADM Alcatel 1662 SMC.



**Figura 1-19 Multiplexor ADM 1662 SMC**

Alcatel - Lucent.

Fuente: [Anexo 4.2]

### **Conmutadores de Conexión Cruzada (*Cross – Connect Switches*)**

Los conmutadores de conexión cruzada se usan para la conexión cruzada de tráfico entre conjuntos de flujos, gracias a esto se puede liberar en cierta medida el tráfico SDH y en consecuencia se potencia la habilidad de re direccionamiento. [MANT0001]

#### **1.2.3 Normativa sobre radio enlaces en el Perú y en la UIT.**

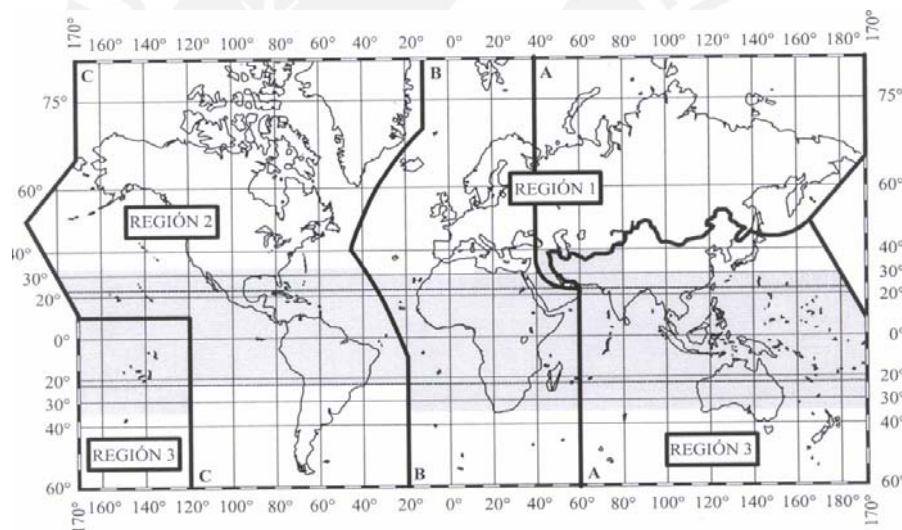
El espectro Electromagnético (Espectro RF) es un recurso agotable como el oro, la plata o el petróleo. Es por ello que se necesita un orden en el uso del mismo



así como una planificación para otorgar bandas de frecuencias a distintas empresas que generarán desarrollo o brindarán servicios de telecomunicaciones. Actualmente existen múltiples servicios ocupando gran parte del espectro electromagnético en nuestro país tales como los servicios móviles, los servicios de *broadcasting*: televisión, radio, servicios de comunicación satelital, etc.

Cada servicio debe tener la oportunidad de crecer y expandirse sin interferir con otros servicios. La UIT se encarga de velar por esta planificación y la correcta utilización del espectro.

Para proveer un orden en la distribución de frecuencias alrededor del mundo, la UIT ha dividido al mundo en 3 regiones, en cada una de las cuáles existe una asignación de frecuencias distinta.



**Figura 1-20 Mapa de Regiones según la UIT**

Fuente: [MTCITU]

De acuerdo a esta distribución el Perú se encuentra ubicado en la Región 2, por lo que examinaremos en el capítulo II sección 3 del Plan Nacional de Asignación de Frecuencias y su comparativa con los rangos de frecuencia establecidos por la UIT para la Región 2. **Ver Anexo 1.1**

## **CAPITULO 2: Estudio situacional socio-económico de la región Madre de Dios**

Para determinar la capacidad que necesitará el radio enlace para la integración de la ciudad de Puerto Maldonado a la red troncal de Telecomunicaciones del Perú, se ha realizado un análisis de la región Madre de Dios centrándonos en la ciudad de Puerto Maldonado. Se analizaron indicadores de desarrollo, censos poblacionales y datos de servicios disponibles actualmente en la región así como las principales actividades económicas de la población.

### **2.1 Evaluación Socioeconómica de la Región Madre de Dios y la Capital Puerto Maldonado**

#### **Ubicación Geográfica y Breve Reseña Histórica**

La ciudad de Puerto Maldonado se encuentra ubicada en el Departamento de Madre de Dios al sudeste del Perú. El Departamento de Madre de Dios se ubica entre las coordenadas geográficas 9°57' y 13°20', latitud Sur, 68°39' Y 72°31', longitud Oeste.

El Departamento de Madre de Dios limita al norte con la República federativa del Brasil y con el Departamento de Ucayali, por el Sur con el Departamento de Puno, por el Este con la República de Bolivia y por el Oeste con el Departamento de Cuzco.

Posee una superficie de 85 182,63 Km<sup>2</sup> la cual representa el 6,6% de la superficie del territorio nacional y el 15,3% de la región selva. Está dividido políticamente en 3 provincias: Tambopata cuya capital es la ciudad de Puerto Maldonado, Manu con su capital Salvación y la provincia de Tahuamanu cuya capital es Iñapari.

No se sabe con exactitud la antigüedad que tiene el ser humano en esta región pero se cree que los primeros pobladores llegaron cientos de años antes de la llegada de los europeos a estas tierras incluso antes de establecido el Imperio Incaico, esta zona fue conocida durante el incanato como Antisuyo, posteriormente durante el virreinato muchas misiones religiosas intentaron evangelizar a los pobladores pero fracasaron en muchas ocasiones por la resistencia y violencia que mostraba el pueblo.

Puerto Maldonado fue fundado por el primer comisario y delegado supremo del Gobierno Don Juan S. Villalta, el 10 de Julio de 1902. El nombre Puerto Maldonado es en honor a Faustino Maldonado, valiente explorador, quién recorrió las aguas del río Madre de Dios y grabó su nombre en el tronco de un enorme árbol en la unión de los ríos Madre de Dios y Tambopata, pero no es sino hasta 1985 cuando se oficializa la fecha de fundación de la ciudad de Puerto Maldonado. [MADT0001] [PROIN010]

### **2.1.1 Infraestructura**

La ciudad de Puerto Maldonado experimenta un verdadero auge desde que empezó a modernizarse a partir de la década del 40 cuando se apertura la carretera Cusco – Puerto Maldonado y se establecen las comunicaciones aéreas. Puerto Maldonado dispone de servicios básicos indispensables para el desarrollo de toda urbe tales como agua potable, electricidad, avenidas amplias pavimentadas, dependencias públicas y privadas y de diversidad de actividades comerciales.

Puerto Maldonado, es la ciudad principal del departamento de Madre de Dios, por lo que concentra la mayor parte de la infraestructura económica y social y es el centro de acopio de los principales productos de la región que luego serán comercializados en otros mercados fuera de Madre de Dios. [MADT0001]

La región de Madre de Dios cuenta con 2 aeropuertos y 3 aeródromos:

**Tabla 2-1 Aeropuertos y Aeródromos de la región Madre de Dios**

Fuente: [MTCINF10]

Nombre	Características
<b>Puerto Maldonado - Padre Aldamiz</b>	Aeropuerto, dimensiones 3500m x 45m
<b>Iñapari</b>	Aeropuerto, Ubicado en Tahuamanu. Dimensiones de 1200m x 18m.
<b>Manu</b>	Aeródromo, provincia del Manu, distrito de Fitzcarrald. Dimensiones de 1300m x 18m.
<b>Mazuko</b>	Aeródromo, provincia de Tambopata, distrito de Inambari. Dimensiones de 800m x 30m.
<b>Río Los Amigos</b>	Aeródromo, provincia del Manu, distrito de Madre de Dios. Dimensiones 315m x 18m.

Puerto Maldonado cuenta con un Terminal Portuario cuya situación es la siguiente:

### **Terminal Portuario de Puerto Maldonado**

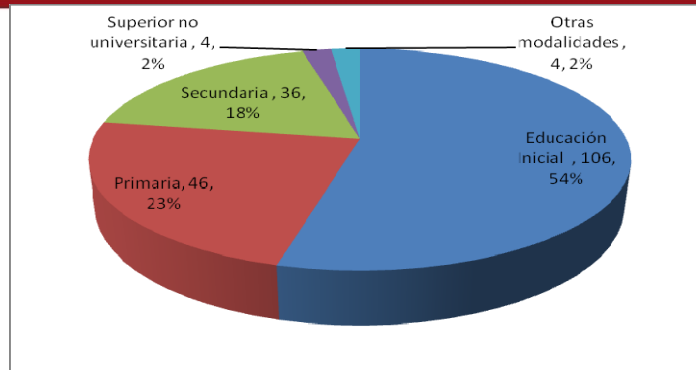
Como terminal portuario en Puerto Maldonado se tiene al muelle de Lanchonaje del cual se hará una breve reseña.

### **Muelle de Lanchonaje, Tipo Espigón**

El muelle se encuentra Operativo y en muy buen estado de conservación, se utiliza básicamente para el transporte de madera y otros gracias a la grúa instalada en el cabezo. [ENAP010]

### **Centros Educativos en la región**

La **Figura 2-1** nos muestra el número de centros educativos en el sector urbano hasta el año 2008.



**Figura 2-1 Número y porcentaje de centros educativos en la región**

Fuente: [INEI010]

Las escuelas de educación Superior no universitaria comprenden formación magisterial, educación tecnológica y educación artística. Otras modalidades comprenden educación ocupacional y educación especial.

Existe una Universidad en la ciudad de Puerto Maldonado, la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios perteneciente al Estado.

**Carreteras**

Existen dos carreteras importantes que actualmente cruzan el departamento de Madre de Dios y lo mantienen comunicado con la red vial nacional. **La Figura 2-2** a continuación presenta un mapa del departamento y la carretera Longitudinal de la Selva Sur:

**Carretera Longitudinal de la Selva Sur**



**Figura 2-2 Carretera Longitudinal Selva Sur**

Fuente: [MTCTR13]



La carretera Longitudinal de la Selva Sur cruza los departamentos de Junín, Cusco y Madre de Dios con una longitud total de 1074,352 Km. En el departamento de Madre de Dios esta carretera se inicia en el distrito de Fitzcarrald y finaliza en la frontera con Bolivia en la provincia de Tambopata. Según datos oficiales del MTC a la fecha existen 109.68 Km pavimentados, 74.32 Km sin pavimentar y en proyecto 890.35 Km.

### Carretera Transversal Ica – Ayacucho - Apurímac – Cusco – Madre de Dios



Figura 2-3 Carretera Transversal

Fuente: [MTCTR13]

La carretera Transversal representada en la figura 2-3, cuenta con un total de 1367,62 Km. de los cuáles aun 522,9 Km. están por asfaltar, esta carretera conecta los departamentos de Ica, Ayacucho, Apurímac, Cusco y Madre de Dios, esta carretera ingresa al departamento de Madre de Dios en Loromayo y termina en Iñapari, frontera con Brasil.

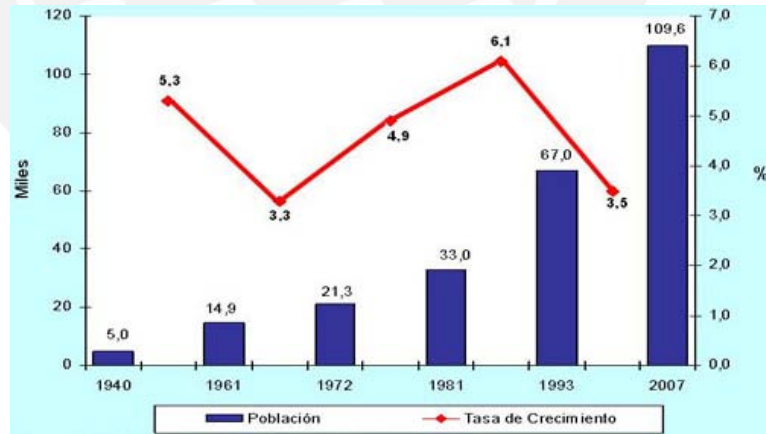
**2.1.2 Población**

Para el análisis de la población se ha tenido en cuenta las últimas estadísticas registradas por el INEI respecto a indicadores de la población de la región Madre de Dios. Esta información es presentada en gráficas para facilitar la comprensión y el análisis. En la **Tabla 2-2** se puede observar se puede observar el incremento de la población según los resultados de los últimos censos generales.

**Tabla 2-2 Población y Crecimiento**

Fuente: [INEI010]

Año	1940	1961	1972	1981	1993	2007
Población	5,000	14,900	21,300	33,000	67,000	109,600
Tasa de Crecimiento %	5.3	3.3	4.9	6.1	3.5	



**Figura 2-4 Población y Crecimiento**

Fuente: [INEI010]

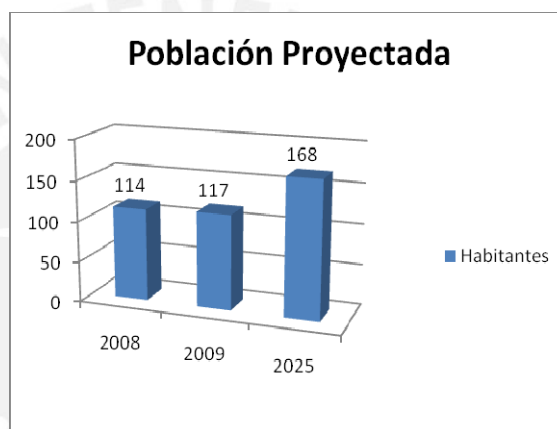
La población censada al año 2007 según el INEI fue de 109 mil 555 habitantes en el año 2007 y la tasa promedio anual entre los años 1993 y 2007 fue de 3,5% lo que indica que hubo un incremento en la población de 3 mil 39



habitantes por año, en términos absolutos. Esto también se puede apreciar en la curva de la **Figura 2-4**

### Población Proyectada

Según las proyecciones realizadas por el INEI, se estima que el 30 de Junio del año 2010 se alcanzó una población de 121 mil habitantes con una tasa promedio de crecimiento de 2,71% con un incremento anual de 3 mil 202 habitantes. Se puede observar la proyección en el grafico de barras de la **Figura 2-5**, cabe resaltar que la población total censada al año 2007 en la ciudad de Puerto Maldonado es de 56 382 habitantes.

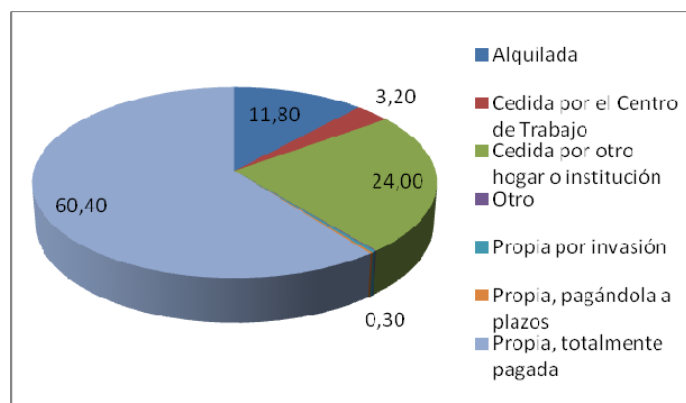


**Figura 2-5 Gráfica de Proyección de Población**

Fuente: [INEI010]

### Condición de Vivienda

A continuación se muestra en la **Figura 2-6** un grafico porcentual los tipos de condición de la vivienda en la región Madre de Dios.



**Figura 2-6 Condición de la Vivienda en Porcentajes**

Fuente: [INEI009]

### Densidad Poblacional

La densidad poblacional medida en Habitantes por Kilómetro Cuadrado, nos muestra un valor de 1,46 hab/km<sup>2</sup> este valor es inferior al promedio nacional (21,38 Hab/km<sup>2</sup>). Se puede observar en la **Tabla 2-3**

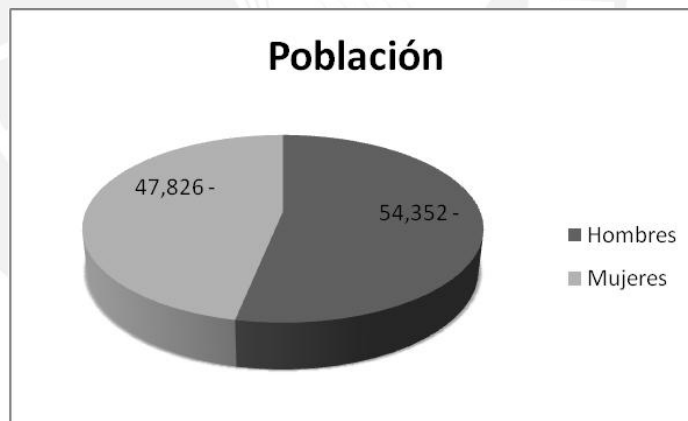
**Tabla 2-3 Densidad Poblacional**

Fuente: [INEI010]

Departamento y Provincia	Superficie(Km2)	(Hab.por Km2)
<b>Madre de Dios</b>	<b>85 300,54</b>	<b>1,46</b>
Tambopata	36 268,49	2,47
Manu	27 835,17	0,81
Tahuamanu	21 196,88	0,58

### Población por sexo

Se observa en la **Figura 2-7** que predomina la población masculina en la región Madre de Dios. Esta clasificación se basó en un total de 102 178 habitantes según ProInversión en el año 2007.



**Figura 2-7 Población por sexo**

Fuente: [PROIN07]

### Distribución de la Población Económica Activa por rango de ingresos

Según el Ministerio de Trabajo y Promoción del empleo al año 2006 en el departamento de Madre de Dios la Población Económica Activa (PEA) ocupada ascendía a 62 363 personas. La tabla 2-4 muestra el rango de ingresos y la cantidad aproximada de personas que los perciben.

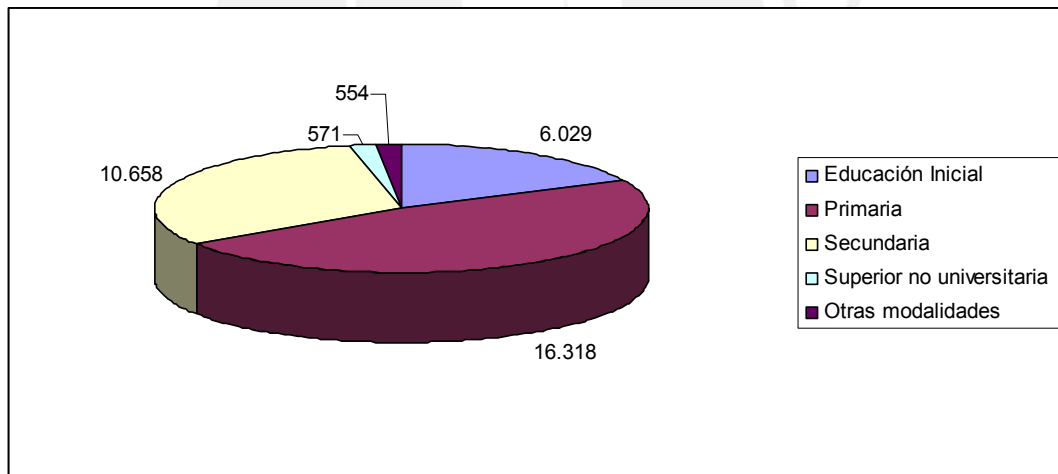
**Tabla 2-4 Rango de Ingresos Mensuales**

Fuente: [PROIN07]

Rango de ingresos mensuales	Total PEA Ocupada 2008	
	62.363	100.0
Sin ingreso	12.784	20.5
Menos de 500	13.283	21.3
500 a 999.9	17.649	28.3
1000 a 1499.9	7.733	12.4
1500 a más	10.914	17.5

**Número de Alumnos en el Sistema Escolarizado Urbano y Rural**

Se observa en la **Figura 2-8** que existe una pequeña población de alumnos en escuelas superiores y universidades. Encontrándose la mayoría de los alumnos en formación escolar primaria y secundaria.



**Figura 2-8 Número de Alumnos en el Sistema Escolarizado**

Fuente: [PROIN07]

**2.1.3 Economía**

Los indicadores que nos muestran en qué estado económico se encuentra el departamento de Madre de Dios son los siguientes:

- A. Tasa de Empleo y Población Económica Activa
- B. Principales Actividades Económicas de la región

**Población Económicamente Activa y Ocupada**

La **Tabla 2-5** muestra la cantidad de la población económicamente activa en rango de edades y el porcentaje, la **Tabla 2-6** muestra el ingreso promedio de la PEA al 2008 según información de Pro Inversión.

**Tabla 2-5 Población Económicamente Activa por edad**

Fuente: [PROIN07]

Rango de Edad (Años)	Total PEA Ocupada 2008	
	62.363	100 %
14	1.497	2.4
15-29	21.702	34.8
30-44	20.330	32.6
45-54	9.791	15.7
55 a más	9.043	14.5

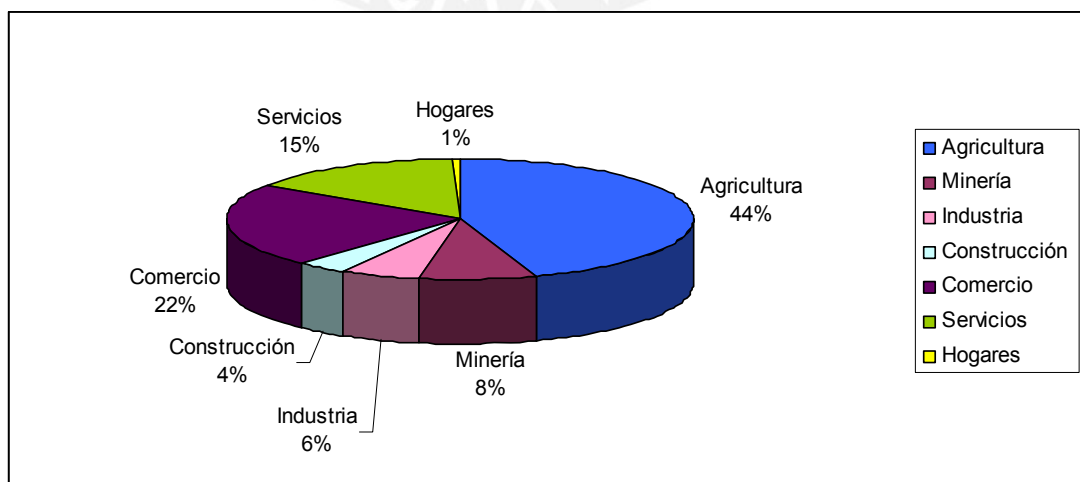
**Tabla 2-6 Ingresos de la PEA**

Fuente: [PROIN07]

Tipo de Ingreso	Monto en S/. 2008
Promedio	1.148
Mediana	783

**Distribución de la Población Económica según Actividad**

La mayoría de la Población Económicamente Activa se desempeña en Agricultura en la región Madre de Dios como se puede apreciar en el gráfico de la **Figura 2-9**, en segundo lugar se encuentra la agricultura.



**Figura 2-9 Distribución de la PEA según Actividad**

Fuente: [PROIN07]

## 2.2 Servicios de telecomunicaciones en la región de Madre de Dios

A continuación se mencionará los tipos de servicios que se pueden brindar dentro del territorio nacional.

Las telecomunicaciones se clasifican por su utilización y naturaleza del servicio en:

- Servicios Públicos
- Servicios Privados
- Servicios Privados de interés Público

Teniendo en cuenta estos conceptos podemos definir qué tipos de servicios se brinda en la región de Madre de Dios y además ver numéricamente como están distribuidos estos servicios en esta región.

### Servicios públicos en la región Madre de Dios

#### Telefonía Fija:

A continuación se puede observar que este tipo de servicio fue cayendo en demanda, posiblemente debido al ingreso de la telefonía móvil, aunque su aumento en los últimos 5 años ha sido considerable. La variación se puede apreciar en número en la **Tabla 2-7** y en densidad en la **Tabla 2-8**

**Tabla 2-7 Líneas de Servicio en Telefonía Fija**

Fuente: MTC [MTC20121]

LÍNEAS EN SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA SEGÚN ÁMBITO REGIONAL: 2006 - 2011 */						
Departamento	2006	2007	2008	2009	2010	2011 */
MADRE DE DIOS	3,485	4,149	5,652	5,964	7,067	5,204

\*/ : La información es acumulada al tercer trimestre del año 2011.

**Tabla 2-8 Líneas en Servicio y Densidad Telefónica**

Fuente: MTC [MTC20121]

AÑO	FIJA	
	LÍNEAS EN SERVICIO (1)	DENSIDAD TELEFÓNICA (2)
2007	4,149	3.78
2009	5,964	5.05
2010	7,067	5.84
2011 */	5,204	4.2

\*/ : La información es acumulada al tercer trimestre del año 2011.

(1) Sólo incluye líneas en servicio de abonado.

(2) Líneas en servicio por cada 100 habitantes, considerando las proyecciones de población del INEI.

**Telefonía Móvil:**

A diferencia de la telefonía fija, el servicio móvil fue creciendo de manera constante en los últimos 5 años, teniendo un crecimiento grande del año 2006 a 2007, se calcula que este servicio vaya aumentando con la aparición de la portabilidad numérica.

**Tabla 2-9 Líneas de Servicio en Telefonía Móvil según ámbito regional**

Fuente: MTC [MTC20121]

**LÍNEAS EN SERVICIO DE TELEFONÍA MÓVIL SEGÚN ÁMBITO REGIONAL: 2006 - 2011 \*/**

ÁMBITO REGIONAL	2006	2007	2008	2009	2010	2011 */ **/
MADRE DE DIOS	23,074	50,689	79,367	103,962	106,206	130,403

\*/ : La información es acumulada al tercer trimestre del año 2011.

\*\*/ : Incluye telefonía móvil celular, servicio de comunicaciones personales (PCS) y troncalizado digital.

**Tabla 2-10 Líneas de Servicio en Telefonía Móvil - Densidad**  
Fuente: MTC [MTC20121]

**LÍNEAS EN SERVICIO Y DENSIDAD EN LA TELEFONÍA MÓVIL:  
2006 - 2011 \*/**

AÑO	MÓVIL	
	LÍNEAS EN SERVICIO (3)	DENSIDAD TELEFÓNICA (2)
2007	50,689	46.24
2009	103,962	88.1
2010	106,206	87.64
2011 */	130,403	104.1

(3) Incluye telefonía móvil celular, servicio de comunicaciones personales (PCS) y troncalizado digital.

(2) Líneas en servicio por cada 100 habitantes, considerando las proyecciones de población del INEI.

**Acceso a Internet:**

Los servicios de acceso a internet han aumentado de manera abundante en relación al 2008. Este servicio junto a los servicios de telefonía fija y móvil será uno de los servicios más usados por nuestro enlace. Se debe de tener en cuenta que en marzo del 2009 se dio el mayor aumento de servicios de internet.

**Tabla 2-11 Líneas de Servicio de acceso de Internet**

Departamento	2008-jun	2008-sep	2008-dic	2009-mar	2009-jun	2009-sep	Var. % jun-09 / Jun-08
Madre de Dios	83	87	75	249	71	80	-3.61%

Departamentos	Banda Ancha 2010					Banda Ancha Septiembre 2011					Var.% de Suscriptores de Banda Ancha Sep 2011/ 2010
	Banda Ancha Fija	Banda Ancha Móvil	Total Banda Ancha	Densidad Total Banda Ancha	Banda estrecha (est)	Banda Ancha Fija	Banda Ancha Móvil	Total Banda Ancha	Densidad Total Banda Ancha	Banda estrecha (est)	
Madre de Dios	136	1991	2127	1.73	14	122	1319	1441	1.15	15	-32.25%

Fuente: MTC [MTC20121]

**Servicios privados en la región madre de dios**

**Autorizaciones vigentes de tele servicios privados según tipo de licencia**

La **Tabla 2-12** muestra según el MTC las autorizaciones vigentes en tele servicios privados según tipos de licencia en la región Madre de Dios.



**Tabla 2-12 Autorizaciones vigentes de tele servicios privados  
Según tipo de licencia**  
Fuente: MTC [MTC20091]

SERVICIO	Madre de Dios
Banda Ciudadana	0
Circuito Cerrado de televisión	0
Enlace Fijo por Microondas (Análogo)	0
Enlace Fijo por Microondas (Digital)	0
Fijo Aeronáutico	2
Fijo por Satélite	5
Fijo por Satélite (Enlace auxiliar a la Radiodifusión)	0
Fijo terrestre	222
Fijo terrestre (Enlace auxiliar a la Radiodifusión)	0
Móvil Aeronáutico	4
Móvil Marítimo	10
Móvil terrestre	61
Móvil terrestre (Enlace auxiliar a la Radiodifusión)	0
Radionavegación Aeronáutica	5
Radionavegación Marítima	0
Servicio de Exploración de la Tierra por Satélite	0
Servicio de Radiolocalización	0
Teleservicio Móvil Troncalizado Privado	0
Valor Añadido (Servicios Privados)	0
<b>TOTAL</b>	<b>309</b>

**Distribución de las autorizaciones vigentes de radioaficionados según categoría y modalidad (Septiembre 2009):**

La **Tabla 2-13** nos muestra que se tienen 8 autorizaciones vigentes de radioaficionados en la región Madre de Dios.

**Tabla 2-13 Autorizaciones vigentes de radioaficionados**  
Fuente: MTC [MTC20091]

Departamento	Novicio		Intermedio		Superior		TOTAL
	Instalador/ Operador	Operador	Instalador/ Operador	Operador	Instalador/ Operador	Operador	
Madre de Dios	4	0	2	0	1	1	8

**Servicios privados de interés público en la región madre de dios**

**Distribución de las autorizaciones vigentes de radiodifusión sonora según banda de frecuencia (Septiembre 2009):**

La **Tabla 2-14** nos muestra las autorizaciones vigentes de radiodifusión sonora, observamos que se cuentan con 16 licencias FM para radiodifusión.

**Tabla 2-14 Autorizaciones vigentes de radiodifusión sonora según banda de frecuencia**

Fuente: MTC [MTC20091]

Departamento	Frecuencia Modulada	Onda Corta		Onda Media	Total
		OCI <sup>1/</sup>	OCT <sup>2/</sup>		
Madre de Dios	16	0	1	2	19

1/ OCI: Onda corta internacional

2/ OCT: Onda corta tropical

**Distribución de las autorizaciones vigentes de radiodifusión por televisión según banda de frecuencia (Septiembre 2009):**

Según información del MTC en la **Tabla 2-15** observamos que tenemos 8 canales autorizados en UHF y 11 en VHF

**Tabla 2-15 Autorizaciones vigentes de radiodifusión por televisión según banda de frecuencia**

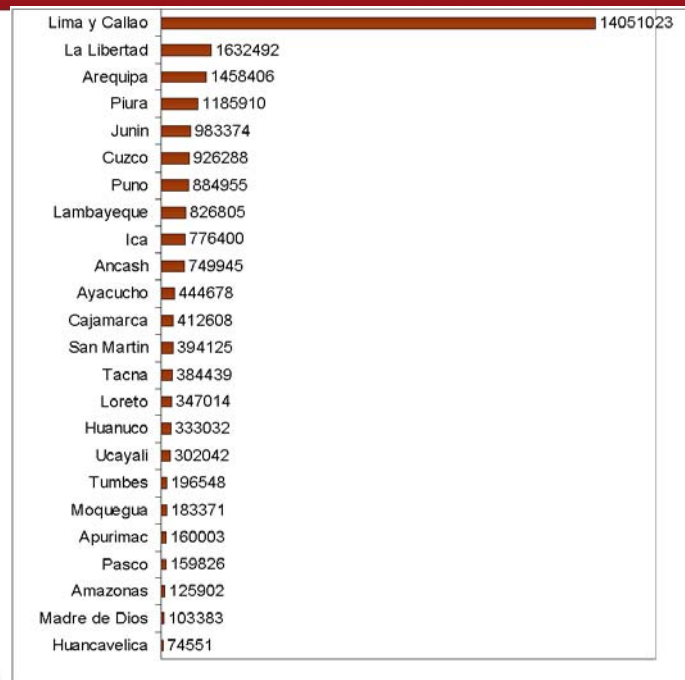
Fuente: MTC [MTC20091]

Departamento	UHF	VHF	Total
Madre de Dios	8	11	19

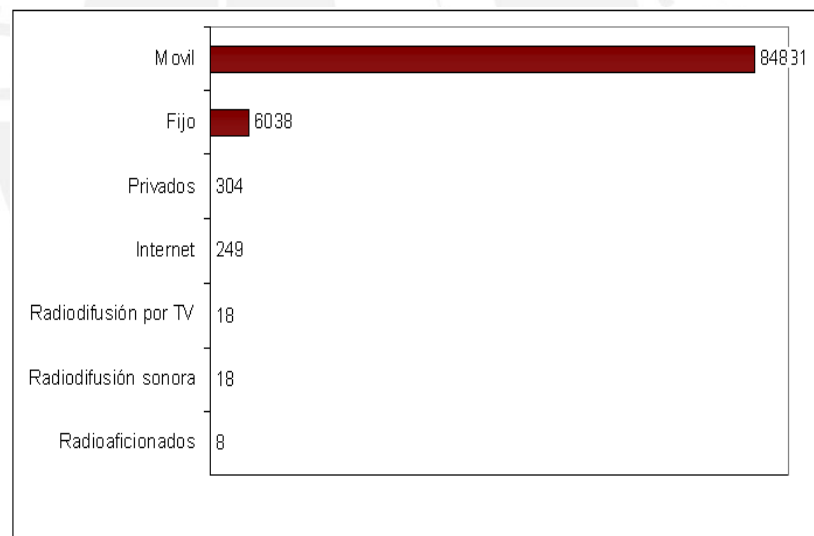
De los servicios anteriormente vistos, se concluye que los más usados son los servicios públicos, en especial el servicio de telefonía móvil y el de acceso a Internet, con lo cual podemos tener una noción de cuales servicios harían un mayor uso de nuestro enlace, aspecto muy importante para la elaboración de la ingeniería del enlace (sin dejar de lados los demás servicios).

Otro aspecto importante es que se puede apreciar que Madre de Dios es uno de los Departamentos que no posee una gran cantidad de servicios de telecomunicaciones (según la **Figura 2-10** es el segundo Departamento con menos servicios de Telecomunicaciones).

Con respecto a la **Figura 2-11** se puede observar que Madre de Dios sigue siendo uno de las regiones con menor cantidad de usuarios, pero se debe de tener en cuenta que el servicio móvil es uno de los servicios con más proyección que el resto, por eso se menciona de manera específica.



**Figura 2-10 Servicios de Telecomunicaciones según departamento**



**Figura 2-11 Servicios de Telecomunicaciones en la región de Madre de Dios**

### 2.3 Determinación de la capacidad necesaria del radioenlace

Para poder hallar la capacidad de nuestro radioenlace debemos de considerar el mercado actual de Madre de Dios, ya que éste será el mercado al cual estaremos abasteciendo, pero se debe de tener en cuenta que nuestro dimensionamiento tendrá como mercado final el año 2018, para esto se realizará un estudio de la penetración actual y la deseada para el 2018 de cada servicio (fijo y móvil mas no

para la ADSL, ya que sabiendo el número de teléfonos fijos podemos hallar la cantidad de estas líneas).

En primer lugar, debemos de realizar una proyección de la cantidad de población que tendrá el departamento de Madre de Dios para el año 2018, basándonos en el censo del INEI y la proyección que esta realizó, determinamos que la población proyectada para el 2018 será de: 146 124 personas [INEI010]

**Tabla 2-16 Población proyectada para el 2018 en Madre de Dios**

Fuente: INEI [INEI010]

	AÑOS					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Población</b>	130606	133808	137010	140212	143414	146616

Ahora tenemos que calcular como irá creciendo la penetración desde el año 0 (que será el 2013), hasta el año de culminación, que será el 2018. Para esto nos basamos en la penetración hallada para el 2013.

#### FIJO

Para calcular la penetración de este servicio se tiene que tomar en cuenta el número de viviendas censadas por el INEI pero teniendo en cuenta dos tipos de vivienda, residencial y comercial (debido a que este censo es del 2007, entonces se debe de hacer una proyección para el 2013).

- Residencial

**Tabla 2-17 Proyección de viviendas para el 2013**

Fuente: INEI [INEI010]

	AÑOS							
	1993	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Viviendas</b>	13529	30042	31221	32400	33579	34758	35937	37116

**Tabla 2-18 Proyección de viviendas para el 2018**

	AÑOS					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Viviendas</b>	37116	38295	39474	40653	41832	43011

Estas proyecciones, en la **Tabla 2-19**, se hicieron con un cálculo lineal a partir del año 1993 al 2007, luego el dato obtenido se usó para la proyección del número de viviendas del 2018.

Ahora hallamos la penetración de este año y luego la proyección para el 2018.

**Tabla 2-19 Cálculo de la penetración para el 2018**

SERVICIOS	AÑO			
	2012	2013	.....	2018
Telefonía Fija	7595	13697	.....	43011
<b>PENETRACION</b>	<b>21.13%</b>	<b>36,904%</b>	<b>.....</b>	<b>100.00%</b>

En el cuadro, **Tabla 2-19**, se puede observar que la penetración hallada en el 2013 es la base que tenemos para hallar nuestra proyección de la penetración. Nuestra meta para el diseño del enlace es de 5 años, así que al llegar al año 2018 se podría atender sin problemas a todas las familias de la región en caso se llegue a una penetración del 100%.

Haciendo este cálculo tenemos que en el año 0 de nuestro proyecto solo se atenderá a 13697 abonados fijos, pero esto irá subiendo gradualmente hasta llegar al 2018 y poder abastecer al total de viviendas (41832).

Hallando el tráfico actual:

Según recomendaciones realizadas por expertos se obtuvo que el tráfico promedio mensual por usuario residencial para telefonía fija es: 20 mErlang, considerando que es una zona tropical.

- Comercial

Para esto debemos de hallar el número de empresas que actualmente se encuentran en Madre de Dios y brindarle una cierta cantidad de Erlang, también se deberá realizar un estimado de cuantas empresas existirán para el año 2018.

**Tabla 2-20 Proyección del número de empresas en Madre de Dios para el 2018**

Fuente: Ministerio de la Producción [MINPRO]

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
MICRO	10751	11846	12941	14036	15131	16226
PEQUEÑA	323	356	389	422	422	487
MEDIANA Y GRANDE	109	120	131	142	154	164
<b>TOTAL</b>	<b>11183</b>	<b>12322</b>	<b>13461</b>	<b>14600</b>	<b>15707</b>	<b>16877</b>

Se puede observar en la tabla que actualmente en Madre de Dios existen 11183 empresas aproximadamente (proyectado en base a los últimos datos del portal Pro Inversión y Ministerio de la Producción) y con respecto a este dato se realizara la estimación de bit rate actual, pero se debe de considerar más adelante el dato del número de empresas en el 2018 y así poder tener un bit rate acorde a las necesidades futuras.

Según recomendación de expertos en la materia, el promedio mensual de consumo de telefonía fija por las empresas es de 150 mErlang (por empresa).

#### TELEFONÍA PÚBLICA

Se debe de realizar la misma proyección realizada anteriormente para la telefonía fija, es decir con respecto al año 2013, esto para tener una noción de en cuanto se tiene que ir incrementando de manera gradual el *bit rate* hasta llegar a nuestro mercado meta que será el 2018.

**Tabla 2-21 Proyección del servicio de Telefonía Pública en Madre de Dios para el 2018**

SERVICIOS	AÑO					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Telefonía Pública</b>	932	1012	1092	1172	1252	1332

De la **Tabla 2-21** mostrada se tiene que el número de teléfonos públicos en el 2013 es: 932 y con la proyección para el 2018 se tiene que el número de teléfonos públicos para esa fecha será de: 1332.

Para determinar el consumo promedio mensual de un teléfono público en la región se consulto a ingenieros que realizaban estos dimensionamientos y se llegó a que este tráfico era igual a: 180 mErlang.

## TELEFONÍA MÓVIL

Se debe de tener en cuenta que existen 3 tipos de servicio móvil, los cuales son:

- Línea Pre-Pago
- Línea Post-Pago
- Línea Control

**Tabla 2-22 Proyección del servicio de Telefonía Móvil en sus 3 tipos en Madre de Dios para el 2018**

SERVICIOS	AÑO					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Móvil Pre-Pago</b>	201610	227310	253010	278710	304410	330110
<b>Movil Post-Pago</b>	8513	9573	10633	11693	12753	13813
<b>Móvil Control</b>	1239	1329	1419	1509	1599	1689
<b>TOTAL</b>	<b>211362</b>	<b>238212</b>	<b>265062</b>	<b>291912</b>	<b>318762</b>	<b>345612</b>

Para brindarle un adecuado servicio a los usuarios se determinó que aproximadamente, según expertos en dimensionamiento móvil:

- El consumo del usuario con móvil pre-pago es de: 5.5 mErlang
- El consumo del usuario con móvil post-pago es de: 18 mErlang
- El consumo del usuario con móvil control es de: 12 mErlang
- El consumo del usuario con telefónica Fija Comercial es de: 150mErlang.
- El consumo del usuario con telefónica Fija Residencial es de 20mErlang.
- El consumo de un teléfono público 180mErlang.

Ahora como ya tenemos la cantidad de usuarios y el consumo mensual de cada servicio se puede determinar cuál será la tasa de transmisión para estos servicios:



Tabla 2-23 Cálculo del tráfico para voz

TRAFICO	ERLANG	USUARIOS	TOTAL (E)
FIJO COMERCIAL	0.15	11183	1677
FIJO RESIDENCIAL	0.02	13697	274
PÚBLICO	0.18	932	168
MÓVIL POST-PAGO	0.018	8513	153
MÓVIL PRE-PAGO	0.0055	201610	1109
MÓVIL CONTROL	0.012	1239	15
TOTAL DE ERLANGS			3396
Perdida de Bloqueo			0.01
Número de circuitos			3417
Cantidad de E1s			107
Tasa de Transferencia (Mbps)			219.136

Ahora podemos saber que la tasa de transferencia para voz es de **219.136 Mbps**

### BANDA ANCHA

Se proveerá banda ancha tanto móvil como fija. Debido a que se poseen los datos de banda ancha hasta el 2011 [MTC2011], se realizó una proyección teniendo como punto de partida el año 2013, en la **Tabla 2-24**

**Tabla 2-24 Proyección del servicio de Banda Ancha para La región de Madre de Dios para el 2018**

SERVICIOS	AÑO					
	2013*	2014	2015	2016	2017	2018*
<b>Banda Ancha</b>	1441	1606	1771	2101	2266	2431

\*Proyección lineal realizada a partir de la variación de líneas móviles y fijas desde el 2009 según el MTC

Como la tasa de transferencia será hallada para este año (luego se realizará el análisis para el mercado futuro), tomamos como base que nuestro número de clientes será de 1441.

Ahora solo nos toca determinar la tasa de transferencia para dicho número de usuarios, para esto consultamos a expertos y se recomendó utilizar una tasa de transferencia promedio igual a: 1 Mbps por usuario, pero esto es con un

overbooking de 8:1, así que para hallar nuestra verdadera tasa de transferencia solo necesitamos 125 Kbps, así que este sería nuestra base para hallar el cálculo de tasa de transferencia total para el acceso a internet.

Nro. Usuarios: 1441

Bit rate promedio por usuario: 125 Kbps

Tráfico Total: **180 Mbps**

Ahora veremos el dimensionamiento de tráfico para el acceso a internet de los clientes corporativos.

Nuestro mercado empresarial está destinado a empresas de manufactura y no manufactura, la distribución usada es teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, por lo cual se distribuyo en: Micro, Pequeña y Mediana y Grande empresa para esto se tomo como referencia los datos de produce [PROIN07], pero teniendo en cuenta que dichos datos son sólo hasta el 2011 se realizó la proyección del 2013 al 2018.

**Tabla 2-25 Proyección de empresas a partir del 2013 al 2018**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
MICRO	10751	11846	12941	14036	15131	16226
PEQUEÑA	323	356	389	422	455	487
MEDIANA Y GRANDE	109	120	131	142	154	164

Teniendo la cantidad de empresas en la región de Madre de Dios, ahora se realizará un promedio del bit rate correspondiente a cada tipo de empresa

- Micro ----- > 128 Kbps
- Pequeña ----- > 512 Kbps
- Mediana y grande ----- > 4 Mbps

Pero esta es la tasa de transferencia sin overbooking, teniendo en cuenta que las Micro-empresas necesitan poca tasa de transferencia, se usará un overbooking, 8:1. Para las Pequeñas y Mediana y Grande empresa se utilizará el siguiente overbooking: 4:1

- Micro ----- > 172 Mbps
- Pequeña ----- > 41 Mbps
- Mediana y Grande ----- > 109 Mbps

Sumando todo se tendría: **322 Mbps**

Sumando todos nuestros *bit rates* hallados, tenemos que la capacidad de nuestro enlace sería igual a: **721.136 Mbps**

Por ende se necesitaría un sistema con 5 STM-1 (una configuración 5+1).

### MERCADO FUTURO

Hasta ahora solo hemos hallado el dimensionamiento para este año, pero como se mencionó nuestro mercado meta final es el 2018, así que para esto se realizará un nuevo estimado de tráfico para ese año.

Con los datos ya mostrados en las tablas anteriores se puede hallar el tráfico total para el 2018, para fines prácticos se mantendrá el tráfico promedio por usuario.

**Tabla 2-26 Cálculo del tráfico para voz para el año 2018**

TRAFICO	ERLANG	USUARIOS	TOTAL (E)
FIJO COMERCIAL	0.15	16877	2532
FIJO RESIDENCIAL	0.02	43011	860
PÚBLICO	0.18	1332	240
MÓVIL POST-PAGO	0.018	13813	249
MÓVIL PRE-PAGO	0.0055	330110	1816
MÓVIL CONTROL	0.012	1689	20
TOTAL DE ERLANGS			5717
Perdida de Bloqueo			0.01
Número de circuitos			5722
Cantidad de E1s			178.812
Tasa de Transferencia			357.624

Ahora podemos saber que la tasa de transferencia para voz será de **357.624 Mbps**

Ahora nos falta hallar el tráfico para la banda ancha y clientes corporativos.

### BANDA ANCHA

Nro. Usuarios: 2610

Bit rate promedio por usuario: 125 Kbps

En total tendríamos  $2610 \times 125 = 326.25 \text{ Mbps}$

### CLIENTE CORPORATIVO

Tomando en cuenta la proyección realizada en la **Tabla 2-25** y realizando el mismo procedimiento seguido en el cálculo del bit rate para el 2013 se tiene:

- Micro ----- > 128 Kbps
- Pequeña ----- > 512 Kbps
- Mediana y grande ----- > 4 Mbps

Micro empresas: 259.616 Mbps

Pequeñas empresas: 62.336 Mbps

Mediana y Grande empresas: 164 Mbps

Tráfico Total Cliente Corporativo = **485.952 Mbps**

TRÁFICO TOTAL= **1169.826 Mbps**

Para atender esta demanda necesitaríamos una configuración 8 + 1. Esto quiere decir que debemos instalar 8 transmisores cada uno transmitiendo con una velocidad de 1 STM (155 Mbps) y 1 transmisor de respaldo en modo *stand by*.

## **CAPITULO 3: Análisis de la mejor alternativa como red de transporte**

### **3.1 Importancia de la redundancia en las redes críticas y de alta disponibilidad**

Hoy en día los enlaces de comunicaciones y los servicios que dependen de estos son exigidos con mucha rigurosidad por los usuarios. Ya sean usuarios corporativos como una gran empresa o una persona natural que requiere usar su conexión domestica de Internet, por tal motivo estas tecnologías de transmisión se ven sometidas a altos niveles de disponibilidad de servicio. Con el fin de cumplir esta exigencia se diseñan los enlaces de respaldo o enlaces redundantes. Estos permiten que en caso de cualquier indisponibilidad en el enlace principal, los servicios puedan conmutar a un enlace de respaldo automáticamente cuando se detecta esta avería. Dado que un enlace de respaldo se dimensiona para operar en un momento crítico y mantener los servicios básicos en operatividad, se consideran en su dimensionamiento las tasas de transmisión de los servicios básicos los cuáles deberían funcionar en todo momento. Se prefiere contar con una tecnología distinta

que la del enlace principal para el enlace secundario así como una ruta diferente en el caso de redundancia cableada.

### 3.2 Alternativas tecnológicas para el medio y la tecnología de transporte

A priori se hizo una elección del medio de transporte para este enlace de respaldo, se eligió microondas, pero para sustentar esta elección se realizó una comparación entre los tres medios de comunicación más conocidos, los cuales son:

- Transmisión por Fibra Óptica
- Transmisión por Satélite
- Transmisión por radio Microondas

A continuación se pasará a analizar de manera económica la viabilidad de cada tecnología.

#### TRANSMISION POR FIBRA OPTICA

Como se sabe hoy en día las necesidades para la tasa de transmisión son mayores y debido a esto los medios de transmisión deben permitir estas velocidades, uno de estos medios es la fibra óptica, muy usada hoy en día para instalaciones de redes de transporte. La ventaja que esta tiene es que permite un ancho de banda elevado, inmunidad a la interferencia electromagnética, acceso ilimitado y continuo y además ofrece compatibilidad con las nuevas tecnologías digitales.

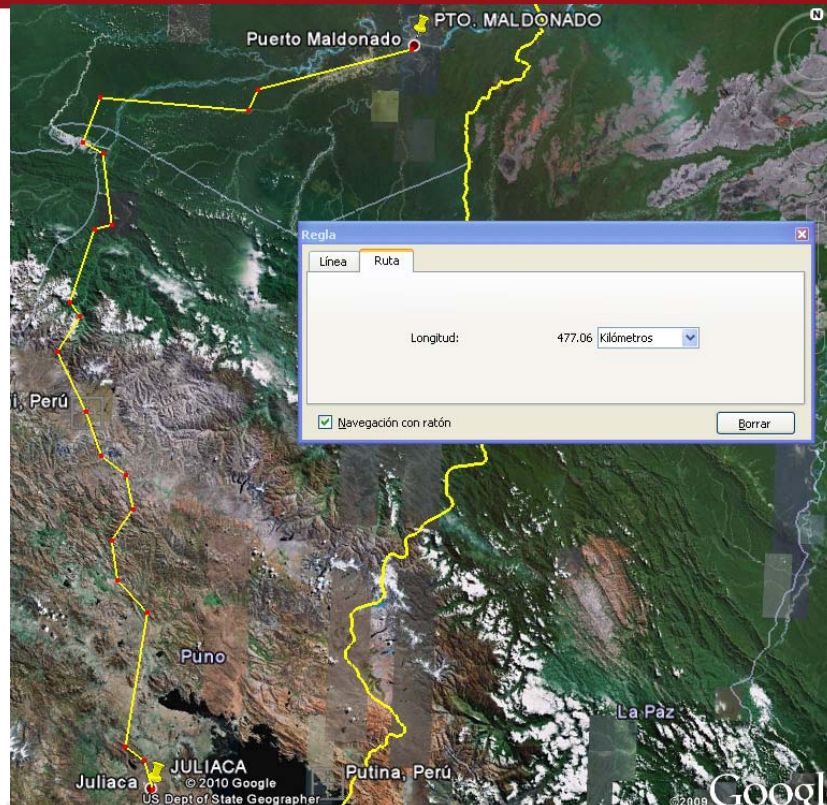
Teniendo en cuenta estos factores, se debe de estudiar el mercado y la realidad de la región a la cual se desea de implementar este tipo de medio de transmisión, en nuestro caso es la zona de Madre de Dios, una zona tropical con un clima muy variante, además es una zona económicamente no muy activa en comparación con las demás regiones del Perú. Así que teniendo en cuentas estas consideraciones y sabiendo que la fibra óptica ofrece velocidades de transmisión por encima de las decenas de Gbps, sería sobre dimensionar la utilización de este medio, ya que según los cálculos obtenidos se necesitaría como máximo 360 E1. Otro factor es la difícil geografía de la zona, ya que es una zona tropical y por ende el acceso sería complicado, cuenta con grandes ríos, suelos pantanosos, presencia de diversos animales salvajes, terrorismo y el narcotráfico (de manera especial estos tres últimos factores mencionados más el clima harían que la vulnerabilidad de la

transmisión sea muy alta, así que existirían cortes de servicios continuamente). Sabiendo todos estos factores, si todavía se desea instalar la fibra óptica una opción adecuada sería la del tendido aéreo usando las instalaciones eléctricas como soporte del cableado de fibra óptica.

Actualmente la empresa América Móvil S.A.C (Claro) interconecta a Puerto Maldonado con Juliaca usando fibra óptica aérea, el nombre del proyecto, licitado por FITEL, se llama “Servicio de Banda Ancha Rural Juliaca-Madre de Dios” e integra también a los proyectos “Servicio de Banda Ancha Rural Juliaca-San Gabán” y al proyecto “Servicio de Banda Ancha Rural San Gabán-Puerto Maldonado”. El primer tramo consta de Juliaca – Azángaro y su recorrido es de 80 Km (la fibra va por la Línea Eléctrica de Alta tensión de la Empresa Red de Energía del Perú S.A.), el segundo tramo es el de Azángaro – San Gabán y su recorrido es de 160 Km (la fibra va por la línea de Alta tensión de la empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A.), y el último tramo sería de San Gabán – Puerto Maldonado y su recorrido es de 231 Km. (usando las líneas de Alta Tensión de la empresa Electro Sur Este S.A.A. - ELSE). Entonces se tiene que aproximadamente el tramo total es de: 471 Km.

En la **Figura 3-1** se muestra el recorrido de la fibra óptica por toda la ruta mencionada anteriormente.





**Figura 3-1 Ruta Juliaca – Puerto Maldonado**

La longitud de toda la ruta es extensa teniendo en cuenta el costo actual de la fibra óptica por metro.

Desde el punto de vista económico tenemos:

Los Materiales a ser usados tendrán un costo aproximado.

**Tabla 3-1 Cálculo de los costos de materiales para el tendido de Fibra Óptica**

\*Se uso un tipo de cambio igual a 2.85 PEN = 1 USD, cotización de materiales empresa CICSA.

PRODUCTO	MARCA	MODELO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US \$)	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO PARCIAL (S/.)
Accesorios							
Conectores Duplex Tipo SC para Fibra Óptica Monomodo con Bota 900 um	AMP	504657 - 1	Unidad	495.00	9.00	25.65	12696.75
Acopladores Duplex para Fibra Monomodo	Optronics	SCPZIRD	Unidad	495.00	32.00	91.20	45144.00
Conectores Pigtaills 3 metros	Optronics	SCU09B020	Unidad	495.00	16.00	45.60	22572.00
Bandejas para Fibra Óptica de 1 UR (Unidad de Rack)	AMP	BF - 1043	Unidad	4	81.00	230.85	923.40
Cordón de Parcheo (Patch Cord) Monomodo Duplex SC-SC de 2 metros	3M	ADADA - AT0002	12 Piezas	495	30.00	85.50	42322.50
Patch Panel (Panel de Parcheo) 1U de 19" - 12 Puertos SC Duplex Monomodo	AMP	D - 1206438 - 8	Unidad	4	140.00	399.00	1596.00
Rack de Comunicaciones 7"x19"	AMP	CR - 2503DA	Unidad	4	127.00	361.95	1447.80
Caja de Empalme	Tyco Electronics	FOSC - 600	Unidad	115	176.00	501.60	57684.00
Kit Epóxico Profesional para Fibra Óptica	Optronics	KEFO - 01	Unidad	10	990.00	2821.50	28215.00
PMD Analyzer - FTB 5500B	Tecnoedu	ECYT 12 - 664	Unidad	4	11000.00	31350.00	125400.00
Certificación de enlace Fibra Óptica				1	15.00	42.75	42.75
<b>COSTO TOTAL En Nuevos Soles</b>							<b>338044.20</b>
						<b>En Dolares Americanos</b>	<b>118612.00</b>

Ahora viendo el cálculo económico de la fibra en si (se debe de considerar como distancia de la fibra óptica igual a 485 Km., ya que se debe de tener en cuenta la fibra de guarda).

**Tabla 3-2 Cálculo del costo de la Fibra Óptica**

PRODUCTO	MARCA	MODELO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US \$)	PRECIO UNITARIO (\$/-)	PRECIO PARCIAL (\$/-)
Fibra Monomodo ADSS de 6 hilos	Furukawa	CFOA-X-ASY-G	Metros	485 000	4.5	12.83	6222550
						<b>EN DOLARES</b>	<b>2183350.877</b>

\*Se uso un tipo de cambio igual a 2.85 PEN = 1 USD, cotización empresa CICSA, fibra y tendido.

Teniendo en cuenta ambos costos, se tiene un costo total igual a:

Costos Materiales + Costo Fibra Óptica = 2 301 962.877 Dólares Americanos.

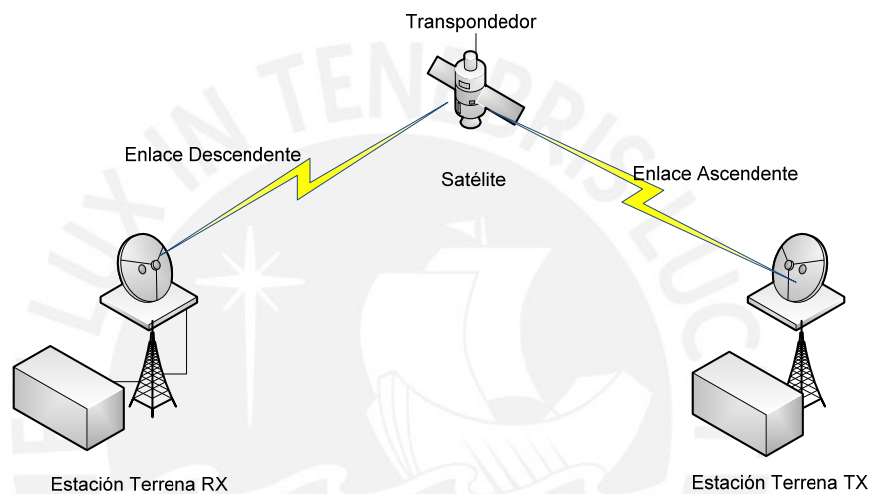
Se debe de considerar la falta de varios equipos más, como los equipos transmisores y receptores para fibra óptica (son los costos mas elevados en una red de fibra optica, el precio de cada equipo transmisor y receptor fluctua entre los 250 000 a 700 000 dolares), además del alquiler de las torres de alta tensión, aspectos legales, etc. Falta considerar el gasto del OPEX.

Teniendo en cuenta la inversión muy alta para la región, tanto para la instalación como el mantenimiento del enlace, además de los problemas por la geografía de la zona y la poca demanda de tráfico no se justifica colocar un enlace de fibra óptica, en tal sentido los servicios provistos por el operador Claro aún tienen precios prohibitivos para la mayoría de empresas instaladas en la región.

Se debe de considerar además que de existir algún problema con la infraestructura de las torres de alta tensión, como algún atentado vandálico, o el hielo acumulado en los cables en aquellas zonas de la alta sierra durante el invierno, pueden ocasionar el derrumbamiento no solo de una sino de varias torres lo cual provocaría un tiempo de reparación de mas de 24 horas según lo reportado en este tipo de enlaces en otras latitudes, en el caso de nuestra geografía el plazo de reparación sería elevado y tal indisponibilidad sería muy grave en una red troncal de comunicaciones.

## TRANSMISION VIA SATELITE

Un enlace satelital está conformado por tres etapas básicas: dos estaciones terrenas y un transpondedor en el satélite ubicado en el espacio, a través del cual cruzará nuestra señal transmitida desde la estación terrena transmisora y será devuelta a la estación terrena receptora a una frecuencia menor con la que salió de la estación transmisora. Se podría decir que un sistema de transmisión satelital es un enlace microondas con un repetidor en el espacio. Un diagrama básico de un sistema de transmisión vía satélite se muestra a continuación:



**Figura 3-2 Diagrama de Sistema de Transmisión Satelital**

Actualmente se tiene implementado este sistema como red de transporte en la región Madre de Dios, con estaciones terrenas en la ciudad de Puerto Maldonado y la ciudad de Lima. Existen diversas desventajas en un sistema satelital en comparación con otros sistemas, una de ellas es el retardo de la señal debido a las grandes distancias que tiene que viajar desde la estación transmisora en tierra hacia el satélite y del satélite hacia la estación receptora en tierra, aproximadamente este retardo es del orden de los 500 – 600 ms (considerando retardos de enlaces ascendente y descendente), un retardo de medio segundo es un retardo considerable, por lo que este sistema es el que presenta el mayor retardo en la transmisión, en un sistema de transmisión de voz este retardo es perjudicial y produciría ecos en la recepción por lo que se necesitaría bloques complejos de procesamiento de señales en las estaciones terrenas.

Podemos encontrar otra desventaja en la interferencia, esto es debido a la congestión que se provoca por el número de satélites en órbita.

Otra desventaja considerable son las pérdidas en la señal debido a la gran distancia recorrida, las pérdidas por segmento (ascendente o descendente) son aproximadamente de 145 dB a más, otro factor a considerar es que el satélite está limitado en potencia ya que cuando este tiene que transmitir hacia una estación terrena debe cuidar la energía ya que esta es proporcionada por celdas solares.

Estas dificultades pueden ser reducidas con equipamiento con mayor capacidad de procesamiento, potencia y confiabilidad, este equipamiento se va mejorando año a año. Una de las principales ventajas en la instalación de un sistema de enlace satelital viene dada por el hecho de que no se debe construir la estación satelital, existen compañías dedicadas a brindar *transponders* o ancho de banda necesario para que de esta forma solo se necesite implementar las estaciones terrenas.

Analicemos la viabilidad de implementar una red satelital como red de transporte en la región Madre de Dios en la Ciudad de Puerto Maldonado desde el punto de vista de la capacidad de la red y el costo que demandaría obtener esta capacidad, para lo cual tomaremos el número de E1s calculados como necesarios para la red de transporte que interconectara a Madre de Dios, en total el cálculo nos arrojó el valor de 360 E1s aproximadamente, este dato nos permitirá realizar cálculos de lo que nos costará alquilar segmentos satelitales y la cantidad necesaria de estos.

Los operadores de la red de transporte, si esta es basada en tecnología satelital, deben alquilar segmentos satelitales de acuerdo a la necesidad de ancho de banda y capacidad final de la red, es por ello que analizaremos cuanto nos costara transportar 360 E1s a través de este enlace.

Según INTELSAT existen segmentos satelitales usualmente alquilados a operadores, tales como 0.1, 0.2, 0.4, 1.8, 2, 9, 12, 36 y 72 MHz, además según INTELSAT cualquier ancho de banda está disponible por pedido especial.

**Tabla 3-3 Costo de Segmento Satelital**

Segmento	Precio *
72MHZ	69800

\*INTELSAT. Rate terms and conditions for service

Cuando se quieren transportar grandes capacidades de información se utilizan los segmentos más grandes, es por ello que en este caso escogemos el segmento de 72 MHz, dado que necesitamos una capacidad de 360 E1s para cubrir las



necesidades de la región Madre de Dios, y teniendo en cuenta que, aproximadamente 72 MHz (usando modulación QPSK, FEC 4/3, viterbi) pueden dar 16 o 17 E1s, por lo que finalmente se necesitarían 22 segmentos de 72MHz lo que nos daría  $US\$ 69800 \times (22 \text{ segmentos}) = US\$ 1\,535\,600$  este costo es aplicable cuando el alquiler es por un periodo entre 2 y 5 años, por lo que si multiplicamos por los próximos 5 años tendríamos  $1\,535\,600 \times 12 \times 5 = US\$ 92\,136\,000$ . Además debemos incluir los costos de implementación, asumiendo que estamos construyendo una nueva red satelital.

**Tabla 3-4 Infraestructura de Enlace Satelital**

<b>Infraestructura Estación</b>
Energía, Terrenos, Edificios, etc.
<b>Alquiler de Equipos</b>
Analizador de Espectro
Antena rotativa
Cables
Carpas
computadores
motores de giro
Receptor
VOM
<b>Equipos de Comunicaciones</b>
Convertidor de subida U/D/C
HPA 50W
LNA
Modem
Receptor de Beacom
<b>Antenas</b>
Alimentador, conectores, etc.
<b>Energía</b>
Generador , Instalación, etc.

En la **Tabla 3-4**, figuran los equipos y alquileres que debemos considerar y sumar al costo total de nuestro enlace satelital, es decir adicionar estos posibles montos al total del alquiler del segmento ( $US\$ 92\,136\,000$ ), lo cual es un costo muy elevado y teniendo en cuenta que si se requiriese aumentar en capacidad, como lo proyectado en el estudio de tráfico para esta región en el capítulo 2, se deberá

adquirir más segmentos de 72 MHz al operador satelital, en la realidad el alquiler de tantos segmentos de 72MHz no es aplicable por las empresas operadoras.

### TRANSMISION POR RADIO MICROONDAS

Los sistemas de microondas involucran todos los sistemas de radio que trabajan en el rango de frecuencias de 300 MHz a 300 GHz Para tener una noción básica de un enlace microondas se puede pensar en un sistema básico, el cual consta de un equipo transmisor, una antena transmisora, una antena receptor y un equipo receptor. Las principales ventajas de un sistema de microondas son: instalación rápida y fácil, bajo costo, comunicación punto a punto, mayor seguridad debido a factores externos (clima, vandalismo, naturaleza).

Una ventaja de usar este sistema, es que en el Perú existen desplegados sistemas de este tipo por casi todas las regiones (o ciudades principales).

La desventaja más grande que se puede apreciar en este tipo de sistemas es que se necesitan varias repetidoras para conectar los dos puntos que se desea (generalmente se usan saltos de 50 Km).

Como se sabe la tasa de transferencia requerida para nuestro diseño es de 721.136 Mbps, este tipo de tasa de transferencia puede ser cubierta por este tipo de sistema usando la tecnología SDH (tecnología usada en nuestro enlace) con 5 STM-1 (5x155 Mbps), esto incluye solo la tasa de transferencia actual y se adicionará gradualmente nuevos STM-1s debido a que se irá incrementando la demanda para el tráfico.

Otra ventaja de usar este sistema es que actualmente se tiene desplegado por todo el territorio nacional, especialmente los de la tecnología SDH, lo cual haría mas accesible integración del sistema.

Viendo la parte económica se tiene que cada estación costará aproximadamente US\$ 220 000\* y como se usarán de manera aproximada como máximo 8 repetidoras y 2 estaciones terminales, entonces se tiene que el gasto sería de US\$ 2 200 000 incluyendo la infraestructura y los equipos.

Se trabajara en la frecuencia de 6 GHz (banda 5.725 - 6.425 GHz), ya que es una zona lluviosa y tropical, por ende no se puede usar frecuencias muy altas. El trayecto que seguirá el sistema es el siguiente (Figura 3-3):





**Figura 3-3 Ruta del radio enlace**

En conclusión se tiene que este enlace será el ideal para la zona, debido a factores económico y técnicos (ya mencionados anteriormente). Para tener una mejor visión se realizó un cuadro comparativo con los 3 sistemas:

Tecnología	Ventaja	Desventaja	Costo (US\$)
Fibra Óptica	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Gran capacidad de transmisión</li> <li>* Pocas repetidoras y uso mayoritario actualmente debido a la convergencia de necesidades (voz, video y datos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Costo elevado para la realidad económica de la zona.</li> <li>* Poca seguridad en su instalación y mantenimiento.</li> </ul>	Aprox. 2 301 962.877 Sin tener en cuenta el OPEX ni equipos que podrían duplicar el precio.
Satélite	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Poca infraestructura para su instalación</li> <li>* Facilidad de acceso a zonas alejadas y con geografía complicada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* El Costo muy alto debido a que se usa un bit rate elevado</li> <li>* El retardo afecta a la señal de retorno debido a la lejanía del satélite</li> </ul>	Aprox. 92 136 000 Sin tener en cuenta el OPEX
Microondas	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ancho de banda adecuado para la zona</li> <li>* Costo bajo teniendo en cuenta la realidad de la zona.</li> <li>* Facilidad para la extensión de la capacidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Gran número de repetidoras.</li> <li>* Capacidad limitada de enlace.</li> </ul>	Aprox. 2 200 000 Sin tener en cuenta el OPEX, pero este será muy bajo

**Tabla 3 – 5 Comparación de los tres sistemas**

## CAPITULO 4: Diseño de Ingeniería

En este capítulo se realizará todo el diseño de ingeniería para el radioenlace de microondas. Se realizará el diseño teniendo en cuenta la geografía y el clima de las regiones de Madre de Dios y Cuzco, también se deberá tener en cuenta la cantidad de bit rate necesario, para esto se tomará los datos hallados en el capítulo 3. La frecuencia de operación para nuestras antenas será de 6 GHz (banda 5.725 - 6.425 GHz), ya que esta frecuencia es muy usada en estos tipos de enlace. La capacidad de la red necesaria será de: 5 STM-1, además se tendrá cinco canales de transmisión y otro de protección, teniendo en general un sistema 5 + 1. Debido a que también se proyecta que la red cubra la necesidad demandada hasta el año 2018 se tendrá la siguiente configuración: 8 + 1. La cual puede ser aumentada gradualmente año a año.

### 4.1 Topología de la Red

Como se mencionó anteriormente, la solución que realiza esta tesis es de poder brindarle una adecuada comunicación para la región de Madre de Dios, teniendo como punto de partida su capital, Puerto Maldonado, y como puerta de salida la

ciudad de Cuzco. Se utilizó mapas cartográficos para verificar los puntos donde se pondrán los sistemas de transmisión, recepción y repetidoras, luego usando un papel milimetrado se realizó los perfiles de cada tramo, para así poder verificar si tenían línea de vista, además se puede hallar las alturas de torres y antenas. Una ventaja más de la realización de los perfiles en la hoja milimetrada es que se puede hallar el azimut y poder colocar los puntos en zonas muy cercanas a la carretera (esto se hace para facilitar el transporte de equipos y también para el mantenimiento de estos). Los mapas cartográficos utilizados y en donde se encuentran estos puntos están en el ANEXO 4.1

Se utilizaron 8 repetidoras y 2 estaciones terminales (origen y destino) para todo el enlace. Se utilizará la tecnología SDH para microondas, se usarán torres de hasta 70 metros de alto, además de multiplexores y sistemas de paneles solares para alimentar de energía a las estaciones (solo se usará subestaciones generadoras en aquellos sitios donde exista energía comercial). A continuación se mencionará los tramos usados para toda la conexión:

<b><u>TRAMO 1</u></b>	<b><u>LONGITUD</u></b>
Puerto Maldonado – Interoceánica	15.21 Km.
<b><u>TRAMO 2</u></b>	<b><u>LONGITUD</u></b>
Interoceánica – Quebrada Collpa	27.78 Km.
<b><u>TRAMO 3</u></b>	<b><u>LONGITUD</u></b>
Quebrada Collpa – Sol Naciente	36.34 Km.
<b><u>TRAMO 4</u></b>	<b><u>LONGITUD</u></b>
Sol Naciente – Masuco	52.55 Km.
<b><u>TRAMO 5</u></b>	<b><u>LONGITUD</u></b>
Masuco – Camantí	35.63 Km.
<b><u>TRAMO 6</u></b>	<b><u>LONGITUD</u></b>
Camantí – Cerro Quispillo Rojo	54.39 Km
<b><u>TRAMO 7</u></b>	<b><u>LONGITUD</u></b>
Cerro Quispillo Orjo – Cerro Quesperumioc	28.93 Km.

**TRAMO 8****LONGITUD**

Cerro Qesperumioc – Cerro Pachatusan 49.25 Km.

**TRAMO 9****LONGITUD**

Cerro Pachatusan – Cusco 18.44 Km.

Todo el trayecto de nuestro radioenlace es de: 318.52 Km.

La distancia entre la antena principal y la de diversidad es de 10 metros (esto lo hayamos por sugerencia de especialistas en el tema).

Se consideró las ubicaciones de los repetidores y el transmisor y receptor en las siguientes coordenadas:

**Tabla 4-1 Coordenadas de los puntos**

LOCALIDAD	Longitud Sur	Longitud Oeste
Puerto Maldonado	12°35'19.28"	69°12'32.88"
Interoceánica	12°40'1.47"	69°19'26.48"
Quebrada Collpa	12°48'29.7"	69°32'7.10"
Sol Naciente	12°53'50.59"	69°51'28.04"
Masuco	13°03'16.13"	70°18'54.69"
Camantí	13°09'7.9"	70°37'42.56"
Cerro Quispillo Orjo	13°18'2.77"	71°06'25.96"
Cerro Qesperumioc	13°22'47.9"	71°21'42.8"
Cerro Pachatusan	13°30'52.92"	71°47'44.73"
Cusco	13°31'16.31"	71°57'58.32"

#### **4.2 Cálculo del diseño de radio propagación**

En este capítulo se realizará los cálculos de ganancia, pérdidas y se definirán algunos parámetros importantes en la realización del diseño. De manera adicional con el uso de la aplicación software SOLARIA (para planificación de enlaces microondas) se adjunta el resultados de los cálculos de propagación usando el Método ITU Rep. 338. Ver ANEXO 4.2.

Se realizará a manera de ejemplo, los cálculos para el 1er tramo, el cual es: Puerto Maldonado – Interoceánica.

- 1) Cálculo de parámetros:
  - i. Frecuencia de operación del equipo NEC 5000s: 5.925 – 6.425 GHz (frecuencia central = 6.175 GHz)
  - ii. Capacidad del sistema: 721.136 Mbps
  - iii. Distancia del tramo: 15.21 Km.
  - iv. Tamaño de las torres

**Tabla 4-2 Tamaño de las torres**

TX (m)	R1 (m)
36	72

- v. Tamaño de las antenas

**Tabla 4-3 Altura de las antenas**

TX (m)	R1 (m)
31	31

Donde TX es la antena de transmisión que se encuentra en Puerto Maldonado y R1 es el repetidor que se encuentra en la zona de Interoceánica. Por normatividad del MTC las antenas como mínimo se deben de encontrar 3 metros por debajo del límite superior de la torre [FERN2009]

- vi. Longitud del alimentador

- $L_{\text{guia1}} = 41 \text{ m}$
- $L_{\text{guia2}} = 41 \text{ m}$

Es recomendable que la longitud de las guías de onda a usar sean 10 metros mayores a las alturas de las antenas [FERN2009].

- vii. Atenuación del alimentador ( $Le$ ): La guía de onda es de la marca FLEXWELL (guía de onda elíptica), el modelo es: EP60

- $Le_{\text{guia1}} = 0.0395 * 41 \text{ dB/m} = 1.6195 \text{ dB}$
- $Le_{\text{guia2}} = 0.0395 * 41 \text{ dB/m} = 1.6195 \text{ dB}$

PERDIDAS

- viii. Pérdidas espacio Libre (
- $L_o$
- )

$$L_o(dB) = 92.4 + 20 \text{Log}(d * f)$$

d: Distancia del tramo en km = 15.21

f: Frecuencia central en GHz = 6.175

K: factor "K" Riceano = 92.4

$$L_o(dB) = K + 20 \text{Log}(15.21 * 6.175) = 131.86 \text{ dB}$$

- ix. Pérdidas en el alimentador por tramo (
- $Le_T$
- ) :

$$Le_T = Le_{\text{guia1}} + Le_{\text{guia2}} = 3.239 \text{ dB}$$

- x. Pérdidas del circuito RF (fabricante NEC)

$$L_{o_{BL}} = 4.4 \text{ dB}$$

- xi. Pérdidas totales (
- $L_T$
- ) :

$$L_T = L_o + L_{BL} + Le_T = 131.86 + 4.4 + 3.239 = 139.499 \text{ dB}$$

GANANCIA

- xii. Ganancia de potencia de transmisión (Equipos NEC 5000s)

$$P_{TX} = 30 \text{ dBm}$$

- xiii. Ganancia de las antenas (Marca Andrew)

$$G_1 = 38.8 \text{ dBm}$$

$$G_2 = 38.8 \text{ dBm}$$

$$G_{TA} = G_1 + G_2 = 77.6 \text{ dB}$$

- xiv. Ganancia Total

$$G_T = G_{TA} + P_{TX} = 77.6 + 30 = 107.6 \text{ dB}$$

NIVEL DE SENSIBILIDAD (Equipos NEC 5000s)

- xv.
- $RSL = -72.4 \text{ dBm}$
- (BER =
- $10^{-6}$
- )



### POTENCIA DE LLEGADA

$$\text{xvi. } R_x = G_T - L_T = -31.9 \text{ dBm}$$

El nivel de Rx relativo es: 40.5 dB, lo cual es adecuado, ya que como mínimo se debe de tener como Rx. Relativa 30 dB. (Según experiencias indicadas por profesionales de la carrera)

#### **4.3 Cálculo de confiabilidad de la red**

Para este punto se realizará los cálculos en los que se verá si el enlace es confiable y se verificará que la calidad de la señal al llegar a su destino sea legible y no se perderá ningún dato en el camino (se debe de tomar consideración a este punto, ya que como se trata de un enlace troncal, la información que pasará por este enlace será de vital importancia para toda una región).

A manera de ejemplo se realizará el cálculo de la confiabilidad del primer tramo, es decir de Puerto Maldonado – Interoceánica:

1. Nivel de recepción:  $R_x = -31.9 \text{ dBm}$
2. Nivel de ruido térmico:  $N = 10 \times \log(KTB) + F + 30$

Donde:

K: Constante de Boltzman =  $1.38 \times 10^{-23} (J / K)$

T: Temperatura de ruido = 293 K (temperatura nominal)

B: Ancho de banda = 140 MHz

F: Figura de ruido (fabricante) = 2.3 dB

$$N = -171,6 \text{ dBm}$$

3. Portadora/ruido para BER  $10^{-6}$  (dato del fabricante): 25.3 dB
4. Nivel de señal para BER  $10^{-6}$  (2)-(3): -192,4 dBm
5. Margen sin Fading: (1) – (3) = -57,2 dB.
6. Probabilidad de desvanecimiento:  $P_r = KQF^B d^c$

Donde:

Pr: Probabilidad de desvanecimiento plano



K: Factor dependiente del clima

Q: Factor dependiente de las condiciones topográficas

B: 1 C: 3 (recomendación ITU TR 101 016 V1.1.1)

F: Frecuencia central de RF en GHz = 6.175

d: Distancia del tramo en Km. = 15.21

Según la ITU Rec 338, el valor de KQ es:

$$KQ_1 = (4.1 \times 10^{-5}) \div S_1^{1.3} \rightarrow \text{Región húmeda y alta temperatura}$$

$$KQ_2 = (10^{-5}) \div S_1^{1.3} \rightarrow \text{Región montañosa y seca}$$

$S_1$ : Rugosidad del terreno ( $6_m \leq S_1 \leq 42_m$ )

$S_1 = 8$  para  $KQ_1$  y  $S_1 = 24$  para  $KQ_2$

Por lo que para nuestro caso:

$$P_r = 0.086738486$$

7. Desvanecimiento:  $F_d = 10 * \text{Log}(P_r / (2 * 10^{-7} * d))$

$$F_d = 44.55$$

8. Nivel de señal con desvanecimiento: (1) – (7) = -76.449 dB

9. C/N con desvanecimiento: (8) – (2) = 79.1504

10. Confiabilidad

$$\%C = 100 * (1 - 10^{Mf/10 * P_r})$$

Donde:

Mf: Margen sin Fading

$$\%C = 99.99998$$

Como se observa la confiabilidad del enlace es el adecuado y además los niveles de la señal son buenos.

Para tener una visión de todos los enlaces se realizó un cuadro donde se ven todos los cálculos, este se encuentra en el ANEXO 4.2.

#### 4.4 Especificaciones técnicas del equipamiento

En esta sección se describirá de manera detallada todo el equipamiento electrónico necesario para que este tipo de proyecto, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y el cambio de altitudes que tomará nuestro enlace (de Puerto Maldonado a Cusco).

En la elaboración de este tipo de sistemas se debe de tener en cuenta las recomendaciones de la ITU-T y la ITU-R, así que a continuación se mencionarán aquellas normas usadas y que influyen en nuestro proyecto:

- Rec. ITU-T G.703 Interfaz STM-1 para sistemas eléctricos.
- Rec. ITU-T G.783 Características de equipos de multiplexación para SDH
- Rec. ITU-T G.784 Aspectos de la gestión de equipos para SDH
- Rec. ITU-T G.841 Tipos y características de la red SDH
- Rec. ITU-T G.842 Interoperabilidad de equipos en SDH
- Rec. ITU-T G.957 Interfaz STM-1 para sistemas ópticos

Los requerimientos mínimos para este tipo de redes de transporten deben de ser:

- ✓ Distancia máxima de cada salto 90 Km. (solo para un salto).
- ✓ Velocidad de transmisión: actualmente configuraciones 5+1, pero en un futuro poder llegar a configuración N+1, siendo N mayor o igual a 8
- ✓ Frecuencia de operación: 6.175 GHz
- ✓ Adecuado para zonas con climas cambiantes (selva y sierra)

El sistema debe de ser totalmente interior, “full-indoor”, esto debido a los aspectos del clima mencionados anteriormente.

Los equipos deben de soportar grandes velocidades (hasta un configuración de 14+2), teniendo en cuenta que se podrá usar XPIC (cancelación de interferencia por polarización cruzada).

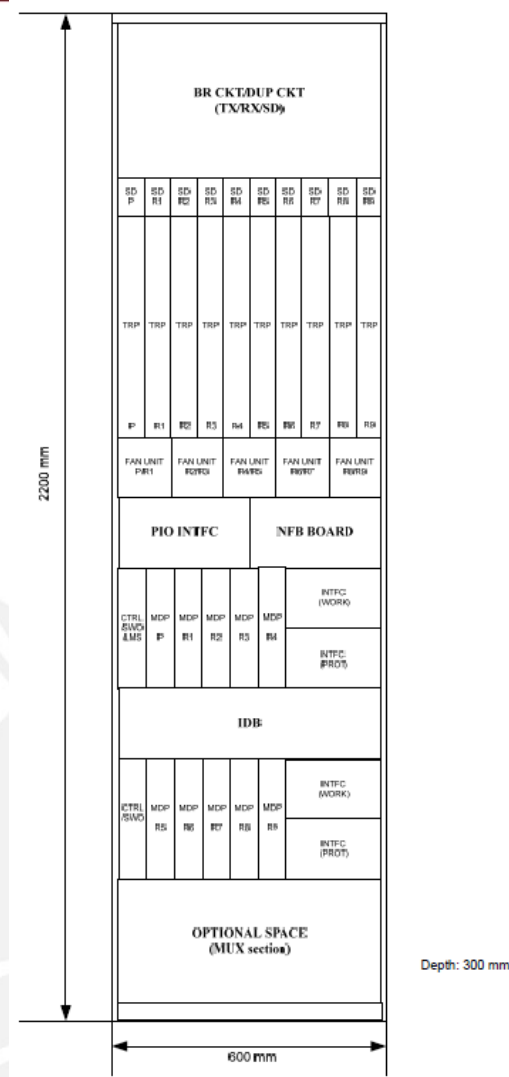
Existen diversas marcas en el mercado, sin embargo para la elección de los equipos para una red de transporte nos hemos centrado en marcas líderes tales como Ericsson, Alcatel-Lucent, NEC y Huawei, de estas marcas, Ericsson y Huawei lideran el mercado con mayor presencia y posicionamiento en el mercado (según el portal Infonetics Research Market Share 2013), sin embargo Alcatel-Lucent y NEC son empresas de mucho prestigio en el rubro y en el caso del Perú cuentan con gran números de equipos de transmisión vendidos a los principales operadores,

para el caso de equipos microondas una gran parte de las redes de transporte en el territorio nacional descansan sobre equipos de radio de la marca NEC, con su filial NDC del Perú (NEC Perú) cuenta con gran experiencia en la venta y soporte de estos equipos en nuestro país, es por ello que elegimos los equipos de radio 5000 S NEC para el diseño de nuestra red de transporte.

Después de haber dado una introducción a cómo deben de ser los equipos a usar en este proyecto, se listarán los equipos:

- Equipo de transmisión y recepción de la marca NEC (modelo NEC 5000S)
- Guía de onda elíptica que trabaja a una frecuencia de 5.6 – 6.425 GHz de la marca RFS cuyo modelo es: EP60
- Antena parabólica de la marca Andrew, con radome, modelo: UHX12-59, doble polarización, cuya frecuencia de operación es: 5.725 – 6.425 GHz, diámetro de 2.4 m, ganancia de la antena igual a: 44.8 dBi.
- Antena parabólica de la marca Andrew, con radome, modelo: UHX8-59, doble polarización, cuya frecuencia de operación es: 5.725 – 6.425 GHz, diámetro de 3.7 m, ganancia de la antena igual a: 41.3 dBi.
- Antena parabólica de la marca Andrew, con radome, modelo: UHX6-59, doble polarización, cuya frecuencia de operación es: 5.725 – 6.425 GHz, diámetro de 1.8 m, ganancia de la antena igual a: 38.8 dBi.
- Multiplexor Universal de la marca Alcatel-Lucent, modelo: 1663 Release 6.1 diseñado para soportar: SDH, PDH y Ethernet. Este MUX, soporta las interfaces: STM-1, STM-4, STM-16 y hasta STM-64, cumple con los estándares ETSI, ITU, IEC, IEEE, EMC, FCC, MEF9 y certificado MEF14.

Para colocar el sistema de transmisión y recepción se necesita un bastidor 2200 x 600 mm, según los estándares ETSI. Los componentes principales del equipo NEC5000 se muestran en la **Figura 4-1**.



**Figura 4-1 Configuración de un equipo 9+1 NEC**

Este equipo está equipado con un sistema de transmisión automático de control de potencia (ATPC), las funciones de este sistema son: reducir la interferencia entre los sistemas vecinos, reducir el efecto de propagación “up fading”, reduce el consumo de energía y mejora la fiabilidad de los equipos (los hace más confiables).

Adicionalmente el sistema debe contar con sistema de corrección de errores FEC (*Forward Error Correction*) y también cuenta con una unidad Moduladora/Demoduladora (modula a 64 o 128 QAM, para nuestro caso será 128 QAM). Este equipo además posee un sistema de manejo de gestión de red propio (NMS), así que para poder monitorear dicho sistema sólo basta con colocar un equipo servidor en el destino y monitorear toda la red, pero también soporta monitoreo externo. Para poder brindar un monitoreo adecuado, el sistema cuenta

con un sistema de alarmas, que se catalogan como: Alarma urgente, no urgente, externa e interna.

Otro aspecto importante es el sistema de alimentación de energía que utilizará, las características de energía de este equipo son:

- -48 VDC (-40.5 a -57)
- +48 VDC (+40.5 a +57)
- -24 VDC (-20 a -35) / +24 VDC (+20 a +35)

Para cumplir con estos requisitos y viendo la zona a la cual afectará nuestro proyecto se pensó en dos soluciones, la primera en aquellas zonas donde exista energía comercial (es decir en Puerto Maldonado y Cusco) se construirán subestaciones generadoras de energía para poder brindarle la energía respectiva a sus estaciones de transmisión/recepción, pero para aquellas zonas en las cuales no exista energía comercial, se necesitará de paneles solares (que incluyen una batería para horas en las cuales el sol desaparece).

Para mayor conocimiento sobre los demás equipos a usar se adjunta las hojas técnicas (*datasheet*) de estos en el ANEXO 4.3.

#### 4.4.1 Sistema de Gestión de la red de transporte

Un sistema de gestión de red es aquel que me permitirá monitorear y gestionar remotamente el sistema diseñado. NMS por sus siglas en inglés (*Network Management System*) deberá proveer una interfaz gráfica en la cual se pueda apreciar el diagrama de la red y las configuraciones realizadas en cada elemento de red NE (*Network Element*).

Para el caso de la red de transporte Puerto Maldonado – Cusco deberá existir una estación servidora de gestión (*Server NMS*) la cual estará ubicada en Puerto Maldonado, esta estación es de suma importancia ya que gestionara todos los elementos de la red.

Por otro lado se necesita una estación cliente, la cual se ubicará en Lima, para facilidad del operador de la red, desde aquí se podrá gestionar fallas, alarmas y demás eventos en tiempo real.

La gestión comúnmente se realiza en dos niveles:

- Gestión de Red

- Gestión de Elementos de Red

Las funciones en cuanto a gestión son las siguientes:

Gestión de configuración.- aquí se puede apreciar un inventario, se puede gestionar el diseño de rutas, etc.

Gestión de Fallas.- permitirá apreciar un mapa de la red así como también la visualización de alarmas, un reporte histórico de las mismas, un LOG de eventos, etc.

Gestión de Performance.- permite obtener telemetría, brinda la recolección y visualización de información de performance de la red.

Gestión de Seguridad.- en este tipo de gestión se puede controlar los accesos de usuarios, las asignaciones de passwords, los perfiles de cada usuario así como la administración de privilegios, un LOG de comandos, etc.

Gestión de Sistema.- nos permite contar con acceso a bases de datos, nos brinda conectividad, las licencias de cada elemento de red, el estado de la red, etc.

Contar con dos tipos de consola de administración será de mucha utilidad en la gestión del sistema para ello se deberá contar con:

Consola Local tipo LCT (Local Craft Terminal):

En esta consola se podrá apreciar una pantalla donde se podrá abrir un elemento de la red (NE), aprovisionarlo remotamente y realizar pruebas en los elementos.

Consola Local de Radio (LCT):

Esta consola viene incluida en cada enlace consta de una computadora portátil, de aquí se puede gestionar cada enlace desde el mismo lugar (estaciones).

El sistema deberá ser del tipo Cliente – servidor.

Los equipos NEC series 3000 tienen el siguiente NMS, MS3201 para la gestión de sus equipos SDH 1. Ver ANEXO 4.4

#### **4.5 Infraestructura necesaria del proyecto**

En el presente diseño se ha considerado configuraciones *full-indoor* (montaje interno), dada las condiciones climáticas de la región el montaje externo o *full-outdoor* queda descartado y el requerimiento de una potencia de transmisión mayor



a la presente, en promedio, en una configuración partida ODU/IDU hacen que esta última también quede descartada.

A continuación presentaremos las dos configuraciones básicas de las estaciones, para las estaciones alimentadas a través de la red AC y otra para estaciones alimentadas a través de energía solar.

Dichas configuraciones serán presentadas en forma general, pero cabe mencionar que para tener a detalle la configuración de cada estación en particular es imprescindible una visita de campo.

La torre y la caseta van comunicadas mediante una escalerilla la cual es una estructura metálica capaz de soportar el peso de la guía de onda.

En el caso de las estaciones alimentadas por energía solar, se usarán paneles solares, los cuales irán ubicados a un lado de la caseta o en el techo de la misma, esto es dependiendo del espacio con el que se cuente para la instalación.

Las estaciones alimentadas por energía AC deberán tener la caseta más grande para poder albergar una sala en donde se instalaran los equipos de energía.

En el anexo 4.5 se muestran los esquemas típicos de las estaciones, así como la ubicación relativa de los equipos dentro de la estación.

Se pueden apreciar el radio, el multiplexor y el DDF (*Digital Distribution Frame*) ubicados en la parte central, el banco, el cargador de baterías y el deshidratador de guía de onda se encuentran a un lado de la estación, de este modo, esta configuración permitirá colocar más equipos en el futuro según la necesidad.

### **Racks de Sistema de Radio**

Los equipos de radio están diseñados para ser albergados en racks comúnmente llamados bastidores, dichos bastidores se encuentran de muchos tipos según el equipo que alberguen. Para el caso de SDH existen dos tipos de bastidor: SLIM y/o ETSI. En nuestro caso escogeremos ETSI por tener capacidad para ampliar a cuatro (04) radios, considerando que la demanda generada inicialmente por la nueva red de transporte aumentará en el corto plazo. En un bastidor tipo SLIM si quisiéramos ampliar un canal más tendríamos que comprar otro bastidor





**Figura 4-2 Bastidor tipo ETSI**

Las dimensiones típicas de un bastidor tipo ETSI son 2.2m de altura por 0.6m de frente y 0.3m de profundidad.

Dentro del bastidor se albergaran los siguientes equipos:

- Transmisores (TX): Equipo transmisor.
- Receptores (RX): Equipo receptor, que puede ser con diversidad o sin diversidad dependiendo del alcance.
- Circuito de derivación (BR: *Branching circuit*): equipo que contiene todos los filtros que requiere el transmisor.
- Circuito de Operación y Mantenimiento (OAM): es una interfase para la transmisión de señales de supervisión y control.
- Modulador (MOD): equipo modulador.
- Demodulador (DEM): equipo demodulador.
- Fuente de alimentación (PS: *Power Supply*): Las fuentes son independientes para cada sistema.
- Way Side (WS): Es una tarjeta que permite obtener un canal adicional de 2Mbps.
- Digital Service Channel (DSC): Es una tarjeta que permite la implementación de un canal digital.
- Order Way (OW): Mediante esta tarjeta se puede establecer un canal de voz para la comunicación entre estaciones.

Se necesitará un bastidor más para el MUX, ya que el espacio sobrante del bastidor para el equipo TX/RX no es el necesario, por las dimensiones del equipo MUX.

#### 4.5.1 Instalación de los equipos e infraestructura correspondiente

La instalación típica de los equipos dentro de la caseta deberá ser realizada por personal con experiencia en instalaciones de equipos SDH.

La instalación de antena: la antena se unirá a la torre a través de un soporte, dicho soporte permite direccionar la antena horizontalmente y verticalmente, de esta manera podemos apuntar la antena a la siguiente estación.

La instalación de la escalerilla: Se instala una escalerilla unida a la torre por la cual se sujetará la guía de onda o alimentador, es a través de este alimentador por donde viajara la señal recibida por la antena hacia el radio, por lo tanto, la guía de onda o alimentador es un conductor de onda electromagnética. La sujeción de la guía de onda a la escalerilla se realiza con grapas. La escalerilla atraviesa la caseta mediante una ventana en la pared, de esta forma evitamos que la guía de onda se dañe por acciones mecánicas. Finalmente la guía de onda se conecta a un duplexor de frecuencias de transmisión y recepción y luego al radio, y al deshidratador, este ultimo mantiene a la guía de onda seca haciendo circular aire enfriado por su interior.

Dentro de la estación se encuentra un espacio especial para ubicar las baterías y un rectificador los cuales deberán conectarse a una fuente de energía (AC o a paneles solares).

#### Torres

Una torre es una estructura auto soportada, la cual soportará una o más antenas o equipos. El dimensionamiento de una torre depende de diversos factores tales como:

- El sistema a Instalar
- El terreno disponible (área)
- Tipo y cantidad de Antenas a instalar
- Restricciones en el desplazamiento de las antenas
- Condiciones medio ambientales

**Torres auto soportadas.-** Son de base triangular o cuadrada, se caracterizan por ser de gran altura y el poco espacio que ocupa la base.

**Torres Venteadas.-** Su uso es más común en instalaciones rurales, requieren de mucho espacio en la base, aproximadamente un radio de la mitad de la altura de la torre, pero el costo es menor.

**Monopolos .-** Son estructuras hechas de acero galvanizado, se asemejan a postes afilados huecos, se construyen de tubos articulados y pueden llegar a 60 metros, el área máxima en la base es de 2x2 m.

Dadas las condiciones de la instalación y en muchos casos el difícil acceso a las ubicaciones de las estaciones por tratarse de una región selvática, el transporte de una torre monopolo resultaría complicado, así mismo una torre ventada por la distancia que requiere en cuanto a la instalación de vientos y el poco espacio que pudiese encontrarse en los puntos elegidos según estudio complicaría su instalación, es por ello que se considerará torres auto soportadas, por su facilidad de implementación, cuando se trasladan en cuerpos. [INFRA20101]

### **Sistemas de Protección**

Es de suma importancia considerar el sistema de protección contra rayos en cada estación de la red de transporte tanto para los equipos de telecomunicaciones y los equipos de energía.

El sistema de protección está comprendido por pararrayos y una puesta a tierra. Para este fin se debe de inspeccionar el terreno y medir su resistividad, esto se realiza en un estudio de campo por lo que no se podrá especificar parámetros del terreno en la presente tesis.

La función del pararrayos es crear una zona ionizada alrededor del elemento captor, de esta forma se facilita una trayectoria de menor resistencia para la corriente producida por la descarga atmosférica, este pararrayo deberá conectarse mediante un cable de cobre de gran capacidad de corriente a la puesta a tierra.

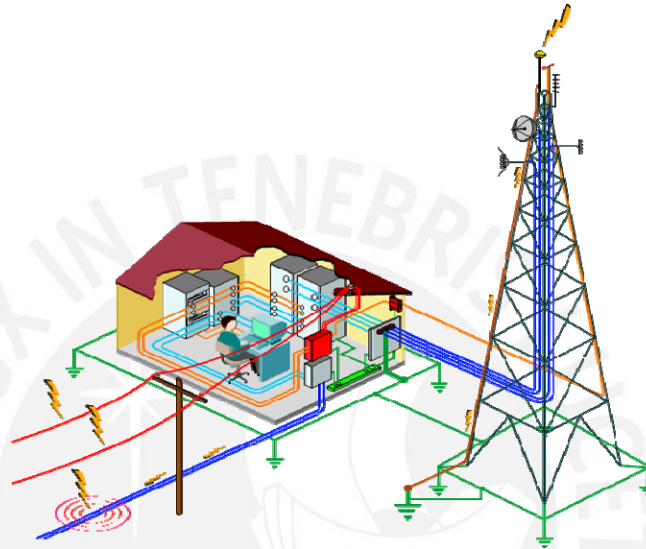
La puesta a tierra y el enlace equipotencial tienen la finalidad de proteger y cuidar la vida e integridad física de las personas de las consecuencias que puede ocasionar una descarga eléctrica, y evitar daños a la propiedad. Otra finalidad es limitar las tensiones en los circuitos cuando queden expuestos a tensiones superiores de las que su diseño puede aceptar. [INFRA20101][MEND0001]

En la norma NFPA 780 (*National Fire Protection Association*) se encuentran las guías para la instalación de sistemas de protección contra descargas atmosféricas.

Los componentes de la puesta a tierra son: El terreno, el electrodo de puesta a tierra, el conductor de conexión a la puesta a tierra. La resistividad del terreno juega

un papel fundamental debido a la falta de información respecto al terreno en cada estación y su resistividad, sugeriremos un sistema de puesta a tierra capaz de conseguir una resistencia de menos de 10 Ohmios.

Todos los sistemas de puesta a tierra deben ser conectados juntos a una distancia de 4m de la base de la edificación, además se debe mantener una distancia de al menos 2m entre los conductores del sistema para evitar la inducción de sobretensiones durante la descarga.



**Figura 4-3 Diagrama Típico de elementos de protección contra descargas**

Fuente: [INFRA20101]

**Tabla 4-4 Características del Sistema de Protección**

Fuente: [MEND0001]

<b>Sistema de Protección</b>	
<b>Pararrayo</b>	
Forma	Tetra puntal (Estilete central y 3 laterales)
Material	Bronce pulido cromado
Dimensiones	Estilete central 26x2.2cm / Estilete Lateral 16x1.6cm
Peso	1.3 Kg aproximadamente
Campo de protección	Cónico, vértice en el dispositivo captor. Angulo entre generatriz y eje vertical es de 45° para seguridad del 98.5%
Ubicación	Aislado sobre un soporte, en la parte más alta de la torre
Soporte	Mástil de hierro galvanizado de 1 1/2" de diámetro situado en el punto predominante de la torre y la altura mayor o igual a 1.5m. De esta forma se asegura la protección a todos los equipos del sistema.
Conector pararrayos	De cobre cromado

Cable de bajada	De cobre calibre 1/0 AWG, con separación mínima de la estructura de 20cm, mediante soportes separadores.
Aisladores de cable	Tipo Carrete, de baquelita de alta resistencia eléctrica y mecánica, incorporada en los soportes separadores
<b>Sistema de Tierra</b>	
Tipo de Sistema	Vertical
Número de pozos	2
Tipo de electrodo	Electrodo Simple
Electrodo	Varilla Cu. Con 99.99% de electrolito para electrodo simple. Dimensión del electrodo: vertical, largo 1.5m; diámetro 3/4 "
Cables de interconexión	De cobre Nro.10 AWG forrado: para equipos y masas metálicas. De cobre desnudo Nro.1/0 AWG para la bajada del pararrayos. De cobre forrado Nro. 1/0 AWG para línea a tierra de la base de la torre, línea a tierra de la platina de equipos y línea a tierra de la estructura de paneles solares.
Conectores para cables	Terminales de cobre de compresión de alta tensión y conectores de bronce
Material de relleno	Tierra de cultivo cernida.
Tratamiento químico	Electrolítico o higroscópica

### Sistema de Alimentación

En esta sección vamos a detallar el sistema de alimentación a implementar por todas las estaciones de la ruta Puerto Maldonado – Cuzco.

**Tabla 4-5 Alimentación por Estaciones**

Alimentación AC	Alimentación Solar
<b>Puerto Maldonado</b>	
<b>Interoceánica</b>	
	Quebrada Collpa
<b>Sol Naciente</b>	
	Masuco
	Camantí
	Cerro Quispillo Orjo
	Cerro Qesperumioc
	Cerro Pachatusan
<b>Cusco</b>	

Las estaciones Puerto Maldonado, Interoceánica, Sol Naciente y Cusco están o podrían estar conectadas a redes de alimentación AC, esto debido a que se

encuentran en ciudades y/o carreteras donde se pueden conectar a la red de distribución de energía.

Las estaciones Quebrada Colpa, Masuco, Camantí, Cerro Quispillo Orjo, Cerro Quesperumioc y Cerro Pachatusan contarán con alimentación solar mediante un arreglo de paneles solares ya que en dichas ubicaciones no se cuenta con acceso a la red de distribución de energía.

### **Descripción de Sistemas de Alimentación**

#### **Alimentación mediante la red de distribución AC, equipo de alimentación DC y Grupo electrógeno.**

Los equipos se conectarán a una alimentación DC, esta será derivada de la red AC y contará además con un grupo electrógeno a combustible (Diesel).

El funcionamiento de este sistema se da de la siguiente manera: el equipo cargador rectificador recibe, en condiciones normales, energía de la red AC a través de un panel de transferencia automática luego proporciona energía DC al equipo de comunicación, al mismo tiempo realiza la carga en flotación del banco de baterías.

En caso de fallas en la alimentación de la red AC, los equipos no dejarán de recibir alimentación DC, esto mediante la descarga de baterías. El generador entrará en funcionamiento automáticamente y proporcionará energía al cargador de baterías, el cargador de baterías pasará nuevamente a operar en flotación. El equipo de alimentación DC consta finalmente de: Cargador – rectificador, baterías y el grupo electrógeno.

Las baterías deben tener capacidad para brindar autonomía de 12 horas.

Especificaciones:

#### Cargador – rectificador

Configuración de baterías: N+1, N rectificadores y 1 de respaldo.

Tiempo Máximo Corriente de recarga: 20 horas.

#### Grupo electrógeno

Contará con capacidad de suministrar energía AC al equipo de alimentación DC y cargas hasta 3KVA.

#### Sistema de Alimentación DC

Este sistema requiere de un panel de transferencia automática (TTA) el cual hace la conmutación automática de la red AC a baterías en caso de fallo del suministro AC,



un panel de distribución, batería para arranque de motor, tanque de combustible de servicio (600l), tanque de aceite lubricante (100l) y disyuntor de circuito de línea principal.

### Alimentación DC mediante paneles Solares

El equipo de alimentación mediante paneles solares está compuesto básicamente por: generador solar, acumulador, regulador de carga y un inversor que puede ser opcional. El generador solar es un conjunto de paneles solares (o células solares) fotovoltaicas, las cuales captan la radiación luminosa que proviene del sol para transformarla en corriente continua a baja tensión. El acumulador almacena energía del generador (paneles) para luego poder utilizarla en los días de baja radiación solar. El regulador de carga se encarga de evitar que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas en el acumulador, otra función importante del regulador es asegurar que el sistema trabaje siempre en su máxima eficiencia. La batería proporciona una autonomía de hasta 10 días.

La configuración de este sistema es la siguiente:

El conjunto de celdas fotovoltaicas (CCF) consiste de 4 módulos solares conectados en serie con el fin de obtener un sistema de -48 voltios, esta configuración puede variar dependiendo como conectemos las celdas podemos obtener sistemas de -12 voltios. Los conjuntos son conectados en paralelo para obtener la capacidad requerida.

El banco de baterías consiste en células conectadas en serie para obtener el sistema de -48 voltios y luego es conectado en paralelo para obtener la capacidad requerida.

Tabla 4-6 Alimentación DC

<b>Alimentación DC</b>	
<b>Régimen de entrada AC</b>	
Fase	Monofásica, bifilar
Voltaje	220v $\pm$ 10%, -20%
Frecuencia	60Hz $\pm$ 5%
<b>Rendimiento de salida DC</b>	
voltaje nominal	(-) 48 V
<b>Cargador de baterías</b>	
Régimen	Continuo
Enfriamiento	Convección de aire natural
Carga	Carga de voltaje constante con características de reducción



<b>Baterías</b>	
Tipo	Plomo – ácido
Tiempo de autonomía	12 horas a 25°C
Número de celdas	Según cálculos
Expectativa de vida	20 años a 20°C en promedio en condiciones de carga de flotación
<b>Grupo Electrónico</b>	
Capacidad	5000W (promedio) según cálculos
Fase	Monofásica, bifilar
Voltaje	220v ± 2%
Frecuencia	60Hz
Factor de potencia	0.8(retardo)
Enfriamiento de motor	Enfriado por aire
Operación no atendida	hasta 750 horas

En el ANEXO 4.5 se muestran los planos generales de las estaciones alimentadas con energía AC y energía Solar.

Tabla 4-7 Alimentación Solar

<b>Alimentación Solar</b>	
<b>Modulo Solar</b>	
Tipo de modulo	Mono cristal
Potencia Típica del modulo	85W
Voltaje	18V
Corriente	4.72A
<b>Batería de acumuladores</b>	
Tipo	Célula de plomo – ácido
Tiempo de Autonomía	10 días 25°C
Número de células	Celdas conectadas en serie para - 48 V y los bancos en paralelo para la capacidad requerida según cálculos.

## CAPITULO 5: Costos del Proyecto

El presente capítulo presentará los cálculos de inversión y operación de la red de transporte Puerto Maldonado – Cusco. Se ha realizado un estudio económico con presupuestos cercanos a la realidad según lo que ofrecen proveedores de equipos de radio, proveedores de sistemas aéreos, empresas contratistas de instalaciones y referencias de la experiencia profesional en costos involucrados en la instalación y operación de la red.

### 5.1 Costos de Inversión

Los costos de inversión del proyecto comúnmente se conocen como CAPEX (*CAPital EXpenditure*), para el análisis de la inversión esta se ha subdividido en:

#### Costos de equipamiento de radio

En este análisis se incluye los equipos de radio SDH por cada estación, así como el bastidor de los mismos.

### **Costos de sistema aéreo**

En este aspecto se consideran las antenas para cada estación

### **Costo de Guías de onda**

Se consideran los costos de guía de onda así como los accesorios para su instalación (grapapas, terminaciones, abrazaderas, deshidratador, etc.).

### **Costo de Manuales**

Manual de instalación y manual de operación.

### **Costo de Multiplexor**

Se considera un multiplexor ALCATEL y accesorios, dicha marca cuenta con experiencia y capacidad de mantenimiento óptimo y disponible las 24 horas del día, todos los días del año.

### **Equipos de energía y obra civil**

Aquí se considera el costo de los equipos de alimentación fotovoltaica y subestaciones generadoras así como la obra civil de las mismas.

### **Costos de Instalación**

Aquí se considera el estudio de campo necesario para la implementación del proyecto, las instalaciones de equipos y antenas, de la misma manera el sistema de supervisión.

### **Costos de transporte**

Se considera el transporte de los equipos y accesorios desde Lima hacia las ubicaciones de las estaciones.

Cabe mencionar que los precios considerados en las tablas del costo de inversión están dados por proveedores de equipos y empresas contratistas puestos en Lima es decir se menciona directamente el precio DDP (Entregado con impuestos pagados, Incoterms 2010) obtenido a raíz de visitas a representantes de las marcas.

Tabla 5-1 Costos de equipamiento de radio SDH y accesorios

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unit. USD \$	Precio Total USD \$
<b>RADIO NEC SDH 5000s*</b>				
	Puerto Maldonado	1	43,384.95	43,384.95
	Interoceánica	2	83,325.63	166,651.26
	Quebrada Collpa	2	83,325.63	166,651.26
	Sol Naciente	2	87,218.61	174,437.22
	Masuco	2	87,218.61	174,437.22
	Camantí	2	83,325.63	166,651.26
	Cerro Quispillo Orjo	2	83,325.63	166,651.26
	Cerro Qesperumioc	2	83,325.63	166,651.26
	Cerro Pachatusan	2	83,325.63	166,651.26
	Cusco	1	43,384.95	43,384.95
<b>BASTIDOR PARA EQUIPO DE TX/RX</b>				
	Bastidor ETSI 2.2m para las estaciones	18	8,850.00	159,300.00
<b>SISTEMA AÉREO</b>				
<b>ANTENAS PARABOLICAS ANDREW (5.925 - 6.425 GHz)</b>				
	UHX6-59 (ULTRA HIGH PERFORMANCE, DUAL POL., CON RADOME, DIAM: 1.8 M)	6	5,500.00	33,000.00
	UHX8-59 (ULTRA HIGH PERFORMANCE, DUAL POL., CON RADOME, DIAM: 2.4 M)	8	6,500.00	52,000.00
	UHX12-59 (ULTRA HIGH PERFORMANCE, DUAL POL., CON RADOME, DIAM: 3.7 M)	4	11,000.00	44,000.00
<b>GUIA DE ONDA (RFS)</b>				

	RFS EP60	764	23.00	17,572.00
	Grapa para unidad de guía de onda	764	3.50	2,674.00
	Terminación para guía de onda (RFS) de 6 GHz	36	140.00	5,040.00
	Abrazadera para guía de onda	18	25.00	450.00
	Flanging tool	14	485.00	6,790.00
	Hoisting Grip	16	23.00	368.00
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit. USD \$</b>	<b>Precio Total USD \$</b>
	Ventana pasa muro para guía de onda	10	30.00	300.00
	Kit de conexión a tierra para guía de onda de 6 GHz	18	18.00	324.00
	Deshidratador	10	1,050.00	10,500.00
	<b>MANUAL DE INSTALACION</b>			
	Manual de instalación	10	250.00	2,500.00
	Manual de instrucción	10	250.00	2,500.00
	<b>MULTIPLEXOR ALCATEL**</b>			
	MULTIPLEXOR Alcatel-Lucent 1662 ADM-universal	4	18,000.00	72,000.00
	Rack tipo Newton 19"	4	250.00	1,000.00
	Distribuidor Digital de 21 tributarios para rack 19"	4	290.00	1,160.00
	Conjunto de conectores tipo BNC para tributarios	4	950.00	3,800.00
	<b>TOTAL EQUIPOS DE RADIO SDH</b>			<b>1,850,829.90</b>
	<b>TOTAL EQUIPOS DE RADIO SDH DDP</b>			<b>2,480,112.07</b>

\*Cotización proveedor NDC del Perú, incluida instalación

\*\*Cotización proveedor Alcatel-Lucent Perú, no incluye instalación

Tabla 5-2 Costos de Sistemas de Energía

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unit. USD \$	Precio Total USD \$
<b>1</b>	<b>SISTEMAS DE ENERGIA</b>			
<b>1.1</b>	<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>			
1.1.1	Sistema Fotovoltaico 10200 Watts (30 x 4 x BP585)	6	70,000.00	420,000.00
1.1.2	Banco de baterías (10 días)	6	95,000.00	570,000.00
1.1.3	Grupo electrógeno 1 fase - SS -9.5Kw	6	17,000.00	102,000.00
<b>1.2</b>	<b>SUBESTACIÓN GENERADORA</b>			
1.2.1	Subestación eléctrica	4	69,580.72	278,322.88
<b>2</b>	<b>OBRA CIVIL</b>			
2.1	Soporte de antenas SDH	18	938.05	16,884.90
2.2	Metro lineal de la torres con instalación en la selva	1278	1,061.95	1,357,172.1
2.3	Obra civil (Adecuación de sites, construcción de Shelters)*	10	38,230.088	382,300.88
	<b>TOTAL ENERGIA Y OBRA CIVIL</b>			<b>3,126,680.76</b>



Tabla 5-3 Costos de Instalación

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unit. USD \$	Precio Total USD \$
	Estudio de campo	10	1,327.43	13,274.3
	Instalación del equipo Multiplexor	4	5,840.71	23,362.84
	Instalación de antenas diámetro: 1.8 m	6	884.96	5,309.76
	Instalación de antenas diámetro: 2.4 m	8	1,008.85	8,070.8
	Instalación del alimentador (x metro)	1650	53.10	87,615
	Instalación de antenas diámetro: 3.7 m	4	1,362.83	5,451.32
	Sistema de supervisión	10	4,743.36	47,433.6
	<b>TOTAL COSTOS DE INSTALACION</b>			<b>190,517.62</b>

Tabla 5 – 4 Costos de transporte y CAPEX total

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unit. USD \$	Precio Total USD \$
	Tráiler de 35 Toneladas cuyo destino final es la sierra/selva	27	1,769.91	47,787.61
	<b>TOTAL TRANSPORTE</b>			<b>47,787.61</b>
	<b>TOTAL CAPEX</b>			<b>4,828,181.436</b>

## 5.2 Costos de Operación y Mantenimiento

Este cálculo es conocido comúnmente como OPEX (OPERational EXpediture), considera los costos de la operación de red así como de la misma forma el mantenimiento preventivo y correctivo.

Mantenimiento preventivo.- Por recomendaciones de los fabricantes de los equipos, dicho mantenimiento deberá realizarse cada 6 meses y consiste en una visita de un grupo de técnicos a cargo de un ingeniero.

Mantenimiento correctivo.- Este mantenimiento se realiza cada vez que ocurra una falla en alguna estación de la red. La velocidad con la que se realice este mantenimiento será crucial en cuanto al tiempo de corte de servicio.

Se consideran para los costos de OPEX, los siguientes aspectos:

### **Costos por personal de Mantenimiento**

Incluyen los salarios de un ingeniero de red y supervisión, los técnicos de instalaciones y el personal de seguridad en todas las estaciones.

El detalle de estos se describe a continuación:

Se contará con un Ingeniero de red y supervisión, que se encargará del buen funcionamiento de la red así como encargado del personal técnico, el ingeniero de red y supervisión se encargará de monitorear las estaciones terminales y las estaciones repetidoras, tendrá una capacitación en el manejo del cliente y el servidor del gestor de los equipos de radio.

Técnicos de instalaciones, se encargarán de dar soporte al ingeniero de red y supervisión así como realizar los reportes de las fallas e informar las mismas para su solución en el plazo más corto posible.

Se considerarán 3 ingenieros en 3 turnos ya que se trata de una red de transporte troncal por lo que no puede quedar sin monitoreo constante, con esto se cubriría la gestión de la red las 24 horas del día.

### **Costos por materiales**

Aquí se consideran los costos de los instrumentos de medición y pruebas así como el alquiler de vehículos.

### **Costos de canon de espectro radioeléctrico**

Es el costo del canon que se debe pagar al Ministerio de Transportes y Comunicaciones por el uso de la banda de frecuencias otorgada.

Tabla 5-5 Costos de Operación y Mantenimiento

Item	Descripción	Costo Mensual (S/.)	Costo Anual (S/.)	Cantidad	Costo Total (S/.)	Costo Total USD \$ (anual)
<b>1</b>	<b>Operación y Mantenimiento</b>					
<b>1.1</b>	<b>Personal de Mantenimiento</b>					
1.1.1	Ingeniero de red y supervisión	4,000.00	48,000.00	2.00	96,000.00	33,983.00
1.1.2	Técnicos de instalaciones	1,500.00	18,000.00	4.00	72,000.00	25,487.00
1.1.3	Personal de Seguridad	1,100.00	13,200.00	2.00	26,400.00	9,346.00
<b>1.2</b>	<b>Materiales</b>					
1.2.1	Alquiler de vehículo terrestre	4,400.00	52,800.00	2.00	105,600.00	37,381.00
1.2.2	Alquiler de lancha	250.00	3,000.00	2.00	6,000.00	2,124.00
1.2.3	Instrumento de medición y herramientas		35,500.00		35,500.00	12,567.00
<b>1.3</b>	<b>Canon del espectro radioeléctrico</b>					
1.3.1	Costo anual del canon dado por el MTC		7,200.00	8.00	57,600.00	20,390.00
	<b>TOTAL OPEX</b>					<b>120,888.00</b>

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El desarrollo de la tesis comprende una solución para que la región de Madre de Dios posea un medio de comunicación adecuado, teniendo en cuenta el desarrollo económico de dicha región y por ende la poca demanda de servicios de telecomunicaciones que se observa en la zona. Como punto a favor del sistema de microondas sobre los demás (*fibra óptica y satelital*) es su costo. Como se observó en el capítulo 5, la relación de los costos con la facilidad de la instalación y la demanda existente, hacen de este sistema el mejor. Otro aspecto que favorece a este sistema de microondas es su uso como un respaldo o Backup para la fibra, esto es muy usado en la mayoría de instalaciones de fibra óptica, ya que al ser la fibra un medio unificado (todos los hilos pasan por la fibra), si sucede algún percance y se corta un sector toda la fibra dejaría de transmitir, aspecto que no debería de pasar ya que se dejaría sin servicio a la región y nuestro sistema resguardaría la comunicación ante estos inconvenientes.
- Para el diseño del sistema de transporte se consideró que actualmente la región de Madre de Dios se encuentra beneficiada por la carretera interoceánica que lo conecta de manera directa con la ciudad de Cuzo (destino final, que será usado como salida a la red nacional de Telecomunicaciones) y se colocó las estaciones lo más cerca que se pueda de esta carretera, para así poder tener un transporte más accesible, sólo dos sites no fueron colocados cerca a dicha carretera, pero esto debido a que no se logró una visibilidad directa en la zona intermedia de nuestro trayecto (pasando el pueblo Masuco).
- Si el proyecto se desea implementar se deberá de realizar un estudio de campo, para así poder corroborar los datos obtenidos de los mapas cartográficos usados y también de los hallados en el software usado, Anexo 4.7; también se podrá corroborar el tipo de terreno que posee las zonas afectadas por nuestro enlace. Así también se debe de realizar un estudio de impacto ambiental, para así poder comprobar si las RNI que se están emitiendo afectarán a la población y también si afectarán a la naturaleza y los animales residentes en las zonas aledañas a nuestros estaciones. Otro aspecto a tomar en cuenta sería la realización de un estudio legal sobre los derechos de alquiler para los terrenos donde se pondrán las estaciones (a

- Debido a que nuestro sistema se está proyectando para el año 2018, la demanda de tráfico (bit-rate) será mayor para esa fecha por eso se está proyectando también la demanda futura, pero se debe tener en cuenta que son proyecciones lineales, pueden variar dependiendo del impacto que tenga nuestro enlace en la sociedad. Para poder cubrir estas demandas de tráfico futuras se está previendo usar un sistema de transmisión SDH 8+1, pero en todo caso si nuestra demanda aumenta se podrá utilizar la técnica de XPIC (polarización cruzada), esta técnica permite aumentar hasta el doble la cantidad de canales originales que se tiene (las antenas y el equipo de radio soportan esta técnica, así que no existirá inconveniente en realizar dicha ampliación).
- En el capítulo 5 se realizó el cálculo del CAPEX y OPEX y se pudo corroborar lo asumido en el capítulo 3 (comparación de los 3 sistemas más importantes en una red de transporte: fibra óptica, satélite y microondas), es decir que económicamente hablando este sistema es mucho mejor, pero relacionando este aspecto con el tipo de zona a la cual está orientado este proyecto, es decir la realidad económica y el poco apoyo que recibe del Estado la región.
- Como se dijo anteriormente la poca demanda y el difícil acceso a esta zona hace que los principales operadores opten por no invertir en algún medio que beneficie a Madre de Dios, así que con la buena elección de sitios para las estaciones y la elección de equipos adecuados para la demanda de tráfico, y además adecuados al clima cambiante de la zona, se considera a este proyecto como un factor muy importante para el desarrollo de la región de Madre de Dios y por ende también del desarrollo del país, llevando tecnologías de comunicación adecuadas y robustas acompañando el desarrollo económico de la región partiendo de la premisa que toda sociedad adecuadamente informada es una sociedad que progresa.



## **Bibliografía**

- [ALC1662] Alcatel – Lucent, Multiplexor Universal de Suma – Derivación.  
Consultado el 18 de Enero de 2012.  
En:[http://www.alcatellucent.com/wps/portal/products/detail?LMSG\\_CA\\_BINET=Solution\\_Product\\_Catalog&LMSG\\_CONTENT\\_FILE=Products/Product\\_Detail\\_000075.xml](http://www.alcatellucent.com/wps/portal/products/detail?LMSG_CA_BINET=Solution_Product_Catalog&LMSG_CONTENT_FILE=Products/Product_Detail_000075.xml)
- [ENAP010] ENAPU Terminal portuario de Puerto Maldonado, Infraestructura.  
Consultado el 12 de Enero de 2012.  
En: [http://www.enapu.com.pe/spn/tp\\_muelle\\_ptomaldonado.htm](http://www.enapu.com.pe/spn/tp_muelle_ptomaldonado.htm)
- [FERN2009] Percy Fernández Pilco. Notas del curso de Planificación de Redes de Telecomunicaciones. Perú 2009
- [FREE1997] Roger L. Freeman. “Radio system design for telecommunications”  
New York : Wiley, 1997
- [HFL2008] Redes inalámbricas en los países en desarrollo. Consultado el 16 de Diciembre del 2009.  
En:<http://toip.uchile.cl/mediawiki/upload/6/65/AnexoJKL-Marcomun.pdf>
- [INEI010] INEI – El Perú en Cifras. Consultado el 24 de Junio del 2012.  
En: <http://www.inei.gob.pe>
- [INEI009] INEI – Información Socio demográfica. Consultado el 13 de Enero de 2010.  
En: <http://www.inei.gob.pe>
- [INFRA20101] Raúl Del Rosario, Angelo Velarde. Diapositivas del curso Infraestructura para redes de Telecomunicaciones, ciclo 2010 – 1
- [MADT0001] Datos Generales Puerto Maldonado. Consultado el 12 de Enero 2010  
En: <http://www.madrededios.net>

- [MARC2009] Marcial López Tafur. Notas del curso de Microondas (Propagación de Microondas). Perú 2009.
- [MANT0001] Trevor Manning, Microwave Radio Transmission Design Guide, Artech House, Boston – London 1999
- [MEI2009] Mei Telecomm, Instalación de Planta Interna. Consultado el 18 de Enero de 2010.  
En: [http://www.mei-telecomm.com/images/indoor\\_installation.jpg](http://www.mei-telecomm.com/images/indoor_installation.jpg)
- [MEND0001] José Mendoza, Javier Alvarado, Elección y diseño de una red de comunicaciones para el enlace de Tarapoto a Iquitos, Lima 2002.
- [MINPRO] Directorio Nacional de Empresas Industriales – Ministerio de la Producción. Consultado el 01 de Septiembre de 2013  
En: <http://www.produce.gob.pe/index.php/estadistica/directorio-nacional-de-empresas-industriales>
- [MTC20091] Dirección General de regulación y asuntos internacionales de comunicaciones del MTC. Texto “Estadísticas de servicios públicos de telecomunicaciones a nivel nacional”. Setiembre 2009
- [MTC2011] Dirección General de regulación y asuntos internacionales de comunicaciones del MTC. Texto “Estadísticas de servicios públicos de telecomunicaciones a nivel nacional”. I trimestre 2011.
- [MTC20121] Dirección General de regulación y asuntos internacionales de comunicaciones del MTC. Texto “Estadísticas de los servicios de radiodifusión y servicios privados a nivel nacional”. Mayo 2012
- [MTCINF10] Aeródromos autorizados en la región de Madre de Dios. Consultado el 14 de Julio del 2013.

- En:[https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/aereo/infraestructura/docs/html/madre\\_de\\_dios.htm](https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/aereo/infraestructura/docs/html/madre_de_dios.htm)
- [MTCTR13] Carreteras Longitudinales y Transversales del Perú – Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Consultado el 24 de Agosto del 2013.  
En:[http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/red\\_vial/webm/index.htm](http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/red_vial/webm/index.htm)
- [NEC0001] NEC, Multiplexor de Acceso AM35. Consultado el 18 de Enero de 2010.  
En: <http://www.nec.com.au/amseriesdsl/am35accessmultiplexer.htm>
- [OSC0001] Redes de Alta Velocidad. Consultado el 28 de Diciembre del 2009  
En: <http://www.uandina.edu.pe/dais/ozevallos/Exposicion.pdf>
- [POZAR2012] Pozar, David M. “Microwave engineering” Hoboken, NJ : Wiley, 2012.
- [PROIN010] Madre de Dios Información General. Consultado el 12 de Enero 2010  
En:<http://www.proinversion.gob.pe/0/0/modulos/JER/PlantillaStandard.aspx?ARE=0&PFL=0&JER=702>
- [PROIN07] ProInversión Estadísticas. Consultado el 13 de Enero de 2010.  
En:<http://www.proinversion.gob.pe/0/0/modulos/JER/PlantillaSectorHijo.aspx?ARE=0&PFL=0&JER=3319>
- [RAD2009] Universidad Politécnica de Valencia. “Diseño de radioenlaces”. España 2009
- [RAPP2002] Rappaport, Theodore S. “Wireless communications : principles and practice”  
Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall PTR, 2002
- [RICH2008] Richard, John A. “Radio wave propagation [recurso electrónico]: an introduction for the non-specialist”. Springer-Verlag Berlín Heidelberg. Alemania 2008.
- [SFAR0001] Ing. Ezio Fara. Enlaces de Microondas: Protecciones y diversidades. Universidad Argentina de la empresa. Argentina 2007

[TRAG2009] Trango Systems, Equipos de Microondas de arquitectura dividida.  
Consultado el 18 de Enero 2010.

En:<http://www.trangobroadband.com/wireless-products/point-to-point/licensed-wireless/TrangoLINK-Giga.aspx>

[TRAG20091] Trango Systems, Equipos de Microondas de planta externa.  
Consultado el 18 de Enero 2010.

En: <http://www.trangobroadband.com/wireless-products/point-to-point/licensed-wireless/TrangoLINK-Apex-18ghz.aspx>

[UDLA2009] Propagación de ondas electromagnéticas. Consultado el 17 de Diciembre del 2009.

En:[http://www.google.es/search?hl=es&rlz=1T4ADBR\\_esPE308PE310&q=UDLA+REFRACCION+Se+refiere+al+cambio+&meta=&aq=f&oq=](http://www.google.es/search?hl=es&rlz=1T4ADBR_esPE308PE310&q=UDLA+REFRACCION+Se+refiere+al+cambio+&meta=&aq=f&oq=)

[UNI2005] Característica de radio enlace. Consultado el 14 de Noviembre del 2009. En:

<http://aniak.uni.edu.pe/sdemicro/Cap%204%20MW%202005-1.pdf>



Anexo 1.1

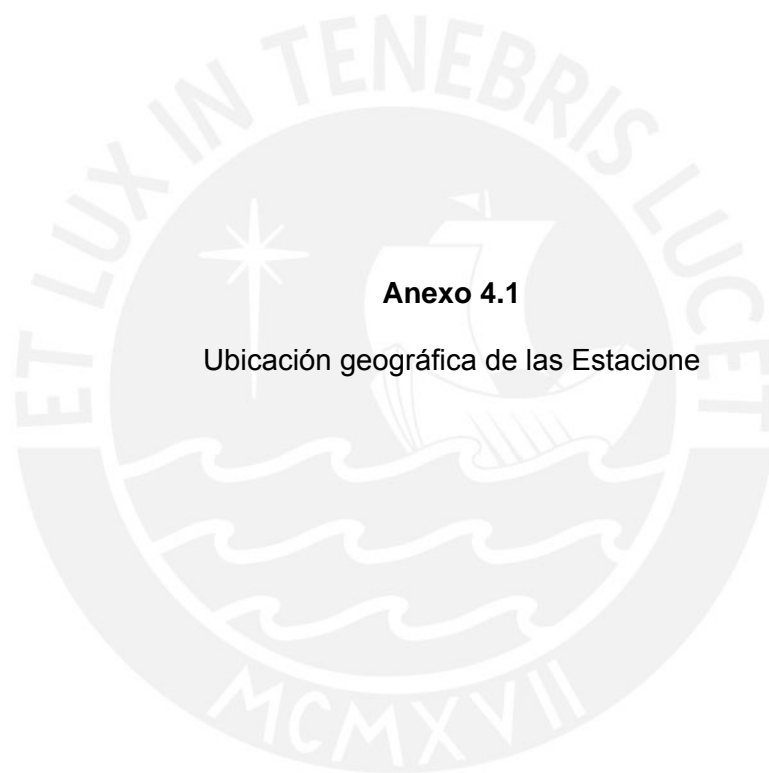
MTC, Parte del Plan Nacional de Asignación de Frecuencias.

MHZ 2 900 – 5 000		
REGION 2	PERU	
	ATRIBUCION	NOTAS Y OBSERVACIONES
2 900 – 3 100 RADIONAVEGACION RADIOLOCALIZACION	2 900 – 3 100 RADIONAVEGACION RADIOLOCALIZACION	P70, P71, P72
3 100 – 3 300 RADIOLOCALIZACION	3 100 – 3 300 RADIOLOCALIZACION	
3 300 – 3 400 RADIOLOCALIZACION Aficionados Fijo Móvil	3 300 – 3 400 RADIOLOCALIZACION Radioaficionados Fijo Móvil	
3 400 – 3 500 FIJO FIJO POR SATELITE (espacio-Tierra) Aficionados Móvil Radiolocalización	3 400 – 3 500 FIJO FIJO POR SATELITE (espacio-Tierra) Radioaficionados Móvil Radiolocalización	P47, P73
3 500 - 3 700 FIJO FIJO POR SATELITE (espacio-Tierra) MOVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización	3 500 - 3 700 FIJO Fijo Por Satélite (espacio-Tierra) Móvil salvo móvil aeronáutico Radiolocalización	P73
3 700 – 4 200 FIJO FIJO POR SATELITE (espacio-Tierra) Móvil salvo móvil aeronáutico	3 700 – 4 200 FIJO FIJO POR SATELITE (espacio-Tierra) Móvil salvo móvil aeronáutico	
4 200 – 4 400 RADIONAVEGACION AERONAUTICA	4 200 – 4 400 RADIONAVEGACION AERONAUTICA	P74
4 400 – 4 500 FIJO MOVIL	4 400 – 4 500 FIJO MOVIL	P92
4 500 – 4 800 FIJO FIJO POR SATELITE (espacio-Tierra) MOVIL	4 500 – 4 800 FIJO FIJO POR SATELITE (espacio-Tierra) MOVIL	P75, P92
4 800 – 4 990 FIJO MOVIL Radioastronomía	4 800 – 4 990 FIJO MOVIL Radioastronomía	P76, P92
4 990 – 5 000 FIJO MOVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMIA Investigación espacial(pasivo)	4 990 – 5 000 FIJO MOVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMIA Investigación espacial(pasivo)	P92



MHZ 5 000 – 5 570		
REGION 2	PERU	
	ATRIBUCION	NOTAS Y OBSERVACIONES
5 000 – 5 010 RADIONAVEGACION AERONAUTICA RADIONAVEGACION POR SATELITE (Tierra-espacio)	5 000 – 5 010 RADIONAVEGACION AERONAUTICA RADIONAVEGACION POR SATELITE (Tierra-espacio)	
5 010 – 5 030 RADIONAVEGACION AERONAUTICA RADIONAVEGACION POR SATELITE (Tierra-espacio) (espacio-espacio)	5 010 – 5 030 RADIONAVEGACION AERONAUTICA RADIONAVEGACION POR SATELITE (Tierra-espacio) (espacio-espacio)	P77, P79
5 030 – 5 150 RADIONAVEGACION AERONAUTICA	5 030 – 5 150 RADIONAVEGACION AERONAUTICA	P78, P79, P80
5 150 – 5 250 RADIONAVEGACION AERONAUTICA FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	5 150 – 5 250 RADIONAVEGACION AERONAUTICA FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio) Móvil salvo móvil aeronáutico	P78, P81, P82
5 250 – 5 255 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL MÓVIL salvo móvil aeronáutico	5 250 – 5 255 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL Móvil salvo móvil aeronáutico	P83, P84
5 255 – 5 350 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL (activo) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	5 255 – 5 350 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL (activo) Móvil salvo móvil aeronáutico	P83, P84
5 350 – 5 460 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) INVESTIGACION ESPACIAL (activo) RADIONAVEGACION AERONAUTICA RADIOLOCALIZACION	5 350 – 5 460 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) INVESTIGACION ESPACIAL (activo) RADIONAVEGACION AERONAUTICA RADIOLOCALIZACION	P85, P86, P87, P88
5 460 – 5 470 RADIONAVEGACION EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) INVESTIGACION ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACION	5 460 – 5 470 RADIONAVEGACION EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) INVESTIGACION ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACION	P85, P86, P88
5 470 – 5 570 RADIONAVEGACION MARITIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) INVESTIGACION ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACION	5 470 – 5 570 RADIONAVEGACION MARITIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) INVESTIGACION ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACION	P83, P88, P90

MHZ 5 570 – 7 250		
REGION 2	PERU	
	ATRIBUCION	NOTAS Y OBSERVACIONES
5 570 – 5 650 RADIONAVEGACION MARITIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOLOCALIZACION	5 570 – 5 650 RADIONAVEGACION MARITIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico RADIOLOCALIZACION	P83, P89, P90
5 650 – 5 725 RADIOLOCALIZACION MÓVIL salvo móvil aeronáutico Aficionados Investigación espacial(espacio lejano)	5 650 – 5 725 RADIOLOCALIZACION MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radioaficionados Investigación espacial (espacio lejano)	P47, P83
5 725 – 5 830 RADIOLOCALIZACION Aficionados	5 725 – 5 830 RADIOLOCALIZACION Radioaficionados	P23
5 830 – 5 850 RADIOLOCALIZACION Aficionados Aficionados por satélite (espacio-Tierra)	5 830 – 5 850 RADIOLOCALIZACION Radioaficionados Radioaficionados por satélite (espacio-Tierra)	P23
5 850 – 5 925 FIJO FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio) MÓVIL Aficionados Radioaficionados	5 850 – 5 925 FIJO FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio) MÓVIL Radioaficionados Radioaficionados	P23
5 925 – 6 700 FIJO FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio) MÓVIL	5 925 – 6 700 FIJO FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio) MÓVIL	P92
6 700 – 7 075 FIJO FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio)(espacio-Tierra) MÓVIL	6 700 – 7 075 FIJO FIJO POR SATELITE (Tierra-espacio)(espacio-Tierra) MÓVIL	P75, P78, P92
7 075- 7 145 FIJO MÓVIL	7 075- 7 145 FIJO MÓVIL	P91, P92
7 145 – 7 235 FIJO MÓVIL INVESTIGACION ESPACIAL (Tierra-espacio)	7 145 – 7 235 FIJO MÓVIL INVESTIGACION ESPACIAL (Tierra-espacio)	P91, P92
7 235 – 7 250 FIJO MÓVIL	7 235 – 7 250 FIJO MÓVIL	P91, P92



# ESTACIÓN - PUERTO MALDONADO





# ESTACIÓN – INTEROCEANICA













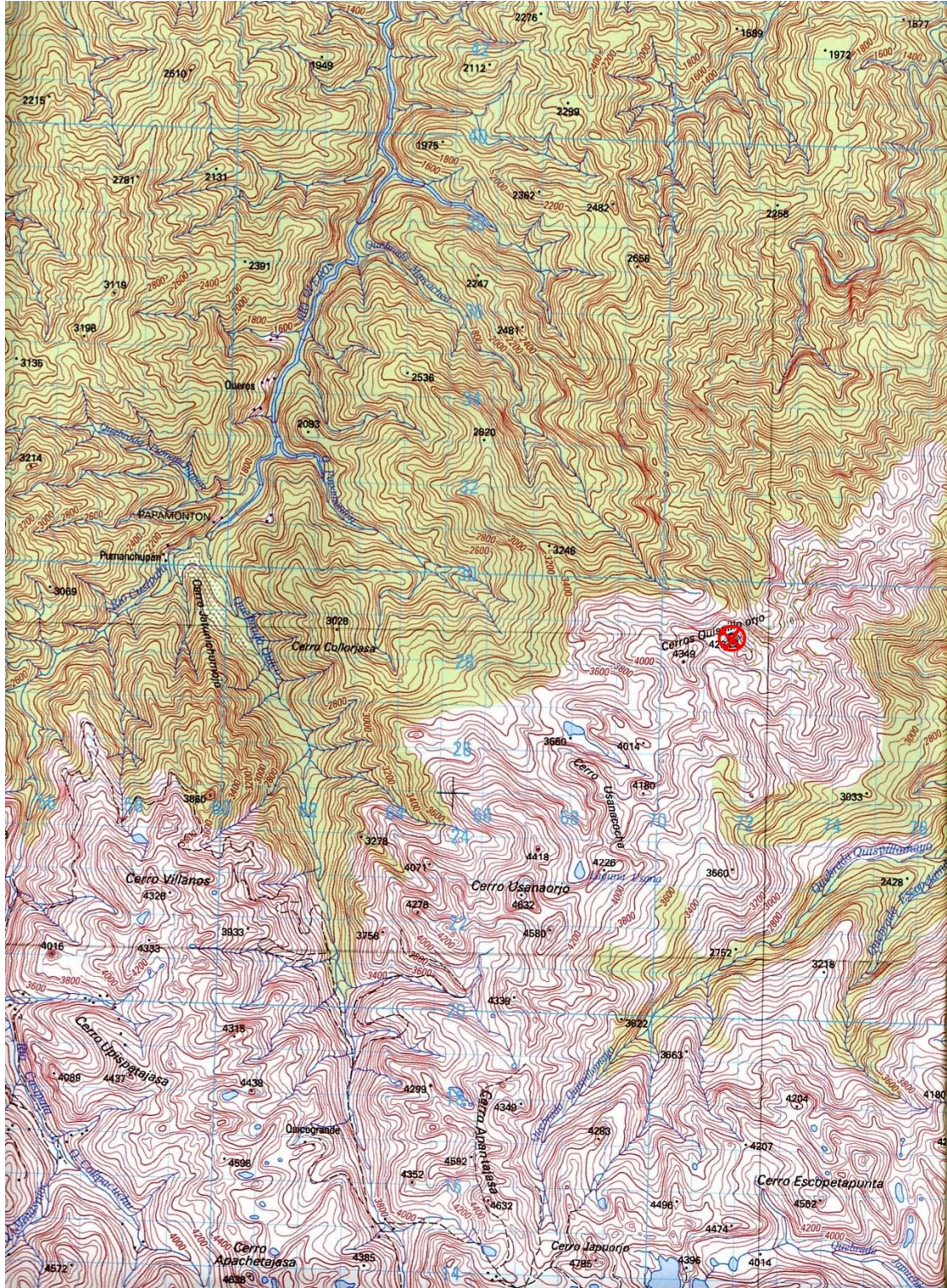


# ESTACIÓN – CERRO QUISPILLO ORJO





# ESTACIÓN – CERRO QUISPILLO ORJO





# ESTACIÓN – CERRO QUESPERUMIOC



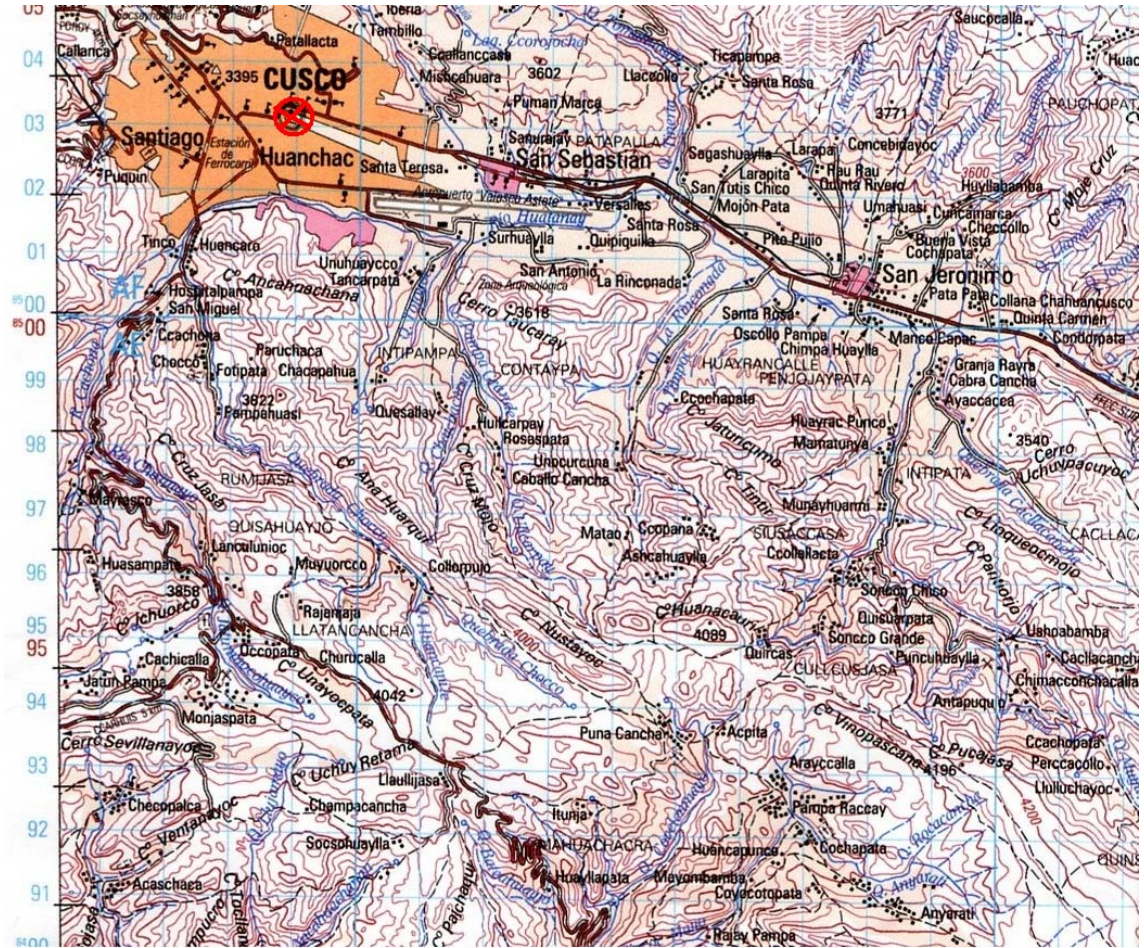


# ESTACIÓN – CERRO PACHATUSAN





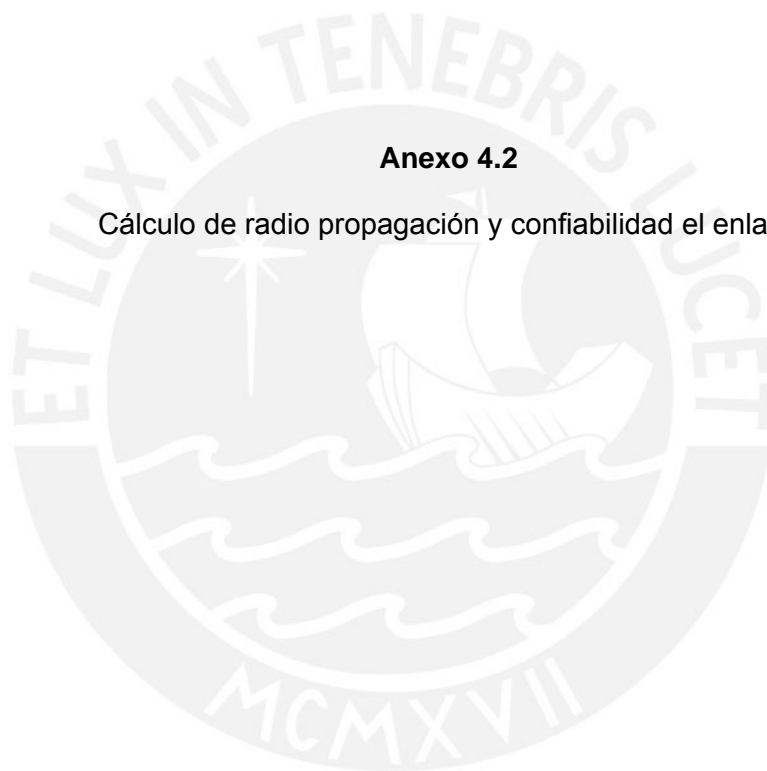
# ESTACIÓN - CUZCO





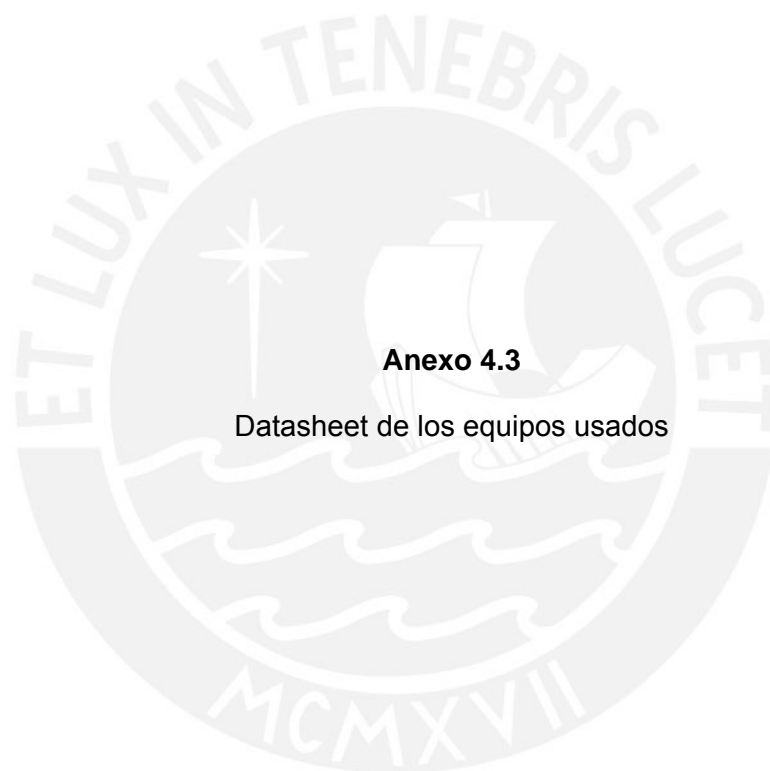
### Anexo 4.2

Cálculo de radio propagación y confiabilidad el enlace



	NUMERO DE SALTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ESTACION TX	PUERTO MALDONADO	INTEROCEÁNICA	QUEBRADA COLLPA	SOL NACIENTE	MASUCO	CAMANTI	CERRO QUISPILLO ORJO	CERRO QUESPERUMIOC	CERRO PACHATUSAN
	ESTACION RX	INTEROCEÁNICA	QUEBRADA COLLPA	SOL NACIENTE	MASUCO	CAMANTI	CERRO QUISPILLO ORJO	CERRO QUESPERUMIOC	CERRO PACHATUSAN	CUSCO
1	Freq. Operación [GHz]	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	Freq. Central [GHz]	6,175	6,175	6,175	6,175	6,175	6,175	6,175	6,175	6,175
3	Distancia del tramo [Km]	15.21	27.78	36.34	52.55	35.63	54.39	28.93	49.25	18.44
4	Long. Alimentador 1 [m]	41	75	55	40	70	55	70	40	70
5	Long. Alimentador 2 [m]	41	75	55	40	70	55	80	40	70
6	Atenuación alimentador 1 [dB]	1.620	2.963	2.173	1.580	2.765	2.173	2.765	1.580	2.765
7	Atenuación alimentador 2 [dB]	1.620	2.963	2.173	1.580	2.765	2.173	3.160	1.580	2.765
8	Altura torre 1 [m]	36	72	72	54	66	66	66	78	66
9	Altura torre 2 [m]	72	72	54	66	66	66	78	66	66
10	Altura antena 1 [m]	31	65	45	30	60	45	60	30	60
11	Altura antena 2 [m]	31	65	45	30	60	45	70	30	60
12	Diámetro antena 1 [m]	1.8	2.4	2.4	3.7	2.4	3.7	1.8	2.4	1.8
13	Diámetro antena 2 [m]	1.8	2.4	2.4	3.7	2.4	3.7	1.8	2.4	1.8
14	Pérdidas Espacio Libre [dB]	131.86	137.09	139.42	142.62	139.25	142.92	137.44	142.06	133.53
15	Pérdidas de alimentador [dB]	3.239	5.925	4.345	3.160	5.530	4.345	5.925	3.160	5.530
16	Pérdida del circuito RF [dB]	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
17	<b>PÉRDIDA TOTAL [dB]</b>	<b>139.499</b>	<b>147.415</b>	<b>148.165</b>	<b>150.18</b>	<b>149.18</b>	<b>151.665</b>	<b>147.765</b>	<b>149.62</b>	<b>143.46</b>
18	Ganancia de Potencia del TX [dBm]	30	32	30	30	30	30	30	30	30
19	Ganancia de la antena 1 [dBi]	38.8	41.3	41.3	44.8	41.3	44.8	38.8	41.3	38.8
20	Ganancia de la antena 2 [dBi]	38.8	41.3	41.3	44.8	41.3	44.8	38.8	41.3	38.8
21	Ganancia total de antenas [dB]	77.6	82.6	82.6	89.6	82.6	89.6	77.6	82.6	77.6
22	<b>GANANCIA TOTAL [dB]</b>	<b>107.6</b>	<b>114.6</b>	<b>112.6</b>	<b>119.6</b>	<b>112.6</b>	<b>119.6</b>	<b>107.6</b>	<b>112.6</b>	<b>107.6</b>

23	Nivel de Sensibilidad del RX [dBm]	-72.4	-72.4	-72.4	-72.4	-72.4	-72.4	-72.4	-72.4	-72.4
24	Nivel de recepción [dBm]	-31.90	-32.82	-35.57	-30.58	-36.58	-32.07	-40.17	-37.02	-35.86
25	Nivel de ruido KTBF [dBm]	-155.6	-155.6	-155.6	-155.6	-155.6	-155.6	-155.6	-155.6	-155.6
26	C/N para BER $10^{-6}$ [dB]	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3
27	Nivel de señal para BER $10^{-6}$ [dB]	-130.3	-130.3	-130.3	-130.3	-130.3	-130.3	-130.3	-130.3	-130.3
28	Margen sin Fading [dB]	-57.20	-58.12	-60.87	-55.88	-61.88	-57.37	-65.47	-62.32	-61.16
29	Probabilidad de desvanecimiento Tipo Rayleigh	0.000206989	0.008284783	0.02267574	0.08449158	0.02067607	0.090871833	0.009548559	0.061466732	0.002061939
30	Desvanecimiento	44.55052626	48.15838323	50.4914369	51.4060064	45.7416821	49.41574684	43.06202607	47.6831821	38.39638042
31	Nivel de señal con desvanecimiento	-76.45	-80.97	-86.06	-81.99	-82.32	-81.48	-83.23	-84.70	-74.26
32	C/N con desvanecimiento	79.15047	74.62662	69.54356	73.61399	73.27832	74.11925	72.37297	70.89682	81.34362
33	Confiabilidad	99.9999835	9.9999439	99.9999333	99.9996249	9.9999827	99.9998256	99.9999967	99.9999661	99.9999980
<b>34</b>	<b>Nivel de recepción relativa [dB]</b>	<b>40.50</b>	<b>39.59</b>	<b>36.84</b>	<b>41.82</b>	<b>35.82</b>	<b>40.34</b>	<b>32.24</b>	<b>35.38</b>	<b>36.54</b>



# Product Specifications



## UHX8-59

2.4 m | 8 ft Ultra High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 5.925–6.425 GHz



### CHARACTERISTICS

#### General Specifications

Antenna Type	UHX - Ultra High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized
Diameter, nominal	2.4 m   8 ft
Polarization	Dual

#### Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	1.4 °
Beamwidth, Vertical	1.4 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	33 dB
Electrical Compliance	ETSI Class 3   US FCC Part 101A
Front-to-Back Ratio	77 dB
Gain, Low Band	40.9 dBi
Gain, Mid Band	41.3 dBi
Gain, Top Band	41.6 dBi
Operating Frequency Band	5.925 - 6.425 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	1653J   1654J
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

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

Join the Evolution

©2010 CommScope, Inc. All rights reserved.  
All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change.  
See [www.commscope.com/andrew](http://www.commscope.com/andrew) for the most current information.

page 1 of 5  
7/5/2010



# Product Specifications



## UHX6-59

1.8 m | 6 ft Ultra High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 5.925–6.425 GHz



### CHARACTERISTICS

#### General Specifications

Antenna Type	UHX - Ultra High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized
Diameter, nominal	1.8 m   6 ft
Polarization	Dual

#### Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	1.8 °
Beamwidth, Vertical	1.8 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	33 dB
Electrical Compliance	ETSI Class 3   US FCC Part 101A
Front-to-Back Ratio	75 dB
Gain, Low Band	38.4 dBi
Gain, Mid Band	38.8 dBi
Gain, Top Band	39.1 dBi
Operating Frequency Band	5.925 - 6.425 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	1729K   1730K
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	163 kg   359 lb
Side Struts, Included	1 Inboard

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

Join the Evolution

©2010 CommScope, Inc. All rights reserved.  
All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change.  
See [www.commscope.com/andrew](http://www.commscope.com/andrew) for the most current information.

page 1 of 5  
7/5/2010

# Product Specifications



## UHX12-59

3.7 m | 12 ft Ultra High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized, 5.925–6.425 GHz



### CHARACTERISTICS

#### General Specifications

Antenna Type	UHX - Ultra High Performance Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized
Diameter, nominal	3.7 m   12 ft
Polarization	Dual

#### Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	0.9 °
Beamwidth, Vertical	0.9 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	35 dB
Electrical Compliance	ETSI Class 3   US FCC Part 101A
Front-to-Back Ratio	80 dB
Gain, Low Band	44.4 dBi
Gain, Mid Band	44.8 dBi
Gain, Top Band	45.2 dBi
Operating Frequency Band	5.925 - 6.425 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	1664J   1665J
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

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

Join the Evolution

©2010 CommScope, Inc. All rights reserved.  
All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change.  
See [www.commscope.com/andrew](http://www.commscope.com/andrew) for the most current information.

page 1 of 5  
7/5/2010

## Alcatel-Lucent 1662 Synchronous Multiplexer Compact

RELEASE 2.7

The Alcatel-Lucent 1662 Synchronous Multiplexer Compact (SMC) is a compact, Synchronous Transport Mode 16 (STM-16) multiservice provisioning platform (MSPP). It serves as a building block for metropolitan networks, providing unmatched performance for its size and service-mix capabilities. Addressing metro-edge and metro-access applications, the Alcatel-Lucent 1662 SMC offers a transport platform with integrated packet functions, supporting revenues from multiple broadband services such as private-line and Ethernet business services, triple play and mobile aggregation.



The Alcatel-Lucent 1662 SMC is a metro-edge component of the Alcatel-Lucent Optical Multi-Service Node (OMSN) product family, a family that also includes the Alcatel-Lucent 1660 SM, an STM-64 MSPP, and the Alcatel-Lucent 1650 SMC, an STM-4 MSPP. For offering capital and operational efficiencies, the Alcatel-Lucent OMSN products share many common features and modules.

### Features

- Fully non-blocking redundant Synchronous Digital Hierarchy (SDH) matrix with 96 x 96 or 64 x 64 high-order/low-order (HO/LO) STM-1 equivalent switching
- Up to six STM-16 interfaces for double 2.5 Gb/s ring interconnection
- Richly featured 10/100 Ethernet and Gigabit Ethernet (GE)
- E1, E3/DS3
- Multi-Protocol Label Switching (MPLS)-enabled Ethernet, packet ring and ATM switching
- Digital video switching
- Transport for IBM® Enterprise Systems Connection (ESCON®), IBM Fibre Connection (FICON®), fiber distributed data interface (FDDI) and Fibra Channel (FC)
- CWDM multiplexer/demultiplexer (MUX/DEMUX)
- Colored STM-16 for direct interworking with Dense WDM (DWDM) systems
- Service extension over symmetric high-speed DSL (SHDSL) for E1 and 10/100 Ethernet
- ITU-T G.8032 v2 Ethernet Ring Protection (ERP)
- Synchronous Ethernet (SyncE) for Alcatel-Lucent Integrated Service Adapter Ethernet Switch (ISA-ES) blades linked to SDH Synchronization Status Message (SSM)

### Benefits

- Supports high-capacity Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH)/SDH metro-edge service support
- Aggregates broadband services:
  - ~ Triple play
  - ~ Business Ethernet: MEF (Former Metro Ethernet Forum)-compliant virtual LAN (VLAN) and Virtual Private LAN Service (VPLS)
  - ~ Extending service reach over copper loops
- Provides Third Generation (3G) mobile backhaul
- Functions as a terminal multiplexer, add-drop multiplexer (ADM) or mini cross-connect in spur, multiple-ring or mesh topologies
- Offers highly reliable and manageable TDM and data services
- Delivers feature transparency and operational savings with Alcatel-Lucent OMSN common components
- Supports ITU-T G.8032 v2 ERP for 100 percent increase in Ethernet over SDH (EoS) bandwidth for protected services
- Supports SyncE derived from SDH synchronization supply unit (SSU) quality

### Technical specifications

#### Interfaces

- Network interfaces, compact ADM function with one of:
  - ~ 2 x STM-1
  - ~ 2 x STM-4
  - ~ 1 x STM-16
 Each supports EPS 1+1
- Customer interfaces: up to eight slots available
  - ~ 63 x 2 Mbit/s: ISDN-FRA and retaining function
  - ~ 3 x 34/45 Mbit/s switchable
  - ~ 4 x 140 Mbit/s/STM-1 switchable
  - ~ 4 x STM-1: electrical, S-1.1, L-1.1, L-1.2
  - ~ 8 x STM-1 optical SFP: S-1.1, L-1.1, L-1.2, CWDM
  - ~ 4 x OC-3 with administrative unit (AU) 3/tributary unit (TU) 3 conversion
  - ~ 1 x STM-4: S-4.1, L-4.1, L-4.2
  - ~ 2 x STM-4 optical SFP: S-4.1, L-4.1, L-4.2, CWDM
  - ~ 1 x STM-16: L-16.1, S-16.1, L-16.1, L-16.2
  - ~ 1 x STM-16 optical SFP: L-16.1, S-16.1, L-16.1, L-16.2, CWDM, DWDM
  - ~ Integrated booster +10 dB/ +15 dB/+17 dB
  - ~ 4 x any sub-lambda multiplexing function: four channels in 2.5G lambda: transparent Ethernet/FE, GE, STM-4, FC, ESCON, FICON, FDDI, digital video
  - ~ Digital Video Broadcasting (DVB) ASI blade

- ~ Maximum 14 x Ethernet 10/100Base-T per ISA blade
- ~ Maximum 8 x Ethernet 100Base-FX per ISA blade
- ~ Maximum 4 x GE Base-SX/LX/ZX per ISA blade

#### Connectivity

- 32 x 32 (HOVLO) or 96 x 96 (HOV 64 x 64 (LO) STM-1 equivalent full non-blocking SDH fabric in all configurations
- Unidirectional, bidirectional, drop-and-continue multicast, broadcast SDH connections
- Line and virtual container (VC) loopbacks
- Virtual concatenation (VCAT) and contiguous concatenation
- 1- or 2-channel CWDM optical add-drop multiplexer (OADM) function
- 8-channel CWDM MUX/DEMUX function
- Embedded ATM star, ring and mesh topologies
- Embedded Ethernet/MPLS star, ring and mesh topologies
- Embedded Ethernet multiple-ring topologies

#### Equipment protection

- Matrix, control and synchronization EPS 1+1
- ISA-ATM switch EPS 1+1
- ISA-ESTE EPS 1+1
- 63 x 2 Mbit/s EPS n+1, 2 x maximum n = 3
- 3 x 34/45 Mbit/s EPS n+1, maximum n = 7
- 4 x STM-16 EPS n+1, maximum n = 7

#### Network protection transport

- Linear single-dual-ended 1+1 APS at STM-1/4/16
- Linear dual-ended n+1 APS at STM-1
- SNCP, SNCPN
- SNCP drop-and-continue
- 2 x 2 fiber Multiplex Section – Shared Protection Ring (MS-SPRing) at STM-16
- Collapsed single-node ring interconnection
- Collapsed dual-node ring interconnection

#### Packet

- Dual attach: packet-ring interconnection
- ITU-T G.8032 v2 ERP

#### Monitoring

- Performance monitoring according to ITU-T G.784, G.826, G.821
- Path overhead monitoring (POM) on all VCs
- Supervisory unequipped trail (SUT)
- Tandem connection monitoring (TCM)
- Ethernet performance monitoring counters
  - ~ Port/aggregate/flow
  - ~ Incoming/outgoing

#### Synchronization

- Internal oscillator ±4.6 ppm
- Holdover drift ±0.37 ppm per day
- External sources: STM-n/2 Mbit/s ports, one external 2 Mbit/s Mbit/s output
- Priority and quality SSM synchronization algorithms

- SyncE for Alcatel-Lucent ISA-ES blades linked to SDH SSM

#### Data blades: ISA

##### ISA-ATM

- 600 Mbit/s and 1.2 Gbit/s cell switch with optional STM-1 access on board
- Equipment protection 1+1
- VPC/VCC switch/cross-connect
- Hardsoft PVC connections for PNNI
- Point-to-point/multipoint from E1 up to VC4-4c payloads
- Up to 252 ATM logical ports
- MA support: maximum 126 groups/32 links
- Policing, shaping and congestion management
- CBR, UBR, UBR+, rt-VBR/nt-VBR, GFR ATM traffic contracts
- ATM operations, administration, and maintenance (OAM)

##### ISA-EST

- 1 Gbit/s throughput
- 155 Mbit/s back-panel capacity
- 8 x Ethernet 10/100Base-T
- 8 x Ethernet 100Base-FX
- GFP-F/LAPS, VCAT, LCAS
- LACP
- VC-12/VC-3/VC-4 terminations
- VC groups: maximum 8 at 50/2/1
  - ~ Per port
  - ~ MAC DA IEEE 802.3
  - ~ C-VLAN/S-VLAN
  - ~ IEEE 802.1p
  - ~ DSCP/TOS
  - ~ Ethertype



- Ethernet multicast: IGMP
- Ethernet OAM CFM
- Q-in-Q: IEEE 802.1Q/ad
- QoS: IEEE 802.1p
- CoS
  - Guaranteed
  - Regulated
  - Best effort
- Congestion avoidance
- STPRSTPMSTP/PVSTP: IEEE 802.1d/w/s
- ERP standard G.8032 v2
- Ethernet performance counters
  - Per port/aggregate/flow
  - Incoming/outgoing
  - Unicast
  - Multicast
  - Broadcast
- E-Line, E-LAN, Ethernet aggregation services in accordance with MEF
- ISA-ES4**
  - 2.5 Gbit throughput
  - 62.2 Mbit back-panel capacity
  - 1 x GE SFPs, 8 x Ethernet 10/100Base-T
  - GFP-F/LAPS, VCAT, LCAS
  - LACP
  - VC-12/VC-3/VC-4 terminations
  - VC groups: maximum 16 at 63/12/4
  - Classification/forwarding
    - Per port
    - MAC DA: IEEE 802.3
    - C-VLAN/S-VLAN
    - IEEE 802.1p
    - DSCP/Tos
    - Ethertype
  - Ethernet multicast: IGMP
  - Ethernet OAM CFM
  - Q-in-Q: IEEE 802.1Q/ad
  - QoS: IEEE 802.1p
  - CoS
    - Guaranteed
    - Regulated
    - Best effort
  - STPRSTPMSTP/PVSTP: IEEE 802.1d/w/s

- Congestion avoidance
- ITU-T G.8032 v2
- Ethernet performance counters
  - Per port/aggregate/flow
  - Incoming/outgoing
  - Unicast
  - Multicast
  - Broadcast
- E-Line, E-LAN, Ethernet aggregation services in accordance with MEF
- ISA-ES16**
  - 4.5 Gbit throughput
  - 2.5 Gbit back-panel capacity
  - 4 x GE SFPs, 14 x Ethernet 10/100Base-T, 7 x 100Base-FX
  - GFP-F/LAPS, VCAT, LCAS
  - LACP
  - VC-12/VC-3/VC-4 terminations
  - VC groups: maximum 64 at 63/12/16
  - Classification/forwarding
    - Per port
    - MAC DA: IEEE 802.3
    - C-VLAN/S-VLAN
    - IEEE 802.1p
    - DSCP/Tos
    - Ethertype
    - MPLS label switching (pseudowire/tunnel)
    - MPLS EXP bits
  - Ethernet and MPLS multicast, IGMP
  - Martini encapsulation
  - Q-in-Q: IEEE 802.1Q/ad
  - QoS: IEEE 802.1p, MPLS
  - CoS
    - Guaranteed
    - Regulated
    - Best effort up to eight CoS
  - Policing dual-rate token bucket, metering, marking, CIR/CBS, EIR/EBS, dropping (OOP)
  - Scheduling HCU, weighted-deficit round robin
  - Congestion-avoidance WRED per queue
  - STPRSTPMSTP/PVSTP: IEEE 802.1d/w/s

- ITU-T G.8032 v2
- Ethernet and MPLS performance counters
  - Per port/aggregate/flow
  - Incoming/outgoing
  - Unicast
  - Multicast
  - Broadcast
- Ethernet OAM CFM
- E-Line/VLL, E-LAN/VPLS, Ethernet aggregation services in accordance with MEF
- DVS-ASI**
  - Unidirectional transparent transport
  - CBR MPEG-n transport stream (TS)
    - Single program TS (SPTS)
    - Multiple program TS (MPTS)
  - TS rate: 1.5 Mbit to maximum 100 Mbit; with C-12 or C-3 granularity
- ISA Broadband Copper Extender (BCE)-ET/ISA BCE-Ethernet**
  - Eight interfaces: up to eight remote NT devices can be connected
  - Full NT management
  - PM on VC-12 and SHDSL line
  - Maintenance operation on NT: loopback and restart
- Physical specifications**
  - Power**
    - Station battery: -48-V DC to -60-V DC
    - Power consumption: 200 W, typical
  - Dimensions**
    - Subrack**
      - Height: 390 mm (15.4 in.)
      - Width: 470 mm (18.5 in.)
      - Depth: 250 mm (9.8 in.)
    - Rack**
      - Height: 2.2 m (7.22 ft)
      - Width: 600 mm (23.6 in.)
      - Depth: 300 mm (11.8 in.)

**Regulatory compliance**

- Environmental**
- Operating conditions: ETS 300 019, Class 3.2
  - Storage conditions: ETS 300 019, Class 1.2
  - Transportation conditions: ETS 300 019, Class 2.2
  - ESD/EMC: ETS 300 386 "Telecommunications Center"
- Operational**
- Alcatel-Lucent 1350 Optical Management System (OMS)
  - CMISE craft terminal through TIA/EIA-232 at 38.4 kbit/s
  - Network management access through Q83 Interface or Qccc G.784
  - Local and remote software download
  - Remote inventory
  - Housekeeping: 12 inputs plus 2 outputs
  - Auxiliary channels
    - EDW
    - 2 x 64 kbit/s G.703
    - 2 x TIA/EIA-232
    - 2 x V.11
    - 1 x 2 Mbit/s G.703
- Standards**
- In compliance with all the latest relevant ITU-T standards
    - ITU G.7041
    - ITU G.7042
    - ITU G.707
    - ITU-T G.8032 v2
  - ATM Forum
  - IETF
  - IEEE
  - MEF 9, MEF 14, MEF 21 certified for Ethernet application



www.alcatel-lucent.com Alcatel, Lucent, Alcatel-Lucent and the Alcatel-Lucent logo are trademarks of Alcatel-Lucent. All other trademarks are the property of their respective owners. The information presented is subject to change without notice. Alcatel-Lucent assumes no responsibility for inaccuracies contained herein. Copyright © 2011 Alcatel-Lucent. All rights reserved. CPCH06110229 (02)







## FLEXWELL® Elliptical Waveguide

### Product Overview, Electrical

WVG. TYPE	OPER. FREQ. GHz	CUT OFF FREQ. GHz	MAX. VSWR/ RETURN LOSS, dB	ATTENUATION dB/100m (ft)			AVG. POWER kW	GROUP VELOCITY %c	GROUP DELAY ns/100m (ft)
				IN THE OPERATING FREQUENCY BAND					
				LOW BAND	MID BAND	HIGH BAND			
E30	2.7 - 3.1	1.8	1.128/24.4	1.61 (0.49)	1.49 (0.45)	1.4 (0.43)	30.37	78.4	425.4 (129.7)
E38	3.6 - 4.2	2.4	1.15/23.1	2.37 (0.72)	2.20 (0.67)	2.08 (0.63)	16.27	78.8	423.2 (129.0)
EP38	3.6 - 4.2	2.4	1.083/28.0	2.37 (0.72)	2.20 (0.67)	2.08 (0.63)	16.27	78.8	423.2 (129.0)
E46	4.4 - 5.0	2.88	1.15/23.1	2.92 (0.89)	2.80 (0.85)	2.73 (0.83)	10.93	79.0	422.1 (128.7)
EP46	4.4 - 5.0	2.88	1.083/28.0	2.92 (0.89)	2.80 (0.85)	2.73 (0.83)	10.93	79.0	422.1 (128.7)
ES46	4.4 - 5.0	3.08	1.15/23.1	3.69 (1.12)	3.55 (1.08)	3.49 (1.06)	8.39	75.5	441.6 (134.6)
ESP46	4.4 - 5.0	3.08	1.073/29.1	3.69 (1.12)	3.55 (1.08)	3.49 (1.06)	8.39	75.5	441.6 (134.6)
EP58	4.4 - 6.2	3.56	1.083/28.0	5.10 (1.55)	3.96 (1.21)	3.60 (1.10)	6.54	74.1	450.3 (137.2)
E60	5.6 - 6.425	3.65	1.15/23.1	4.15 (1.27)	3.95 (1.20)	3.80 (1.16)	7.24	79.4	420.3 (128.1)
EP60	5.6 - 6.425	3.65	1.062/30.5	4.15 (1.27)	3.95 (1.20)	3.80 (1.16)	7.24	79.4	420.3 (128.1)
E65	5.9 - 7.125	4.01	1.15/23.1	4.9 (1.50)	4.5 (1.37)	4.25 (1.30)	5.26	78.7	423.8 (129.2)
EP65	5.9 - 7.125	4.01	1.062/30.5	4.9 (1.50)	4.5 (1.37)	4.25 (1.30)	5.26	78.7	423.8 (129.2)
EP70	6.4 - 7.75	4.34	1.062/30.5	5.5 (1.68)	5.0 (1.52)	4.8 (1.46)	4.65	79.1	421.5 (128.5)
E78	7.1 - 8.5	4.72	1.15/23.1	6.2 (1.89)	5.8 (1.77)	5.6 (1.71)	3.67	79.6	419.0 (127.7)
EP78	7.1 - 8.5	4.72	1.062/30.5	6.2 (1.89)	5.8 (1.77)	5.6 (1.71)	3.67	79.6	419.0 (127.7)
EP100	9.0 - 10.0	6.43	1.105/26.0	9.5 (2.90)	8.9 (2.71)	8.4 (2.56)	1.91	73.6	453.1 (138.1)
E105	10.0 - 11.7	6.49	1.15/23.1	9.6 (2.92)	9.2 (2.79)	8.9 (2.71)	1.77	79.9	417.3 (127.2)
EP105	10.0 - 11.7	6.49	1.062/30.5	9.6 (2.92)	9.2 (2.79)	8.9 (2.71)	1.77	79.9	417.3 (127.2)
E130	10.7 - 13.25	7.43	1.15/23.1	12.6 (3.84)	11.5 (3.52)	11.1 (3.39)	1.22	78.5	424.8 (129.5)
EP130	10.7 - 13.25	7.43	1.083/28.0	12.6 (3.84)	11.5 (3.52)	11.1 (3.39)	1.22	78.5	424.8 (129.5)
E150	13.4 - 15.35	8.64	1.15/23.1	14.6 (4.44)	14.0 (4.26)	13.7 (4.16)	0.88	79.7	418.6 (127.6)
EP150	13.4 - 15.35	8.64	1.083/28.0	14.6 (4.44)	14.0 (4.26)	13.7 (4.16)	0.88	79.7	418.6 (127.6)
E185	17.3 - 19.7	11.06	1.15/23.1	20.3 (6.17)	19.4 (5.92)	18.9 (5.75)	0.51	80.2	416.1 (126.8)
EP185	17.3 - 19.7	11.06	1.083/28.0	20.3 (6.17)	19.4 (5.92)	18.9 (5.75)	0.51	80.2	416.1 (126.8)
E220	21.2 - 23.6	13.36	1.105/26.0	28.8 (8.77)	28.3 (8.63)	28.1 (8.56)	0.31	80.3	415.6 (126.7)
E250	24.25 - 26.5	15.06	1.15/23.1	33.2 (10.1)	32.4 (9.88)	32.0 (9.75)	0.31	80.5	414.2 (126.3)
E300	27.5 - 33.4	19.05	1.15/23.1	50.0 (15.2)	46.0 (14.0)	44.4 (13.5)	0.14	78.1	427.1 (130.2)
E380	37.0 - 39.5	23.45	1.15/23.1	61.3 (18.7)	60.7 (18.5)	60.0 (18.3)	0.09	79.1	421.9 (128.6)

MICROWAVE ANTENNA SYSTEMS

4

WVG. TYPE	OPER. FREQ. GHz	MAX. VSWR/ RETURN LOSS, dB	ATTENUATION dB/100m (ft)			GROUP VELOCITY %c	GROUP DELAY ns/100m (ft)
			IN THE OPERATING FREQUENCY BAND				
			LOW BAND	MID BAND	HIGH BAND		
EO11	10.7 - 11.7	1.073/29.1	3.95 (1.20)	4.10 (1.25)	4.25 (1.30)	93.2	358.0 (109.1)
EO15	12.7 - 15.35	1.083/28.0	5.80 (1.77)	6.09 (1.86)	6.93 (2.11)	92.6	360.4 (109.8)
EO19	17.7 - 19.7	1.083/28.0	9.24 (2.82)	9.52 (2.90)	9.97 (3.04)	92.5	360.5 (109.9)
EO22	21.2 - 23.6	1.105/26.0	12.5 (3.81)	13.0 (3.97)	13.7 (4.18)	93.4	357.2 (108.9)
EO38	37.0 - 39.5	1.15/23.1	24.5 (7.46)	24.7 (7.52)	25.0 (7.61)	93.1	358.4 (109.2)



# NEC

## 5000S N+1 SERIES

### 4 - 11 GHz STM-1/OC-3 MICROWAVE RADIO SYSTEM (64/128 QAM)

- 1+0 SYSTEM
- 1+1 TWIN PATH SYSTEM
- 1+1 HOT STANDBY SYSTEM
- N+1 SYSTEM
- N+0 SYSTEM

This document describes the current version of NEC standard equipment. If there is any conflict between this document and the System Description and/or the Compliance statement, the latter will supersede this document.

The specifications or configuration contained in this document are subject to change without notice due to NEC's continuing design improvement.

## NEC Corporation

## TABLE OF CONTENTS

<b>LIST OF ABBREVIATIONS</b> .....	<b>iii</b>
<b>1. GENERAL</b> .....	<b>1</b>
<b>2. FEATURES</b> .....	<b>7</b>
2.1 Conformity with the latest Standards.....	7
2.2 Advanced Technologies .....	7
2.3 Mounting in standard ETSI Racks .....	7
2.4 Various System Applications and Easy Expandability.....	7
2.5 Superior Automatic Transmit Power Control .....	7
2.6 Improved Error Performance with FEC.....	8
2.7 Superior Adaptive Equalizers .....	8
2.8 Various STM-1 Interfaces.....	8
2.9 Automatic Protection Switching (APS).....	8
2.10 Alarm, Status and Performance Monitoring.....	8
2.11 Orderwire Telephone Channels.....	8
2.12 NMS based on Java .....	9
2.13 Unified Design Concept.....	9
<b>3. SYSTEM ARCHITECTURE</b> .....	<b>11</b>
<b>4. OPERATIONAL DESCRIPTION</b> .....	<b>15</b>
4.1 Transmitter-Receiver (TRP).....	15
4.1.1 Transmitter-Receiver (TRP unit).....	15
4.1.2 SPACE-DIVERSITY (SD unit) (option) .....	16
4.2 Modulator-Demodulator.....	17
4.2.1 Modulator-Demodulator (MODEM) Module .....	17
4.2.2 OHWS INTFC Module (for SYS1/2: Standard, for SYS6/7: Option).....	17
4.2.3 OH EXT Module (option).....	20
4.2.4 N+1 Protection Switchover Control .....	21
4.2.5 Interface Section of Modulator-Demodulator .....	21
4.3 Operation, Administration, Maintenance and Provisioning .....	22
<b>5. OPTIONS</b> .....	<b>23</b>
<b>6. PERFORMANCE AND CHARACTERISTICS</b> .....	<b>27</b>
6.1 64 QAM Systems.....	27
6.2 128 QAM Systems.....	28
6.3 ATPC .....	29
6.4 Interfaces.....	30
6.5 Common .....	32

<b>7. SUPERVISION ITEMS</b> .....	<b>33</b>
7.1 Alarm Events* .....	33
7.2 Status Events* .....	34
7.3 Remote Monitoring Items (displayed by the NMT)* .....	34
7.4 Local Metering Items (measured by test equipment).....	34

## LIST OF ABBREVIATIONS

ACCP	Adjacent Channel Co-Polarization frequency allocations		Equalization
AGC	Automatic Gain Control	DC	Direct Current
AIS	Alarm Indication Signal	DCC	Data Communication Channel
ALC	Automatic Level Control	DCCm	Data Communication Channel In MSOH
ALM	Alarm	DCCr	Data Communication Channel In RSOH
ALS	Automatic Laser Shutdown	DCN	Data Communication Network
AMI	Alternate Mark Inversion	DIST	Distributor
AMP	Amplifier	DM	Deferred Maintenance
APC	Automatic Phase Control	DMR	Digital Microwave Radio
APS	Automatic Protection Switching	DSC	Digital Service Channel
ATDE	Adaptive Time Domain Equalizer	DUP	Duplexer
ATPC	Automatic Transmit Power Control	ECC	Embedded Control Channel
AU	Administrative Unit	EOW	Express Orderwire
B8ZS	Bipolar with 8 Zero Substitution	EMC	Electromagnetic Compatibility
BB	Base Band	ES	Errored Second
BBE	Background Block Error	ESD	Electro-Static Discharge
BEF	Band Elimination Filter	ETS	European Telecommunications Standard
BER	Bit Error Rate	ETSI	European Telecommunications Standards Institute
BIP	Bit Interleaved Parity	e/w	equipped with
BPF	Band Pass Filter	EXT	Extension
BR	Branching	FD	Frequency Diversity
CDDP	Co-Channel Dual Polarized Transmission with XPIC	FEC	Forward Error Correction
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization	FET	Field Effect Transistor
ch	Channel	FPGA	Field Programmable Gate Array
CISPR	International Special Committee on Radio Interference	HDB	High Density Bipolar
CKT	Circuit	HEMT	High Electron Mobility Transistor
CLK	Clock	HS	Hot Standby
CMI	Coded Mark Inversion	IDB	Interface Distribution Board
C/N	Carrier to Noise	IEC	International Electrotechnical Committee
COMB	Combiner	IF	Intermediate Frequency
COMM	Communication	IN	Input
CONV	Converter	INTFC	Interface
CTRL	Control	IP	Internet Protocol
DADE	Differential Absolute Delay	ITU	International Telecommunications



	Union	<b>PS</b>	Power Supply
<b>ITU-R</b>	Radio communication Sector of ITU (formerly CCIR)	<b>PWR</b>	Power
<b>ITU-T</b>	Telecommunication Standardization Sector of ITU (formerly CCITT)	<b>QAM</b>	Quadrature Amplitude Modulation
<b>L</b>	Low, Lower	<b>R</b>	Regular Channel
<b>LDPC</b>	Low Density Parity Check	<b>R-BER</b>	Residual-BER
<b>LED</b>	Light Emitting Diode	<b>RCVD</b>	Received
<b>LEV</b>	Level	<b>Rec.</b>	Recommendation
<b>LMS</b>	Local Management Service	<b>REG</b>	Regular
<b>LSI</b>	Large Scale Integrated Circuit	<b>REI</b>	Remote Error Indication
<b>MAINT</b>	Maintenance	<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>MDP</b>	Modulator/Demodulator Equipment	<b>RFCOH</b>	Radio Frame Complementary Overhead
<b>MIC</b>	Microwave Integrated Circuit	<b>RSL</b>	Receiving Signal Level
<b>MLM</b>	Multi-Longitudinal Mode	<b>RSOH</b>	Regenerator Section Overhead
<b>MODEM</b>	Modulator-Demodulator	<b>RST</b>	Regenerator Section Termination
<b>MSOH</b>	Multiplex Section Overhead	<b>RX</b>	Receiver
<b>MST</b>	Multiplex Section Termination	<b>S/N</b>	Signal to Noise
<b>MUX</b>	Multiplexer	<b>SC</b>	Service Channel
<b>NE</b>	SDH Network Element	<b>SD</b>	Space Diversity
<b>NFB</b>	Non-Fuse Breakers	<b>SDH</b>	Synchronous Digital Hierarchy
<b>NMS</b>	Network Management System	<b>SES</b>	Severely Errored Second
<b>NMT</b>	Network Management Terminal	<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol
<b>NORM</b>	Normal (no alarms)	<b>SOH</b>	Section Overhead
<b>NRZ</b>	Non-Return to Zero	<b>STM</b>	Synchronous Transport Module
<b>OAM&amp;P</b>	Operation, Administration, Maintenance and Provisioning	<b>SV</b>	Supervision
<b>OC-3</b>	Optical Carrier level-3	<b>SW</b>	Switch
<b>OH</b>	Overhead	<b>SWO</b>	Switchover
<b>OOW</b>	Omnibus Orderwire	<b>SYNTH</b>	Synthesizer
<b>OPT</b>	Optical	<b>Sys</b>	System
<b>OSC</b>	Oscillator	<b>TRP</b>	Transmitter/Receiver Equipment
<b>OUT</b>	Output	<b>TTL</b>	Transistor-Transistor Logic
<b>OW</b>	Orderwire	<b>TX</b>	Transmitter
<b>P</b>	Protection Channel	<b>U</b>	Upper
<b>PM</b>	Prompt Maintenance	<b>VF</b>	Voice Frequency
<b>ppm</b>	Parts Per Millions	<b>Vp-p</b>	Volts peak to peak
<b>PROC</b>	Processor	<b>vs.</b>	versus
<b>PROT</b>	Protection	<b>WS</b>	Wayside
		<b>XPIC</b>	Cross-Polarization Interference Canceller

## 1. GENERAL

The 5000S N+1 Series Synchronous Digital Hierarchy (SDH) long-haul microwave radio systems are designed for the transmission of synchronous transport module level 1 (STM-1) or optical carrier level 3 (OC-3).

They operate in frequency bands from 4 to 11 GHz; using 64 or 128 Quadrature Amplitude Modulation (QAM) as shown in Table 1 System Menu (page 5), and have a transmission capacity of STM-1 or OC-3 per radio frequency (RF) channel, and the following basic specifications:

- Capacity : 155.52 Mbps per system
- SDH Termination : RST only (MST available with built-in MUX)
- Configuration : Refer to the following Table:

The capacity of system in one rack configuration is shown.  
The maximum capacity of system in two rack configuration is 11+1.

Items	For 4 to 8 GHz	For 11 GHz
Terminal	N+1 [N: 1 - 9] N+0 [N: 1 - 10]	N+1 [N: 1 - 5] N+0 [N: 1 - 6]
Back-Back (Dir. East N+1 & Dir. West N+1)	2 x (N+1) [N: 1 - 4] 2 x (N+0) [N: 1 - 5]	2 x (N+1) [N: 1 - 2] 2 x (N+0) [N: 1 - 3]
Repeater (East/West)	2 x (N+1) [N: 1 - 4] 2 x (N+0) [N: 1 - 5]	2 x (N+1) [N: 1 - 2] 2 x (N+0) [N: 1 - 3]
Twin Path	1+1 Twin Path	
Hot Standby	1+1 HS	
XPIC (Master N+1 & Slave N+1)	2 x (N+1) [N: 1 - 4] 2 x (N+0) [N: 1 - 5]	2 x (N+1) [N: 1 - 2] 2 x (N+0) [N: 1 - 3]

- Diversity System : FD, FD+SD, HS+SD
- SD Constitution : IF Combined system (up to 3 antennas)
- Mounting (ETSI Rack including MUX, refer to Figure 2 and 3)
  - [For 4 to 8 GHz] : up to 10 systems
  - [For 11 GHz] : up to 6 systems
- Cooling : Natural cooling (1-5 sys/rack\*)  
Forced cooling (6-10 sys/rack\*)

Note\*: Cooling system varies depending on the system configuration.

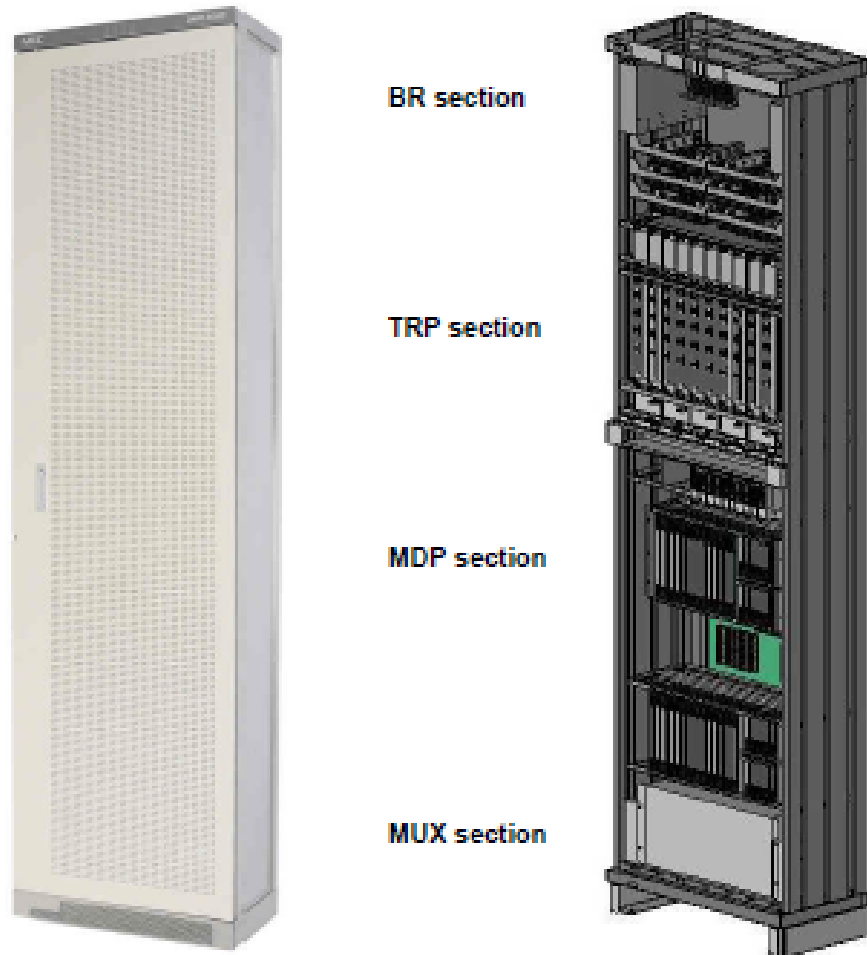


Figure 1 External View (Standard Rack)

Figure 2 Internal View (Standard Rack)

MTD-SY-014/211004

50008 N+1 SERIES 4-11GHz STM-VOC-3

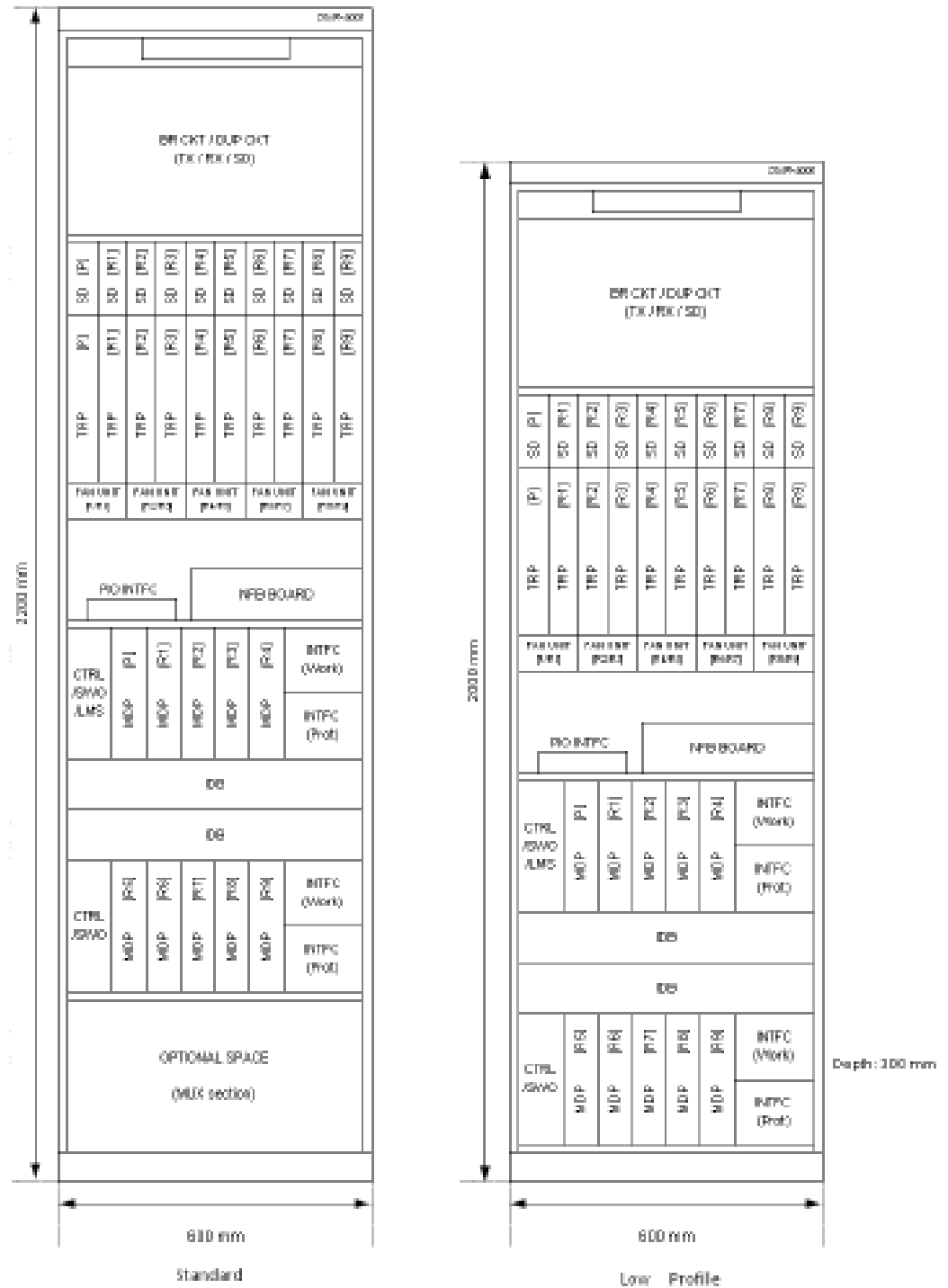


Figure 3 Equipment Configurations for a 9+1 Terminal

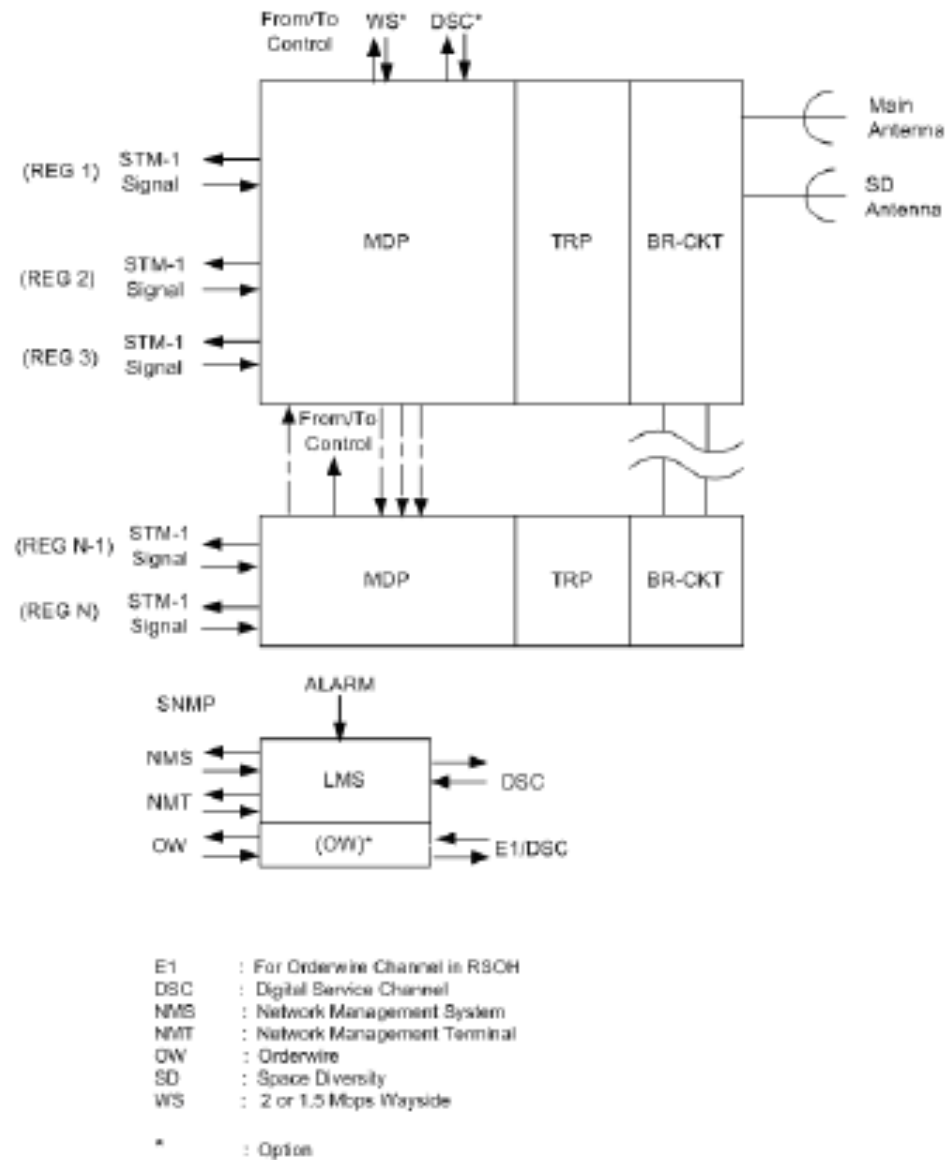


Figure 4 N+1 FD/SD Terminal Station Simplified System Block Diagram



Table 1 System Menu

Items		4 GHz		5 GHz		L6 GHz		U6 GHz		7 GHz		8 GHz		11 GHz	
Modulation Scheme	64 QAM	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-	○	-	○	-
	128 QAM	-	○	-	○	○	-	○	-	○	-	○	-	-	-
Diversity	FD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	FD/SD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	HS/HS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	HS/SD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3 Antennas SD	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-	-
TX Power (*1)	+33 dBm	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-	○	-	-	-
	+30 dBm	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-	○	-	-	○
	+32 dBm	-	○	-	○	○	-	○	-	○	-	○	-	○	-
	+29 dBm	-	○	-	○	○	-	○	-	○	-	○	-	○	-
Branching Circuit	Circulator	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Contiguous (*2)	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
	ACCP (*3)	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	-	-

Legend: ○ Available  
- Not available

**Note\***

\*1: Nominal level without ATPC operation.

Adjustable the minimum level with ATPC operation is -20 dB lower than the specified level in the table.

\*2: Contiguous branching circuit is developed depend on the market needs and only available for XPIC system.

\*3: Hybrid combiner less type for Adjacent Channel Co-Polarization frequency allocations.

---

## 2. FEATURES

---

### 2.1 Conformity with the latest Standards

All NEC NE's are fully SDH compatible and conform to the relevant ITU-R and ITU-T Recommendations and European Telecommunications Standards (ETS).

### 2.2 Advanced Technologies

Throughout the SDH radio system, NEC's own advanced technologies are used. Intensive use of Microwave Integrated Circuits (MIC's) makes the TRP durable and compact. In addition, custom-made large scale Integrated circuits (LSI's) are applied. For example, the new digital MODEM is incorporated into a single LSI chip developed by NEC specifically for radio equipment. Furthermore, low-power high-speed Field Programmable Gate Array (FPGA) LSI's are extensively used, making the equipment more compact and reducing the power consumption.

### 2.3 Mounting in standard ETSI Racks

All sub-racks in NEC's SDH Family including radio, fiber optics transmission systems and add-drop multiplexers, are mounted in standard 2,200 mm high ETSI racks which meet ETS 300 119-3 (refer to Figure 3). The width of the electronics is 500 mm (standard), allowing 50 mm wide cable ducts at both sides of the rack. In addition, a low profile 2,000 mm high rack (without optional space for MUX section) can be selected as an option though it becomes ETSI non-standard. This vendor-independent solution provides full front access and simplifies future expansion. Standard SDH radio systems are shipped fully rack-mounted and intra-rack wired, enabling easy and quick installation.

### 2.4 Various System Applications and Easy Expandability

Various system applications such as N+1 Frequency Diversity (FD) and Hot-Standby (HS) protection switching systems are available. The system can easily be expanded by adding modules and/or subracks to the existing configuration to add transmission capacity. The maximum protected transmission capacity is 11+1. The N+1 protection switchover is hitless, resulting in error free switchover operation.

### 2.5 Superior Automatic Transmit Power Control

NEC's SDH radio equipment is equipped with Automatic Transmit Power Control (ATPC) function as standard. The ATPC function reduces interference against neighboring systems, reduces the adverse effect of "up fading" propagation, improves residual BER performance, reduces power consumption and improves equipment reliability.

## 2.6 Improved Error Performance with FEC

Low Density Parity Check (LDPC) Codes are used as a forward error correction (FEC) system to ensure a superior error correction performance.

The merit of LDPC is superior coding gain.

## 2.7 Superior Adaptive Equalizers

NEC's SDH radio equipment is equipped with a baseband type Adaptive Time Domain Equalizer (ATDE). The ATDE consists of linear equalizer as forward taps. Adoption of the latest in NEC's own LSI technology significantly enhances the ATDE capability to equalize waveform distortion and inter symbol interference in the time domain.

## 2.8 Various STM-1 Interfaces

The system can be equipped with an electrical or an optical STM-1 interface for each channel. The optical interface is available for two different cable lengths: for intra-office and long haul inter-office applications.

## 2.9 Automatic Protection Switching (APS)

This function enables the connection of a 1+1 redundancy for optical fiber cable directly to the radio equipment.

## 2.10 Alarm, Status and Performance Monitoring

Performance monitoring is built-in, including:

- (a) Performance parameters as in ITU-T G.826 and G.828
- (b) Counting the number of protection switchover operations (for 1+1 and N+1)
- (c) Accumulation of the failed time for individual regular channels.

The operator can perform monitoring and control functions, by using the NMT (Network Management Terminal), or by using a Network Management System (NMS).

Furthermore, SV facilities enable monitoring and control of external equipment such as housekeeping facilities.

## 2.11 Orderwire Telephone Channels

Express Order Wire (EOW) and Omnibus Order Wire (OOW) are available on NEC's SDH Radio as option use. These channels provide voice communications throughout the entire SDH Radio network.

### 2.12 NMS based on Java

Management features are designed in convivial graphical interfaces based on Java development for local management by using NMT (Network Management Terminal Java version) and for central supervision by using NMS (Network Management System Java version). NMS System architecture is facilitated by NEs IP addresses auto-detection.

### 2.13 Unified Design Concept

NEC's SDH family includes a wide variety of transmission systems, such as the radio, add-drop multiplexer and NMS, thus opening a full range of configurations for various applications. As an example, a ring closure (see Figure 5) is possible with the combination of NEC's multiplexers (V-Node-S) and the 5000S N+1 Series SDH radio. Such systems have a self-healing ring function.

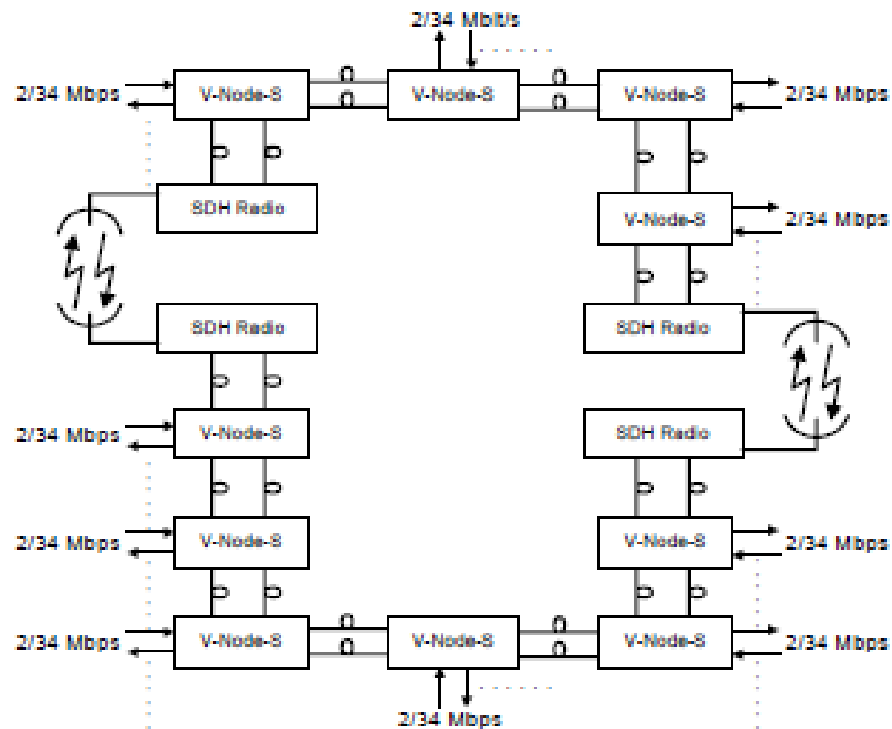


Figure 5 Ring Closure Network by applying a variety of NEC's NEs

---

### 3. SYSTEM ARCHITECTURE

---

The typical system architecture of a 3+1 FD/SD terminal station is shown in Figure 6 and of a repeater station in Figure 7.

An optical or electrical STM-1 signal is fed to the interface units of the Modulator-Demodulator (MDP). SOH termination process of the line side and SOH insertion process of the radio side are performed in the interface units.

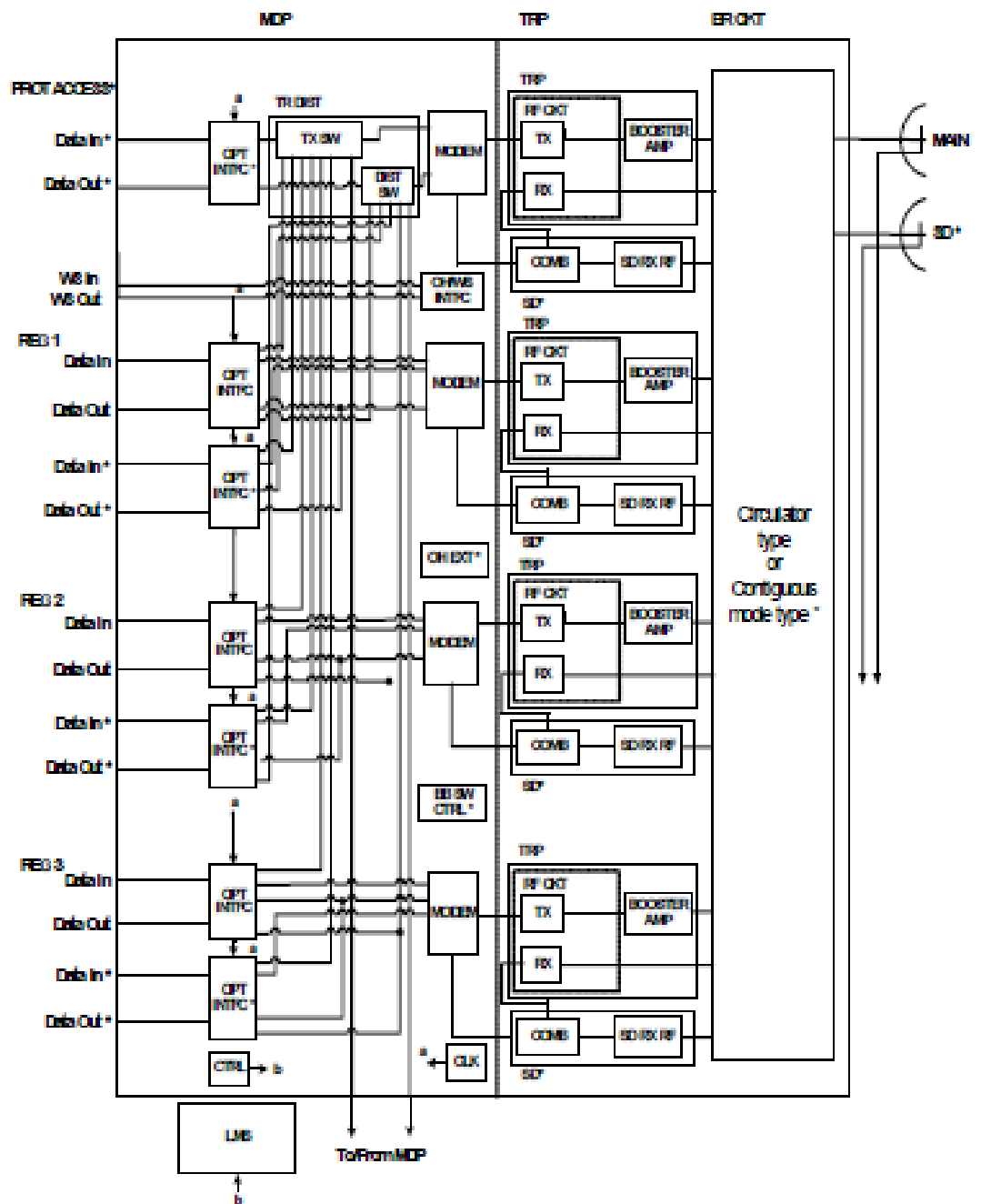
Then, the signal is fed to the modulator section of the MODEM, which produces a 64 QAM or 128 QAM modulated IF signal. For the modulation schemes and system menu, please refer to Table 1 (page 5). The modulated IF signal is fed to the transmitter section of the TRP which converts the IF signal to the RF signal.

At the opposite station, the RF signal is received by the receiver section of TRP, which converts the RF signal to an IF signal. The IF signal is demodulated to the digital signal and error correction is performed by the demodulator section of the MODEM.

The demodulated baseband signal is fed to the interface units of MDP, which terminates the SOH bytes of the radio side and inserts the SOH bytes for the line side, and if applicable, provides hitless switching and electrical-optical conversion.

Furthermore, 1+1 redundancy for optical interface are provided as optional functions.



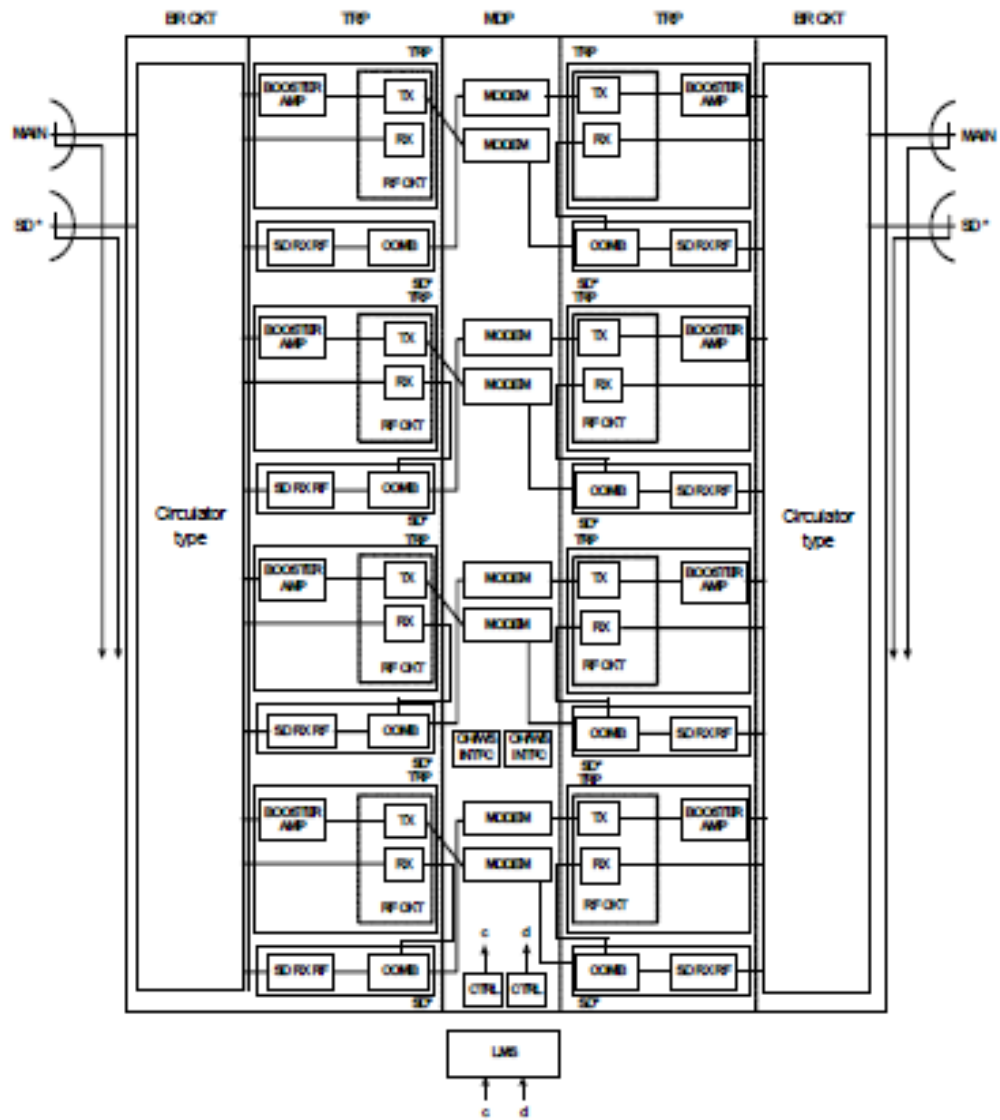


\*: Option

Figure 6 Examples of 3-1 FD/SD with Protection Access Terminal Station Block Diagram

MTD-SY-014211004

5000S N+1 SERIES 4-11GHz STM-1/OC-3



\*: Option

Figure 7 Examples of 3+1 FD/SD Regenerative Repeater Station Block Diagram (expandable N+1)

## 4. OPERATIONAL DESCRIPTION

This chapter describes the operation of the transmitter-receiver, modulator-demodulator and CTRL Management (Management, Operation, Administration, and Maintenance & Provisioning).

### 4.1 Transmitter-Receiver (TRP)

#### 4.1.1 Transmitter-Receiver (TRP unit)

The Transmitter-Receiver unit consists of a RF CKT and BOOSTER AMP.

##### RF CKT

The RF CKT consists of a TX circuit, RF circuit, SYNTH circuit, DC-DC CONV circuit and CONTROL circuit.

##### (TX)

The TX contains an IF AMP and TX frequency converter. The IF AMP amplifies the input IF signal. The frequency converter converts the 340 MHz IF signal into the RF signal by mixing it with the local oscillator signal generated by the TX SYNTH.

##### (SYNTH)

The SYNTH contains Automatic Phase Controlled Oscillator (APC OSC) utilizing a frequency-synthesized system that features high frequency stability and easy frequency setting.

##### (RX)

The RX consists of a pre-RF amplifier, RX frequency converter and IF amplifier. The pre-RF amplifier with high electron mobility transistor (HEMT) has an AGC function to avoid any distortion due to overload. The RX frequency converter contains a wideband, image-cancelling, balanced mixer and converts the RF signal into the 140 MHz IF signal.

##### (DC-DC CONV)

The DC-DC CONV consists of a switching regulator and provides stabilized low voltage outputs for the Transmitter-Receiver using the primary DC input.

##### (CONTROL)

The CONTROL has the capability of Automatic Transmit Power Control (ATPC) and communication to the MODEM and CTRL module in the Modulator and Demodulator (MDP) section. The CONTROL generates an RF output power control signal depending on the RF receiver input power level at the opposite station.

##### BOOSTER AMP

The BOOSTER AMP consists of a linearizer and internal matched FET amplifiers. The operational output level is controlled with Automatic Level Control (ALC).

### 4.1.2 SPACE-DIVERSITY (SD unit) (option)

The SPACE-DIVERSITY unit consists of a SD RX RF and COMB.

#### SD RX RF

The SD RX RF consists of a pre-RF amplifier, RX frequency converter and IF amplifier. The pre-RF amplifier with HEMT amplifier has an AGC function to avoid distortion due to overload. The RX frequency converter contains a wideband, image-cancelling, balanced mixer, which mixes the received RF signal and produces an IF signal.

#### COMB

The COMB is used for the space diversity system. The COMB comprises Maximal ratio combiner and SD control. The SD control detects the phase and amplitude difference between the two outputs IF signals from the RF CKT and SD RX RF in the phase and amplitude level difference detector, generates digital control signal to control the Maximal ratio combiner. The Maximal ratio combiner can modulate both IF signals from the RF CKT and SD RX RF, and acts to gain the maximum S/N level.

The delay time difference between the receive signals from the main antenna and SD antenna is compensated with an electrical IF differential absolute delay equalizer (DADE).

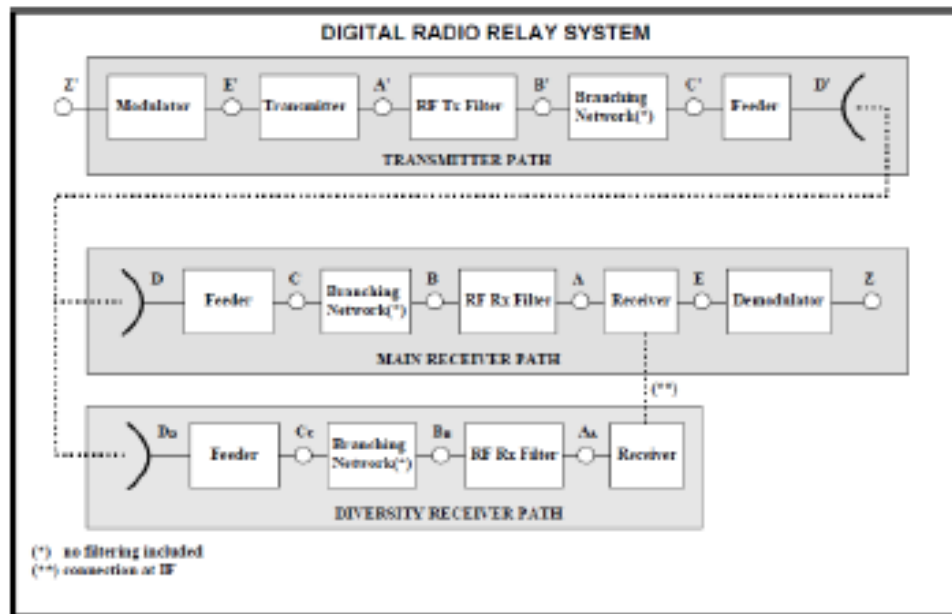


Figure 8 Fundamental Block Diagram for an N+1 Radio Relay System

## 4.2 Modulator-Demodulator

### 4.2.1 Modulator-Demodulator (MODEM) Module

The modulator-demodulator (MODEM) consists of FEC encoder, QAM modulator, QAM demodulator, time domain adaptive equalizer (ATDE), FEC decoder function.

The QAM Modulator / Demodulator coherently modulate / demodulate 64 QAM or 128 QAM.

The ATDE dynamically compensates for the delay and amplitude distortion of regenerated data signals, which are caused by multi-path fading.

The FEC encoder / decoder perform error correction by calculation with additional redundancy stream bits.

### 4.2.2 OH/WS INTFC Module (for SYS1/2: Standard, for SYS6/7: Option)

#### (1) SOH Interface and DSC Interface

The OH/WS INTFC is connected to the INTFC and MODEM. (Refer to Figure 9)

The OH/WS INTFC provides the access to the service channels transported in the STM-1 frame section overhead (SOH), service channels and wayside channels transported in the radio frame complementary overhead (RFCOH).

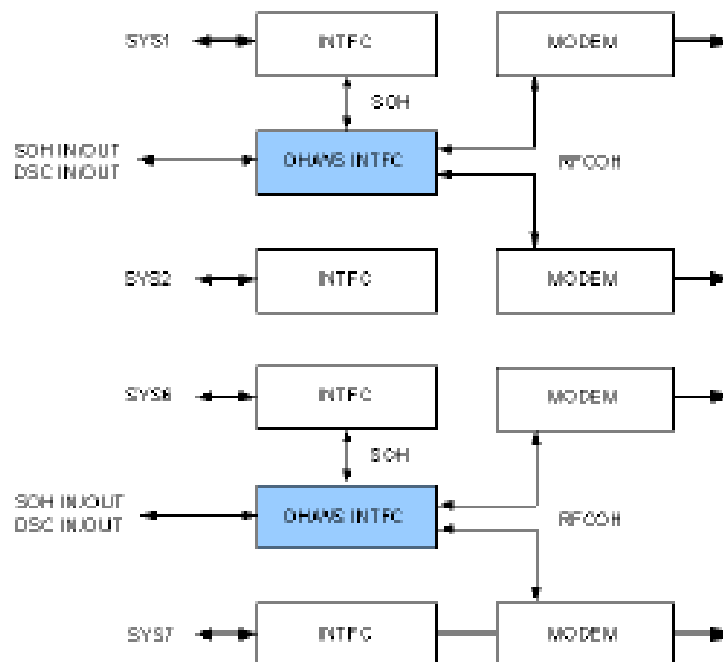


Figure 9 OH/WS INTFC (Examples of N+ 0 systems for SOH and RFCOH Drop/Insert)



The OH/WS INTFC provides access to the RSOH bytes in the terminal and repeater terminal. The overhead bytes that may be accessed are the E1, F1 and DCCr bytes, plus three (3) bytes reserved for national use (X3, X9 and X11) in the RSOH (Refer to Figure 10).

Only RSOH bytes are terminated in the 5000S Radio Section.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0			RSOH
2	B1	X3		E1			F1			
3	D1	X9		D2	X11		D3			
4	AU POINTER									
5	B2	B2	B2	K1			K2			MSOH
6	D4			D5			D6			
7	D7			D8			D9			
8	D10			D11			D12			
9	S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2			

Name	Bytes	Purpose ITU-R Rec. 750	
A1, A2	6	Frame alignment A1: 111100110/A2: 00101000 (defined). For STM-N bytes shall be 3xN for A1 and A2 respectively. Unscrambled.	RSOH
J0	1	Regenerator Section Trace	
B1	1	Error Monitor: detects bit error in hop base by BIP-8 (Bit Interleaved Parity)	
E1	1	Orderwire (64 kbps): regenerator section orderwire channel.	
F1	1	Unset channel (64 kbps) to be used by operator.	
D1-D3	3	DCCr (Regenerator Section Data Communication Channel) 192 kbps SV and Control data communication.	
X3, X9, X11	(3)	Access enabled bytes with OH/WS INTFC module.	
	6	Media specific bytes: Available for Radio Specific usage.	
B2	3	Error Monitor: BIP-Nx4 Multiplex section bit error monitoring.	MSOH
E2	1	Orderwire (64 kbps): multiplex section orderwire channel.	
K1 - K2	2	Automatic protection switching (switch between terminals).	
D4 - D12	9	DCCm (Multiplex Section DCC).	
Z1 - Z2	4	Reserved Not yet defined.	
	4	National use bytes (NU): Reserved for national use (64 kbps).	R/MSOH
	26	Future International use bytes: Reserved for future International use.	
	2	National use bytes (NU): Reserved for national use (Unscrambled byte).	RSOH
S1	1	Synchronization status (b5 - b8).	MSOH
M1	1	Used for multiplex section REI (Remote Error Indication).	

Figure 10 Allocations and Usage of SOH Bytes

(2) WS Interface

The OH/WS INTFC supports up to four (4) wayside channels per module. Usable channels of the wayside vary connection depending on the system configuration (Refer to Figure 11).

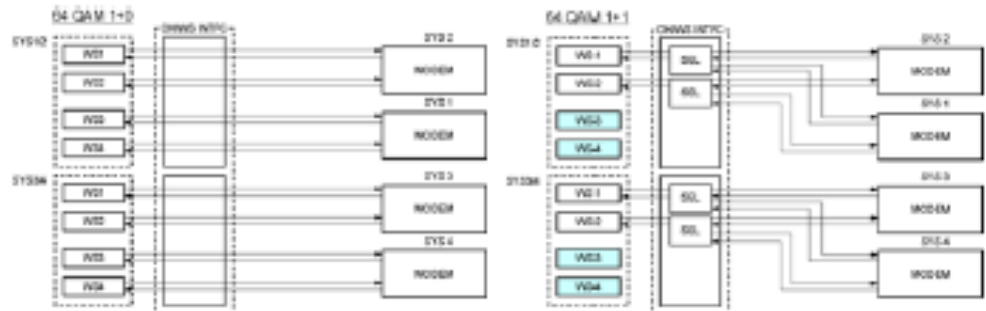


Figure 11 (a) WS Signal Transmission (64 QAM)

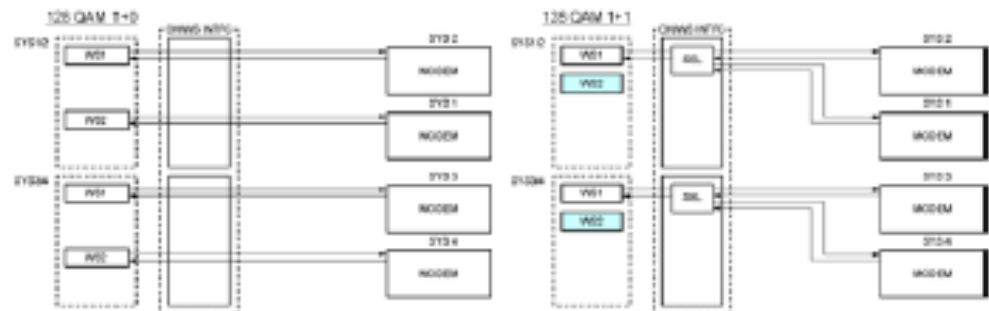


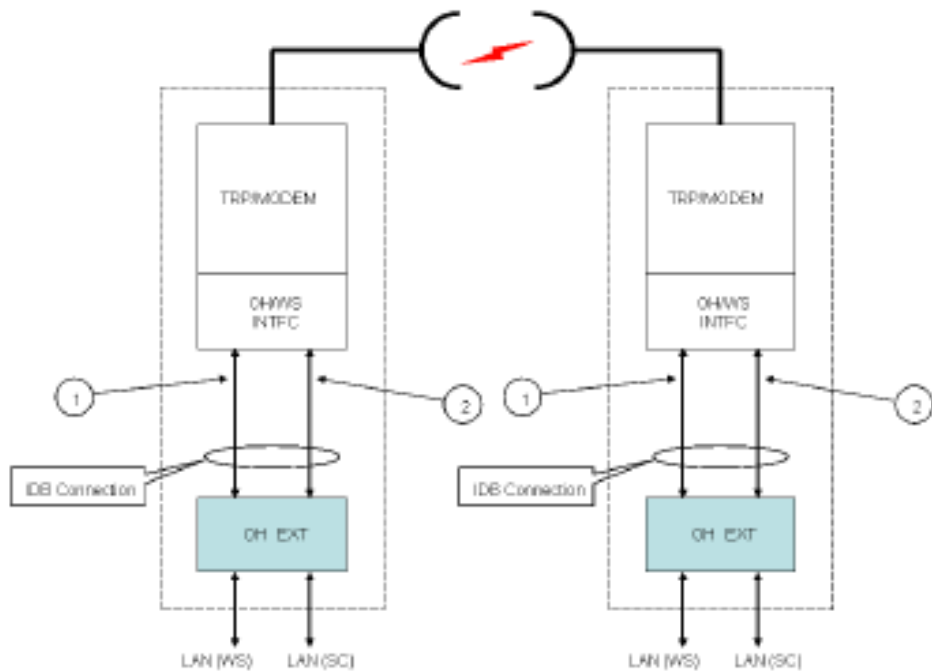
Figure 11 (b) WS Signal Transmission (128 QAM)

### 4.2.3 OH EXT Module (option)

The OH EXT connected to the OH/WS INTFC. (Refer to Figure 12)

The OH EXT provides the following functions:

- (a) LAN (WS): 10/100 Base-T(X) Is converted Into WS (G.703, 2 Mbps or 1.5 Mbps) 1ch.
- (b) LAN (SC): 10/100 Base-T(X) Is converted Into SC (V.11, 192 kbps) 1ch.
- (c) Either of G.703 (64 kbps) or VF signal Is converted Into V.11 (64 kbps) 1ch.
- (d) The network of the VF signal can be composed of a digital hybrid function.



1: WS (G.703, 2 Mbps or 1.5 Mbps)

2: SC (V.11, 192 kbps)

Figure 12 LAN (WS), LAN (SC) Transmission

#### 4.2.4 N+1 Protection Switchover Control

N+1 protection switching is provided by the protection switchover control circuitry consisting of the SWO PROC (Switchover Processor Unit) module.

The SWO PROC modules have control logic for N+1 protection switching and interface logic circuits for the protection channel and regular channels and the basic rack. Alarm, status and performance monitoring facilities are also provided in the SWO PROC module, which processes stores and interfaces this information to the LMS section.

#### 4.2.5 Interface Section of Modulator-Demodulator

##### (1) TRANSMIT SECTION

The transmit section provides the following functions:

- (a) Optical-to-electrical signal conversion (optical interface)
- (b) Coded mark Inversion (CMI) to non-return to zero (NRZ) code conversion (electrical interface)
- (c) AIS detection and sending

##### (2) Receive Section

The receive section provides the following functions:

- (a) Hitless switching
- (b) AIS detection and sending
- (c) Electrical-to-optical signal conversion (optical interface)
- (d) NRZ to CMI conversion (electrical interface)

### 4.3 Operation, Administration, Maintenance and Provisioning

OAM&P functions available in the 5000S N+1 Series SDH Radio Systems are summarized as follows:

- (1) Network Element Facilities with display and controls
  - Alarm and status management
  - Performance management
- (2) NMS based management functions with SNMP Interface
- (3) N+1 Protection switchover control function (automatic/manual)
- (4) NE auto discovery

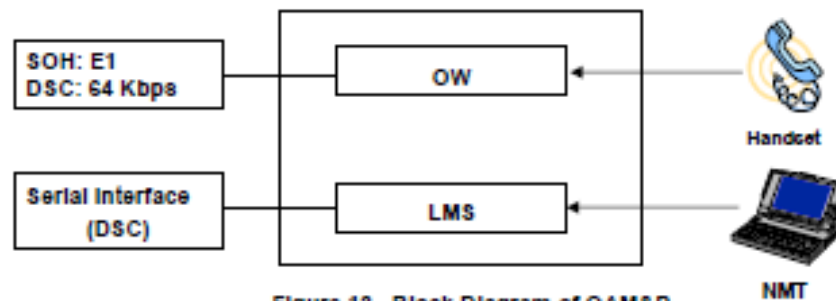


Figure 13 Block Diagram of OAM&P

- (5) Engineering Order Wire

Engineering Order Wire is assignable use of E1 (SOH) for Express Order Wire (EOW) and DSC for Omnibus Order Wire (OOW) in the 5000S N+1 series Radio System network. The OW is available All Call, Selectable Call and Group Call using OW module. OW connection is shown in Figure 14.

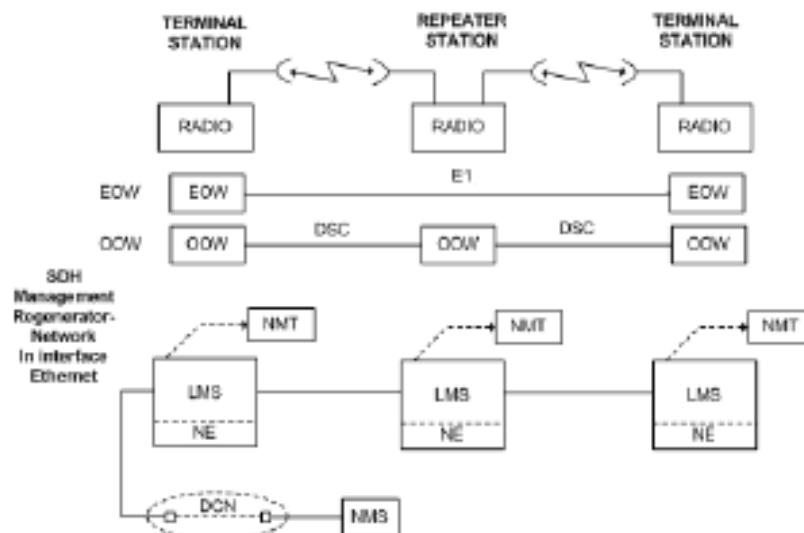


Figure 14 SDH Regenerator Network, OW and NE Typical System Configuration



## 5. OPTIONS

### (1) Baseband Interface

The baseband interface can be selected from the following:

- STM-1 : Electrical
- STM-1/OC-3 : Optical Intra-office
- STM-1/OC-3 : Optical Inter-office Long Haul

### (2) Wayside Traffic for System 1/6 (option)

The OH/WS INTFC module provides an access to the 2 Mbps or 1.5 Mbps wayside channels the RFCOH. The following numbers of wayside channels are available:

- 2 x 2 Mbps or 2 x 1.5 Mbps (64 QAM), 1 x 2 Mbps or 1 x 1.5 Mbps (128 QAM)

### (3) Orderwire (option)

The OW module is available to provide an OOW channel at the repeater, and OOW and EOW channels at the terminal.

### (4) Power Supply (+/-24 VDC or +48 VDC: option)

The system can be equipped with DC-DC converters selected from -48 VDC and additional DC-DC converters (\*) are needed for  $\pm 24$  VDC / +48 VDC

\*Note: Installable quantities are limited according to the system configurations.

Power Supply	Non-Floating	Floating (option)		
	-48 VDC	-24 VDC	+24 VDC	+48 VDC
allowable range (V)	-40.5 to -57.0	-20.0 to -35.0	+20.0 to +35.0	-40.5 to -57.0
Natural Cooling	O	O*	O*	O*
Forced Cooling	O	O**	O**	O**

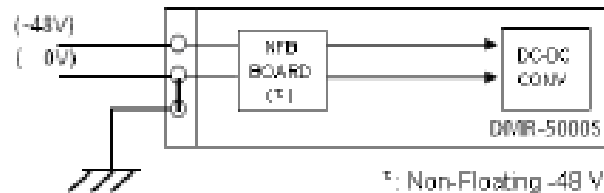
Legend: O Available

\* In case of Natural Cooling type, Power Supply option is available.

\*\* In case of Forced Cooling type, by using external power supply voltage converters (PS CONV RACK) for Power Supply option is available.

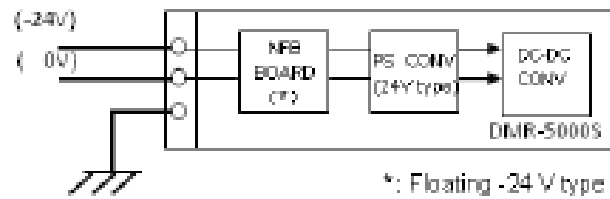
Standard: -48 VDC (Non-Floating)  
 Forced Cooling (For up to 6 or 10 sys/rack)  
 Natural Cooling (For up to 5 sys/rack)

-48 VDC (Non-Floating)

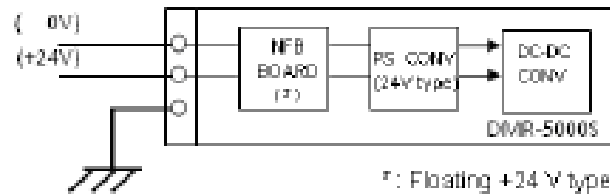


Option : -24 VDC (Floating), +24 VDC (Floating) or -48VDC (Floating)  
 Natural Cooling (For up to 5 sys/rack)

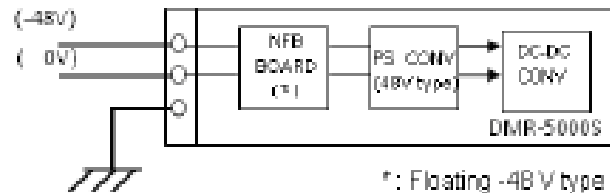
-24 VDC (Floating)



+24 VDC (Floating)



-48 VDC (Floating)



(5) Space Diversity Receiver (option)

The space diversity receiver is available to improve the path performance during an abnormal propagation condition (i.e., deep fading).

(6) Transmitter Output Power (selectable)

Please refer to the performance and characteristics tables in Sections 6.1 and 6.2 for the available output power options.

## 6. PERFORMANCE AND CHARACTERISTICS

### 6.1 64 QAM Systems

Items	4 GHz	5 GHz	6B GHz	8 GHz	11 GHz	Guaranteed
Frequency Plan	ITU-R F.835	ITU-R F.1039	ITU-R F.384	ITU-R F.388 ANNEX 2	ITU-R F.387	-
Channel Spacing	40 MHz	40 MHz	40 MHz	40.74 MHz	40 MHz	-
Tx Power (include BR CKT Loss) (5 W) (dBm) (10 W) (dBm)*1	+30.0 +33.0	+30.0 +33.0	+30.0 +33.0	+30.0 +33.0	+30.0 -	±1.0 dB ±1.0 dB
Noise Figure (dB)	2.3	2.3	2.3	2.5	2.8	+1.0 dB
Frequency Stability	±5 ppm (at -5 to +40°C)					±10 ppm
GN vs. BER 10 <sup>-4</sup> (dB) 10 <sup>-4</sup> (dB)	20.1 20.8	20.1 20.8	20.1 20.8	20.1 20.8	21.5 25.0	+2.0 dB +3.0 dB
RSL Overload (include BR CKT Loss) 10 <sup>-2</sup> (dBm)	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-2.0 dB
RSL vs. BER (include BR CKT Loss) 10 <sup>-4</sup> (dBm) 10 <sup>-4</sup> (dBm)	-78.7 -78.0	-78.7 -78.0	-78.7 -78.0	-78.5 -75.8	-78.2 -75.5	+3.0 dB +4.0 dB
System Gain (include BR CKT Loss) (5 W) 10 <sup>-2</sup> (dB) 10 <sup>-4</sup> (dB)	108.7 108.0	108.7 108.0	108.7 108.0	108.5 108.8	108.2 108.5	-3.0 dB -4.0 dB
(10 W) 10 <sup>-2</sup> (dB) 10 <sup>-4</sup> (dB)	109.7 109.0	109.7 109.0	109.7 109.0	109.5 108.8	- -	-3.0 dB -4.0 dB
R-BER	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-11</sup>
BR CKT Loss *2, *3 (Circulator type) 1+0 (dB) 1+1 (dB) 1+2 (dB) 1+3 (dB) 1+4 (dB) 1+5 (dB)	4.7 5.1 5.5 5.8 - -	5.3 5.7 6.1 6.5 - -	5.4 5.8 6.2 6.6 - -	6.5 7.0 7.5 8.0 9.1 -	8.0 8.3 8.8 8.9 9.2 9.5	+1.0 dB +1.0 dB +1.0 dB +1.0 dB +1.0 dB +1.0 dB
BR CKT Loss *2, *3 (Contiguous type) 1+3 (dB) 1+7 (dB)	- -	- -	6.0 7.3	- -	- -	+1.0 dB +1.0 dB
BR CKT Loss *2, *3 (ROCP type) 1+0 (dB) 1+1 (dB) 1+2 (dB) 1+3 (dB) 1+4 (dB) 1+5 (dB)	- - - 8.2 - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - +1.0 dB - -
Tunable Range	Half band					-
Waveguide Interface	UDR-40	UDR-48	UDR-70	UDR-84	UDR-100	-

\*1: High Power Option

\*2: The total of the loss value in one drop is shown.

\*3: Shows the BR CKT Loss values included of Low Loss Cable loss. Loss of the BEF used to eliminate RF interference signal between

Transmitter and Receiver is not included. BEF should be applied in case of the channel allocation as follows, highest channel in lower half band and lowest channel in upper half band are used in the same time.

## 6.2 128 QAM Systems

Items	4 GHz	5 GHz	LG GHz	UG GHz	7 GHz	8 GHz	Guaranteed
Frequency Plan	ITU-R F.362	ITU-R F.746 ANNEX 2	ITU-R F.363	ITU-R F.364	ITU-R F.365	ITU-R F.366 ANNEX 1	-
Channel Spacing	29 MHz	29 MHz	29.65 MHz	30 MHz	29 MHz	29.65 MHz	-
TX Power (include BR CKT Loss) (5 W) (dBm) (10 W) (dBm)*1	+29.0	+29.0	+29.0	+29.0	+29.0	+29.0	±1.0 dB
	+32.0	+32.0	+32.0	+32.0	+32.0	+32.0	±1.0 dB
Noise Figure (dB)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.5	+1.0 dB
Frequency Stability	±5 ppm (at -5 to +40°C)						±10 ppm
GN vs. BER 10 <sup>-2</sup> (dB) 10 <sup>-4</sup> (dB)	24.6 25.3	24.6 25.3	24.6 25.3	24.6 25.3	24.6 25.3	24.6 25.3	+2.0 dB +3.0 dB
RSL Overload (include BR CKT Loss) 10 <sup>2</sup> (dBm)	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-2.0 dB
RSL vs. BER (include BR CKT Loss) 10 <sup>-2</sup> (dBm) 10 <sup>-4</sup> (dBm)	-73.1 -72.4	-73.1 -72.4	-73.1 -72.4	-73.1 -72.4	-73.1 -72.4	-72.9 -72.2	+3.0 dB +4.0 dB
System Gain (include BR CKT Loss) (5 W) 10 <sup>2</sup> (dB) 10 <sup>4</sup> (dB) (10 W) 10 <sup>2</sup> (dB) 10 <sup>4</sup> (dB)	102.1 101.4	102.1 101.4	102.1 101.4	102.1 101.4	102.1 101.4	101.9 101.2	-3.0 dB -4.0 dB
	105.1 104.4	105.1 104.4	105.1 104.4	105.1 104.4	105.1 104.4	104.9 104.2	-3.0 dB -4.0 dB
R-BER	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-12</sup>
BR CKT Loss *2, *3 (Circulator type) 1+0 (dB) 1+1 (dB) 1+2 (dB) 1+3 (dB) 1+4 (dB)	5.2 5.6 6.0 6.3 6.6	5.9 6.3 6.7 7.1 8.2	5.4 5.8 6.3 6.6 -	6.4 7.0 7.5 8.0 9.1	6.4 7.0 7.5 8.0 9.1	6.6 7.3 7.8 8.3 9.4	+1.0 dB +1.0 dB +1.0 dB +1.0 dB +1.0 dB
			6.0	-	-	-	+1.0 dB
			7.3	-	-	-	+1.0 dB
BR CKT Loss *2, *3 (RCCP type) 1+0 (dB) 1+1 (dB) 1+2 (dB) 1+3 (dB) 1+4 (dB)	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - 8.1 -	- - - 9.5 -	- - - +1.0 dB -
Tunable Range	Half band						-
Waveguide Interface	UDR-40	UDR-48	UDR-56 UDR-70 (*4)	UDR-70	UDR-70 UDR-84 (*4)	UDR-84	-

\*1: High Power Option

\*2: The total of the loss value in one hop is shown.

\*3: Shows the BR CKT Loss values included of Low Loss Cable loss. Loss of the BEF used to eliminate RF interference signal between Transmitter and Receiver is not included. BEF should be applied in case of the channel allocation as follows, highest channel in lower half band and lowest channel in upper half band are used in the same time.

\*4: Optional Flange



### 6.3 ATPC

- |                                    |   |                  |
|------------------------------------|---|------------------|
| (1) Dynamic Range                  | : | 20 dB to 0 dB    |
| (2) Control Steps                  | : | 1 dB             |
| (3) Fading Tracking Speed          | : | 100 dB/second    |
| (4) RSL Operating Range            | : | -40 to -70 dBm   |
| (5) DC Power Consumption Reduction | : | -40%/BOOSTER AMP |

## 6.4 Interfaces

### (1) Main Traffic, Electrical (STM-1)

Type (ITU-T G.703)	: In station section, full functionality
Bit Rate	: 155.520 Mbps $\pm$ 20 ppm
Level	: 1 Vp-p (nominal) TX accepts 12.7 dB cable loss at 78 MHz
Code Format	: CMI
Impedance	: 75 ohms, unbalanced (nominal)

### (2) Main Traffic, Optical (STM-1)

TYPE (ITU-T G.957)	Intra-office (L.1/S.1.1)	Long haul Inter-office (L.1.1)
Functionality	Full	
Bit Rate	155.520 Mbps	
Code Format	NRZ	
Wavelength	1,310 nm	
Connect (On front of panel)	LC-type	
Transmitter (Data OUT)	MLM	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Source Type</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximum Spectral Width</li> </ul>	40 nm / 7.7 nm	4 nm
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mean Launched Power</li> </ul>	-8 to -15 dBm	0 to -5 dBm
<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimum Extinction Ratio</li> </ul>	8.2 dB	10 dB
Optical Path		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Attenuation Range</li> </ul>	0 to 7 dB / 0 to 12 dB	10 to 28 dB
Receiver (Data IN)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimum Sensitivity</li> </ul>	-23 dBm / -28 dBm	-34 dBm
<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimum Overload</li> </ul>	-8 dBm	-10 dBm
<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximum Optical Path Penalty</li> </ul>	1 dB	
Safety		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Laser Product Safety</li> </ul>	IEC 825 Class 1	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatic Laser Shutdown (ALS)</li> </ul>	ITU-T G. 958	

MTD-SY-014/211004

50008 N+1 SERIES 4-11GHz STM-10C-3

## (3) Digital Service Channels (Option, on MDP, using RFCOH)

Bit Rate (*1)	:	1 x 64 kbps + 1 x 192 kbps, or 4 x 64 kbps
Input/Output Level	:	RS-422 (ITU-T V.11) comply
Impedance (nominal)	:	110 ohms, balanced
Interface	:	Contra-directional

\*1: When OH EXT (option) is used, SC 1ch is available as LAN signal.

## (4) Wayside Traffic Transmission (Option, on MDP, using RFCOH)

## Number of channels (\*2)

64 QAM	:	2 x 2 Mbps or 2 x 1.5 Mbps
128 QAM	:	1 x 2 Mbps or 1 x 1.5 Mbps

Bit Rate	:	2.048 Mbps $\pm$ 50 ppm
	:	1.544 Mbps $\pm$ 130 ppm

Input/Output Level	:	ITU-T G.703 comply
--------------------	---	--------------------

Code Format	:	High Density Bipolar (HDB)-3 (2.048 Mbps), AMI or B8ZS selectable (1.544 Mbps)
-------------	---	---

Impedance (nominal)	:	75 ohms, unbalanced or 120 ohms, balanced selectable (2.048 Mbps), 100 ohms, selectable (1.544 Mbps)
---------------------	---	--

\*2: When OH EXT (option) is used, WS 1ch is available as LAN signal.

## (5) Parallel Interface for Housekeeping Alarm/Control

Input (Monitoring) Items	:	16 (standard) or 32 (option)
Input Interface	:	Photo Coupler (2 pins)
Output (Control) Items	:	8
Output Interface	:	Dry Contact, Form C (3 pins)

## 6.5 Common

- (1) Power Requirements : -48 VDC (-40.5 to -57.0 VDC)
- (2) Power Consumption (for 4 to U6 GHz, 1+1 Terminal. e/w SD, Natural cooling)

The data is as follows:

BOOSTER Type	Power Consumption (Approx.)			
	Total	TRP (e/w SD)	MDP	COMMON MODULE
10 W	220 W	80 W/ich	20 W/ich	20 W
5 W	200 W	70 W/ich		

Configuration		Power Consumption (Approx.)			
		1+1	2+1	3+1	4+1
BOOSTER Type	10 W	220 W	320 W	420 W	520 W
	5 W	200 W	290 W	380 W	470 W

- (3) Temperature Range (Excluding NMT), ETS300 019-2-3
  - Guaranteed Operation : -5°C to +50°C
  - Workable Operation : -10°C to +55°C
  - Transport and Storage : -30°C to +70°C
- (4) Relative Humidity (Excluding NMT)
  - Guaranteed Operation : Less than 95% at +45°C (non-condensing)
  - Workable Operation : Less than 95% at +50°C (non-condensing)
  - Transport and Storage : Less than 95% at +50°C (non-condensing)
- (5) Altitude
  - Guaranteed Operation : Up to 4,000 m
- (6) Electrostatic Discharge : 4 kV on external surface - No error (ESD)  
(Test method: IEC 861-2)
- (7) Electro-Magnetic Compatibility (EMC) : In accordance with ETSI standard and CISPR Pub.22/85 Class A, equivalent to CENELEC EN 55022 Class A (with front cover)
- (8) Weight : Maximum 200 Kg

## 7. SUPERVISION ITEMS

### 7.1 Alarm Events\*

No.	Event Name	Event Condition	LED
1	LOSS OF SIGNAL	Input signal lost	•
2	LOSS OF FRAME	Frame synchronization lost	•
3	EXCESSIVE BER	BER degraded worse than preset value (BER= $10^{-3}$ to $10^{-5}$ )	•
4	SIGNAL DEGRADE	Signal degraded worse than preset value (BER= $10^{-5}$ to $10^{-8}$ )	-
5	MAINTENANCE	MAINT SW switch on CTRL module set to MAINT status	•
6	OUTPUT LEVEL DOWN	MOD IF output signal level decreases	•
7	INPUT LEVEL DOWN	Synchronization lost / DEM IF input signal level decrease	•
8	TX LEVEL ALM	TX output power down below normal	•
9	TX APC ALM	TX local oscillator becomes unlocked	•
10	RECEIVE LEVEL ALM	RX RF input level decreased	•
11	RX APC ALM	RX Local Oscillator unlocked	•
12	MAIN RECEIVE LEV ALM	Main receiver IF level decreased	•
13	ATPC COMM ALM	ATPC communication failure	•
14	HS SW SERVICE FAILURE	Hot standby system failure	•

\* : The alarm events are tabulated for major items only.

#### Rack top LED alarm

No.	Items	Alarm
1	PM	Prompt maintenance alarm (red LED)
2	DM	Deferred maintenance alarm (red LED)



## 7.2 Status Events\*

No.	Event Name	Event Condition
1	AIS RECEIVED	Detection of AIS

\* : The status events are tabulated for major items only.

## 7.3 Remote Monitoring Items (displayed by the NMT)\*

No.	Parameter Name	Impalment Event
1	TX PWR	Transmitter Output Power at TX OUT (dBm)
2	RX IN LEV	Received Signal Level (dBm)
3	MAIN IN LEV	Received Main Signal Level (dBm)
4	SD IN LEV	Received SD Signal Level (dBm)
5	BBE	Summary of Background Block Error
6	ES	Summary of Errored Second
7	SES	Summary of Severely Errored Second

\* : The monitoring items are tabulated for major items only.

## 7.4 Local Metering Items (measured by test equipment)

No.	Item Name	Description
1	TX PWR	Transmitter Output Power at Antenna port
2	RX IN LEV	Received Signal Level
3	MAIN IN LEV	Received Main Signal Level
4	PS V	Output Voltage of DC-DC CONV (-48 V)

**NEC**

Empowered by Innovation

**NEC**

Integrated and Compact SDH Microwave Radio System for Long-Haul Transmission

**5000S**



**NEC Corporation**

<http://www.nec.com/pasolink/>

## System and Equipment Parameters

### System Parameters

#### 64 QAM

Frequency Band	4 GHz	5 GHz	L6 GHz	U6 GHz	7 GHz	8 GHz	11 GHz
Range (GHz)	3.6 – 4.2	4.4 – 5.0	–	6.43 – 7.11	–	7.725 – 8.275	10.7 – 11.7
Channel Spacing (MHz)	40	40	–	40	–	40.74	40
Modulation Scheme	64 QAM + LDPC						
TX Output Power (dBm) (excluding BR CKT loss) (10W / 5W)	33/30	33/30	–	33/30	–	33/30	-/30
System Gain (dB at EER = 10 <sup>4</sup> ) (excluding BR CKT loss) (10W / 5W)	109.0/106.0	109.0/106.0	–	109.0/106.0	–	108.9/105.8	-/105.5

#### 128 QAM

Frequency Band	4 GHz	5 GHz	L6 GHz	U6 GHz	7 GHz	8 GHz	11 GHz
Range (GHz)	3.6 – 4.2	4.4 – 5.0	5.925 – 6.425	6.43 – 7.11	7.125 – 7.725	7.725 – 8.275	–
Channel Spacing (MHz)	29	28	29.65	30	28	29.65	–
Modulation Scheme	128 QAM + LDPC						
TX Output Power (dBm) (excluding BR CKT loss) (10W / 5W)	32/29	32/29	32/29	32/29	32/29	32/29	–
System Gain (dB at EER = 10 <sup>4</sup> ) (excluding BR CKT loss) (10W / 5W)	104.4/101.4	104.4/101.4	104.4/101.4	104.4/101.4	104.4/101.4	104.2/101.2	–

### Equipment Parameters

<b>Transmission Capacity</b>	<b>STM-1 or OC-3 (155.52 Mbps, electrical or optical interface)</b>	
Wayside Capacity (In RFCOH) <sup>1)</sup>	64 QAM System: 2 x 2.048 Mbps or 2 x 1.544 Mbps 128 QAM System: 1 x 2.048 Mbps or 1 x 1.544 Mbps	
Service Channel Capacity (In RFCOH) <sup>1)</sup>	4 x 64 kbps or 1 x 192 kbps + 1 x 64 kbps	
Power Supply Requirement	-48 VDC (-40.5 to -57 VDC) +48 VDC (+36 to +60 VDC) (Optionally available) -24 VDC (-20 to -35 VDC) / +24 VDC (+20 to +35 VDC) (Optionally Available)	
Total Power Consumption	Approx. 250 W (for 4 to U6 GHz, 1 + 1 Terminal, w/w SD)	
Mounting Rack	ETSI – Rack (ETB 300 119-3)	
Dimensions	Standard Rack	ETSI Standard
	Low-Profile Rack	ETSI Non-Standard
Operating Temperature (Guaranteed)	-5 to +50°C	

<sup>1)</sup> When CH EXT (option) is used, 1ch is available as LAN signal.

Specifications are subject to change without prior notice.

#### Abbreviations

ASP: Automatic Signal Protection	EXT: Extension	LDPC: Low-Density Parity Check	QAM: Quadrature Amplitude Modulation
ATDE: Adaptive Time Domain Equalizer	eN: Equipped with	MDP: Modulator/Demodulator Equipment	RF: Radio Frequency
BB: Base Band	FD: Frequency Diversity	MST: Multiplex Section Termination	RFCOH: Radio Frame Complementary Overhead
BER: Bit Error Rate	FEC: Forward Error Correction	MUX: Multiplexer	RST: Regenerator Section Termination
BR CKT: Branching Circuit	FOTS: Fiber Optic Transmission System	NMS: Network Management System	SD: Space Diversity
CAPEX: Capital Expenditure	GE: Gigabit Ethernet	NMT: Network Management Terminal	SDH: Synchronous Digital Hierarchy
CTRL: Control	HS: Hot-Standby	OC-3: Optical Carrier level 3	STM-1: Synchronous Transport Module level 1
DIR: Direction	IDB: Interface Distribution Board	OH: Overhead	TRP: Transmitter/Receiver Equipment
DSC: Digital Service Channel	IF: Intermediate Frequency	OPEX: Operating Expenditure	VH-pol: Vertical/Horizontal Polarization
ETSI: European Telecommunications Standards Institute	ITU: International Telecommunications Union	PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy	XPC: Cross Polarization Interference Canceller

NEC Corporation  
[www.nec.com](http://www.nec.com)

© 2010 NEC Corporation. NEC and the NEC logo are registered trademarks of NEC Corporation.

Conf.No. PD2-10030000E



# The ultimate in speed and capacity at the core of broadband transmission

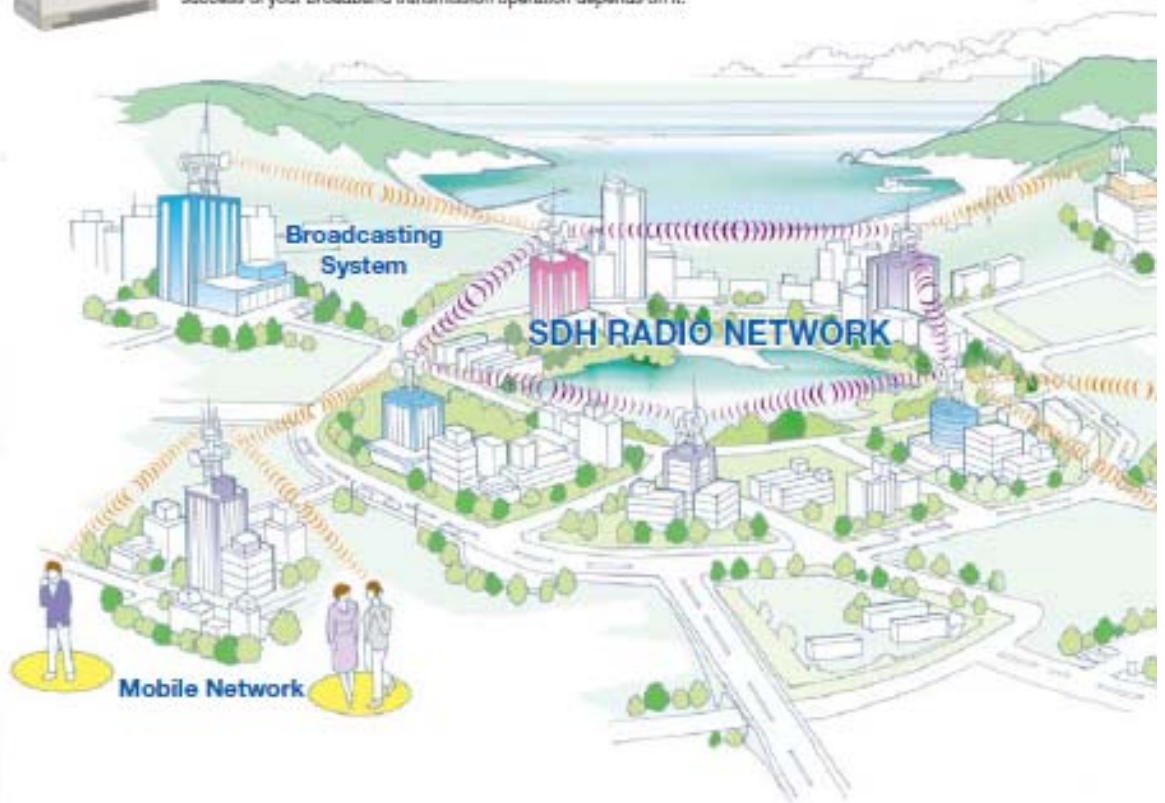


As the demand for high-volume data transmission accelerates, radio systems need capacity large enough to accommodate the evolving market.

The optimal solution for more stable, reliable long-term performance is the 5000S—the high-capacity Synchronous Digital Hierarchy (SDH) long-haul microwave radio system made by NEC for synchronous transport module level 1 (STM-1) and optical carrier level 3 (OC-3) data transmission.

NEC SDH (Synchronous Digital Hierarchy) transmission equipment for a range of configurations includes an add-drop-multiplexer and an NMS (Network Management System). Various systems applications such as N+1 Frequency Diversity (FD)/Space Diversity (SD) and Hot-Standby (HS) protection switching systems are available. Expand an existing system configuration simply by adding modules and/or sub-racks to boost transmission capacity. Up to 10 systems with MUX (Multiplexer) can be built into a single ETSI rack.

A complete NEC broadband transmission package, including training and managed services, can maximize the value of your capital and operating expenditures (CAPEX and OPEX). Upgrade speed and capacity at every stage from feasibility study to survey and up to implementation. Gain advantage and apply it on a global scale. The long-term success of your broadband transmission operation depends on it.





## 5000S

### Total Design Concept

The NEC family of SDH system equipment features a highly compatible, unified design platform. 5000S microwave system technology is based on the longstanding integrity of NEC expertise. With its advanced integrated design, the 5000S accommodates higher rack density than other systems of its kind. The equipment comprises two main shelves on a single European Telecommunications Institute (ETSI) rack. Branching (BR) and Transmitter/Receiver Equipment (TRP) sections are built on the upper shelf, with Modulator/Demodulator Equipment (MDP) and Multiplexer (MUX) sections on the lower shelf (Fig. 2).

### Key Specifications

- Frequency bands: 4 to 11 GHz
- Capacity: 155.52 Mbps per system
- Modulation: 64 QAM, 128 QAM
- Interface: STM-1 Electrical/Optical, GbE (with built-in MUX)
- SDH Termination: RST (MST available with built-in MUX)
- Configuration:
  - N + 0 (N: 1 to 10), N + 1 (N: 1 to 9)
  - Back to Back: 2 x (N + 0) (N: 1 to 5), 2 x (N + 1) (N: 1 to 4)
  - Repeater: 2 x (N + 0) (N: 1 to 5), 2 x (N + 1) (N: 1 to 4)
  - XPIC system: 2 x (N + 1) (N: 1 to 4)
  - 1 + 1 Hot-Standby/Twin Path/Space Diversity
  - 2 x (1 + 1) Hot-Standby/Twin Path/Space Diversity (Repeater)



Fig. 1 SDH Network Application

- SD Constitution: 1F Combined (up to 3 antennas)
- Accommodation: Maximum 10 systems in ETSI rack including MUX
  - 1 - 5 sys (Natural cooling)
  - 0 - 10 sys (Long-life fan cooling)

### Main Features

- Excellent Characteristics
  - Enhanced modem characteristics
  - Automatic Transmit Power Control
  - Automatic Protection Switch for optical interface
  - Adaptive Equalizer (Adaptive Time Domain Equalizer (ATDE) is applied.)
  - Space Diversity system, available to retrofit
  - Redundant configuration of XPIC equipment
- Improved Error Correction Performance with FEC
  - Low-Density Parity Check (LDPC) Codes are employed as a forward error correction (FEC) to ensure superior error correction performance.
- Abundant Digital Service Channels and Wayside Traffic
  - DSC: 1ch 64 kbps + 1ch 192 kbps or 4ch 64 kbps
  - WS: 1ch (128 QAM) 2 Mbps or 2ch (64 QAM) 1.5 Mbps
- Alarm, Status and Performance Monitoring
  - Built-in Performance Monitoring function
  - The operator can perform monitoring and control functions by using the NMT (Network Management Terminal), or by using a Network Management System (NMS).
- Built-in MUX for 5000S
  - NEC's Small Multiplexers offer various types of traffic interfaces such as PDH, SDH and Gigabit Ethernet with flexible network configurations of linear, ring, multiple rings, etc.
- Conforms to Latest Standards (ITU/ETSI)

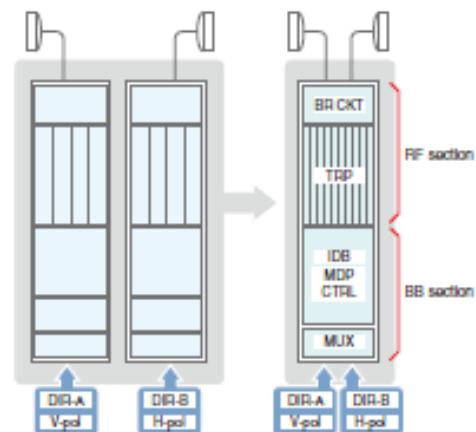
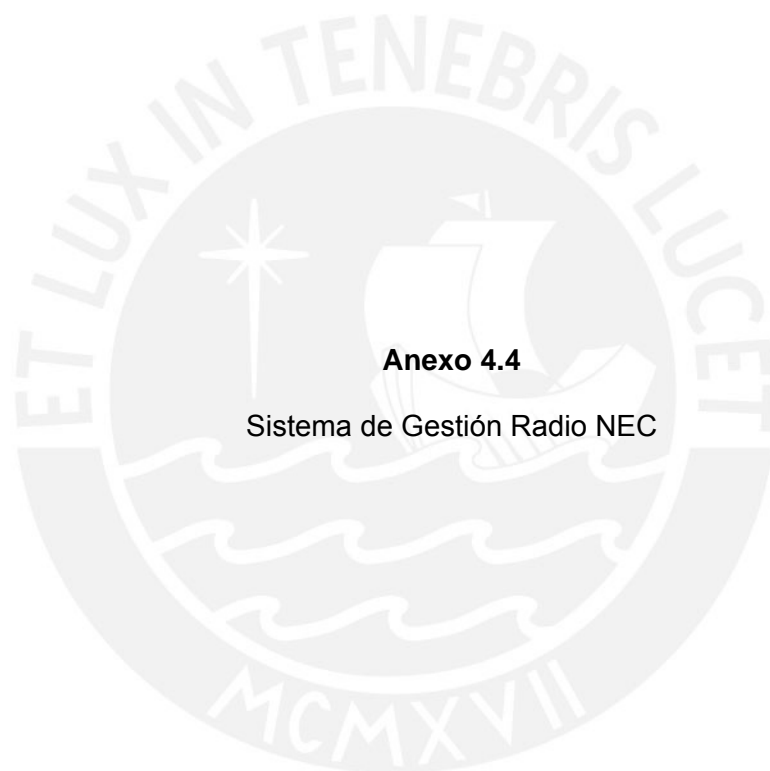


Fig. 2 System Downsizing



## 3000 Series SDH Microwave Radio Systems For Long-haul Transmission (4 to 11 GHz, STM-1/OC-3)

### MS3201 NETWORK MANAGEMENT SYSTEM

#### Introduction

The MS3201 is a fully integrated network management system for NEC's SDH radio and multiplex equipment.

#### Overall System Configuration

The MS3201 can support the following SDH equipment and network configuration.

- The SDH NE can comprise of NEC's SDH radio (2000S or 3000S) and SDH FOTS (SMS 150V, SMS 600V) equipment.
- The network configuration can be a linear and/or ring connection comprising of radio and FOTS NE. (SNC-P: Sub Network Connection Protection with Path)
- Line Protection can comprise of N+1 radio section protection, Twin Path Radio protection and FOTS Line Protection.

#### Features

##### Common Platform

Integrated management of SDH radio, SDH Mux and SDH FOTS on a common platform

##### Flexible scalability

Manage small or large network (max.: 120 Network Elements (NE))

#### Standardization

The TMN complies with M.3010 Principle for a Telecommunication management network.

- Q.811 Lower Layer Protocol Profiles Q3 interface
- Q.812 Upper Layer Protocol Profiles Q3 interface
- M.3100 - Generic Network Information Model The SDH G. 784 - Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Management

#### OAM&P

The MS3201 provides the following TMN concepts performing the Operation, Administration, Maintenance and Provisioning Function.

#### 1. Fault Management includes:

Network Alarm Monitoring, NE Status Monitoring, Current Event List, Event History and Event Filtering (date, target object, event type, severity).

#### 2. Performance Management includes:

Performance Data Display, Scheduled performance data retrieval (from NE), Quality of service (QOS) monitoring and Quality of service (QOS) threshold setting.

#### 3. Configuration Management includes:

Building of overall network view, Provisioning of network element, Protection switching, Path management and Maintenance Functions.

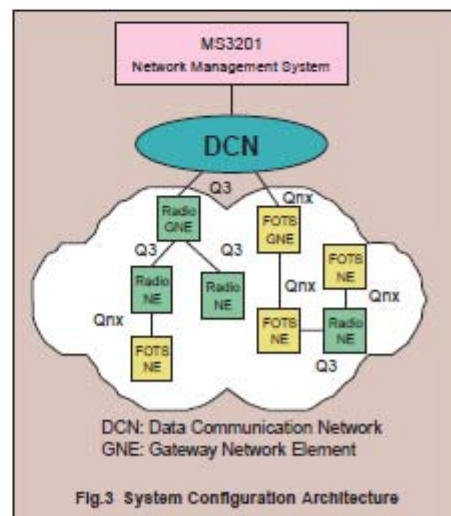
#### 4. Security Management includes:

User registration, Assignment of user privilege and Logging of security related actions.

#### Open Interface

Use of Q3 interface between Manager and Radio NE. Use of Qx interface between Manager and MUX/FOTS NE. Qnn interface to upper Network Management Layer (based on ETS 300 663/future plan).

Refer to Fig. 3.



The NMS consists of:



**Operator Terminal**

- Provides GUI driven functions. One operator terminal can communicate with multiple servers. One server can support multiple operator terminals.
- A typical operator terminal hardware comprises of a IBM PC or equivalent.



**Server**

MIB (Information about Managed Objects (MO) of SDH NEs). NE communication and unifies the data exchange between each NE type. CORBA/X Window communication with operator terminals. Qnn Communication provides an interface to an upper level NML. (future plan)

A typical server hardware comprises of a SUN Ultra80 Model 250 or equivalent.

- Redundancy of server (future plan)  
In case of failure of the working server, the system automatically switches to the stand-by server.

**Specifications**

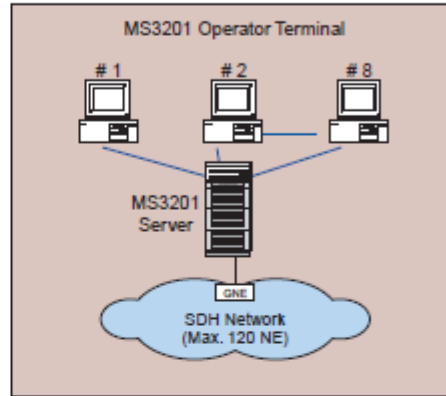
The NMS specifications are:

- Maximum number of servers is 10.
- Maximum number of operator terminals is 16. (Each NE is registered in max. 8 operator terminals.)
- Maximum number of NEs managed by one server is 120.
- Server to Remote Operator Terminal uses a G.703 or V.35 - 2 Mbps (minimum).
- Server to GNE uses G.703 or V.35 - 2 Mbps.

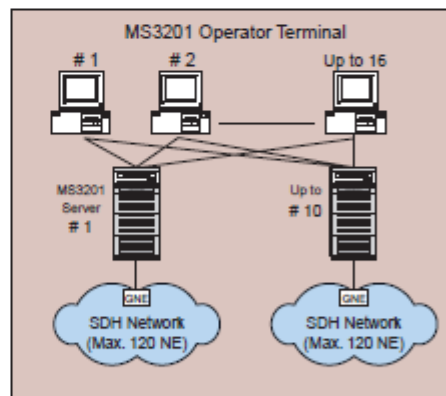
**Operator/Server Configuration**

The MS3201 can be configured as:

1) Multi-operator terminal per server



2) Multi-operator terminal/Multi-server (Future Plan)



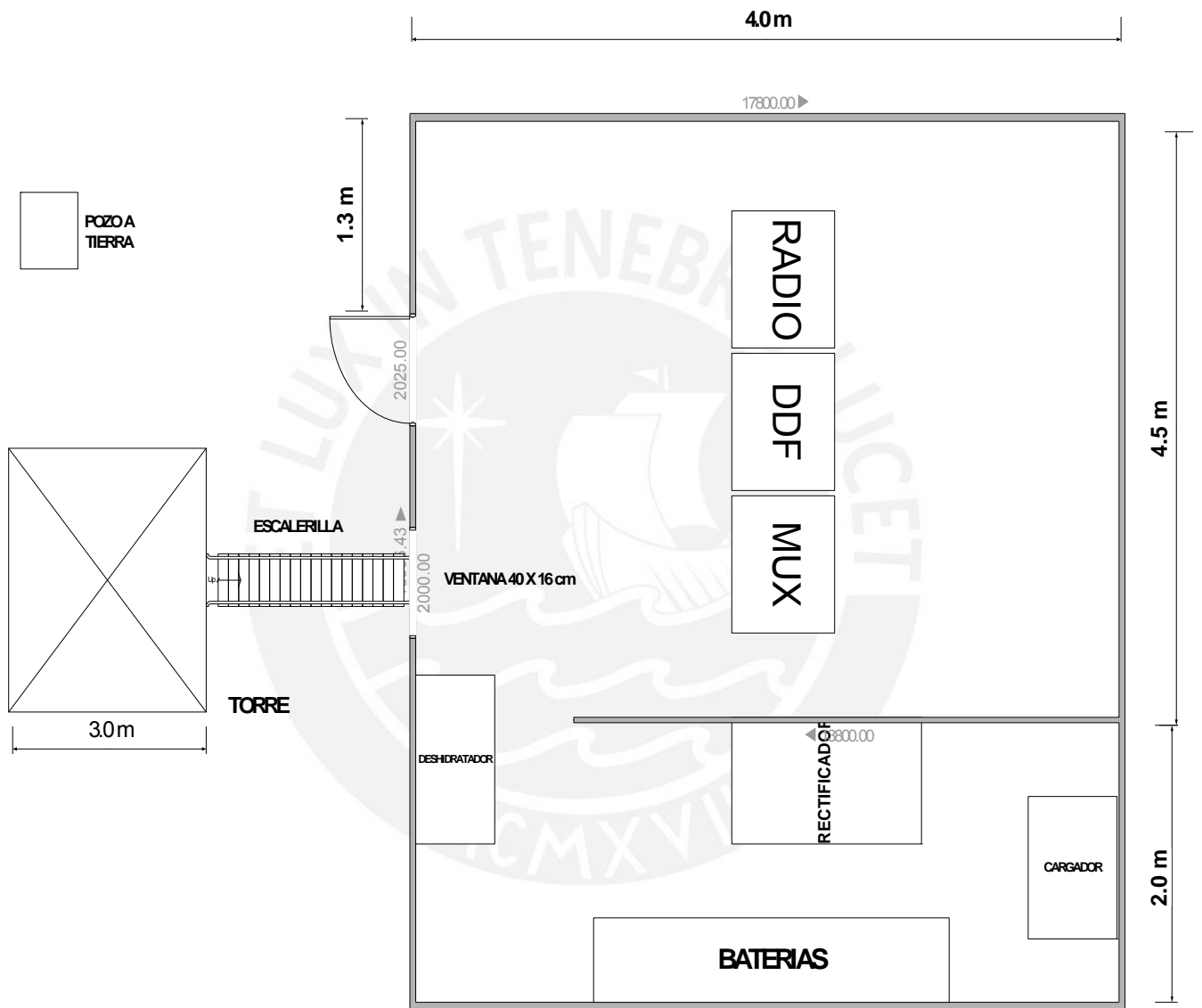


**Anexo 4.5**

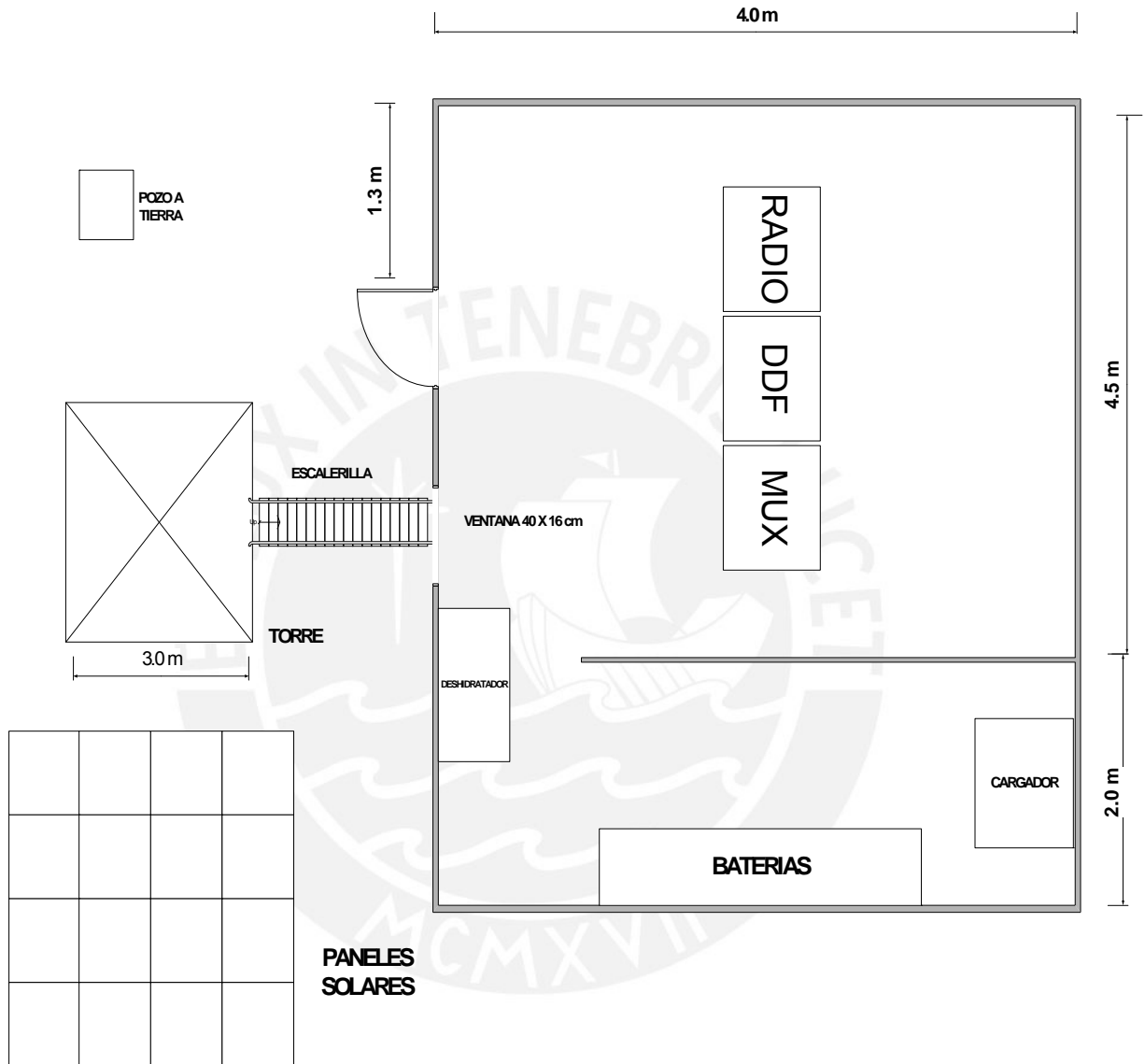
Plano general de la infraestructura en las estaciones y esquemas típicos



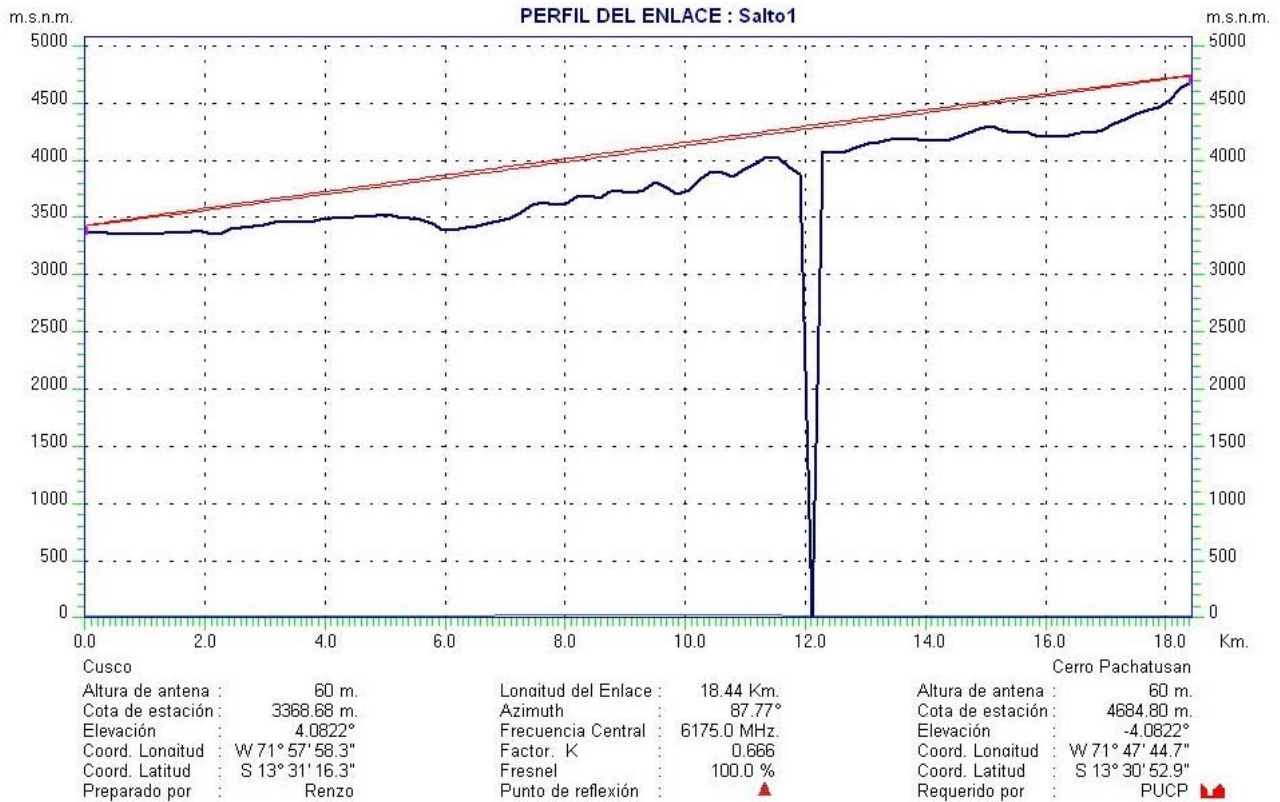
ANEXO 4.5 – A: PLANO DE ESTACIÓN ALIMENTADA POR ENERGÍA AC



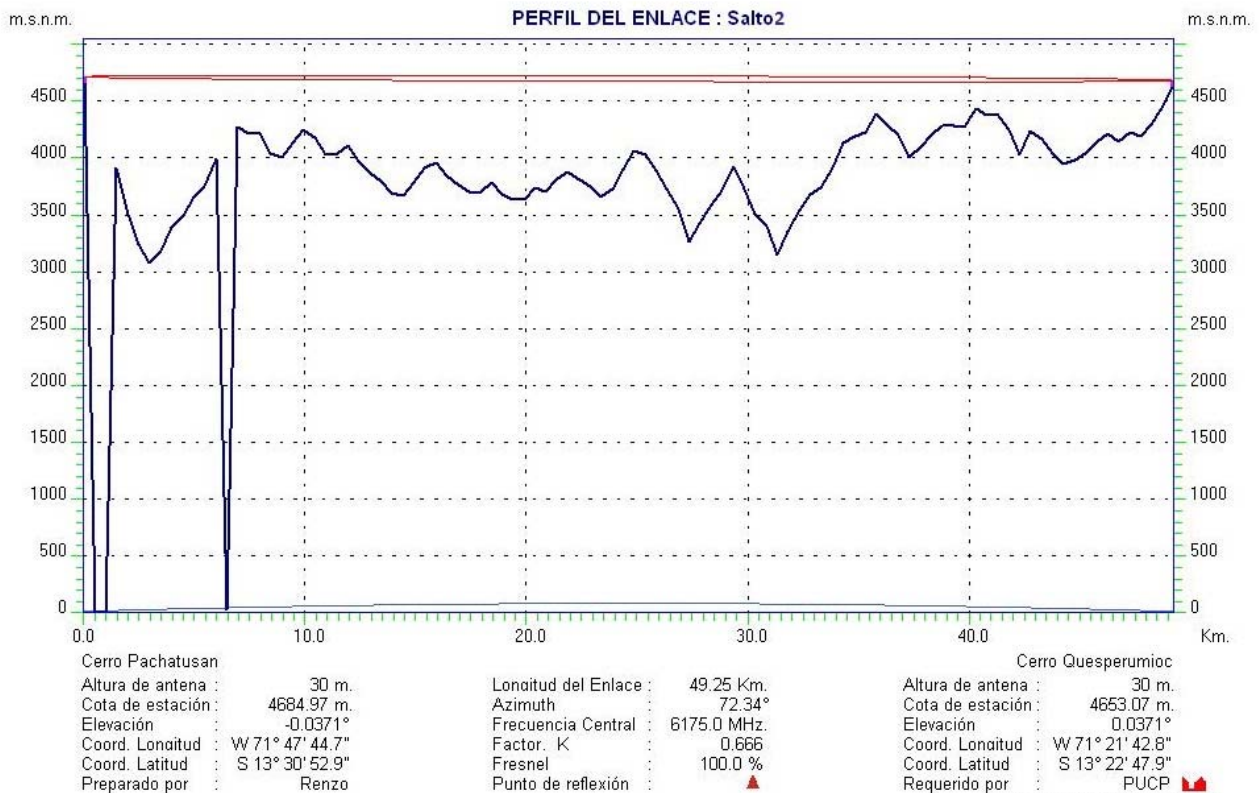
ANEXO 4.5 – B: PLANO DE ESTACIÓN ALIMENTADA POR ENERGÍA SOLAR



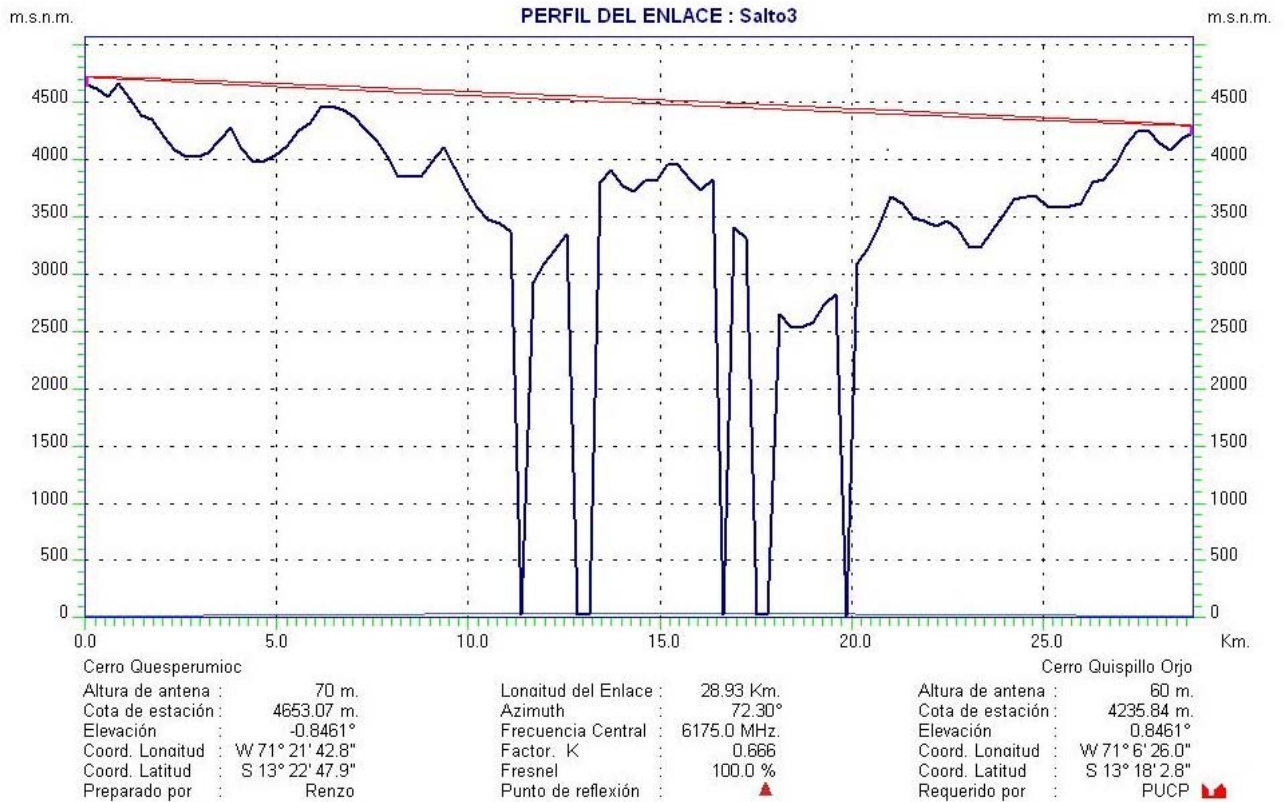




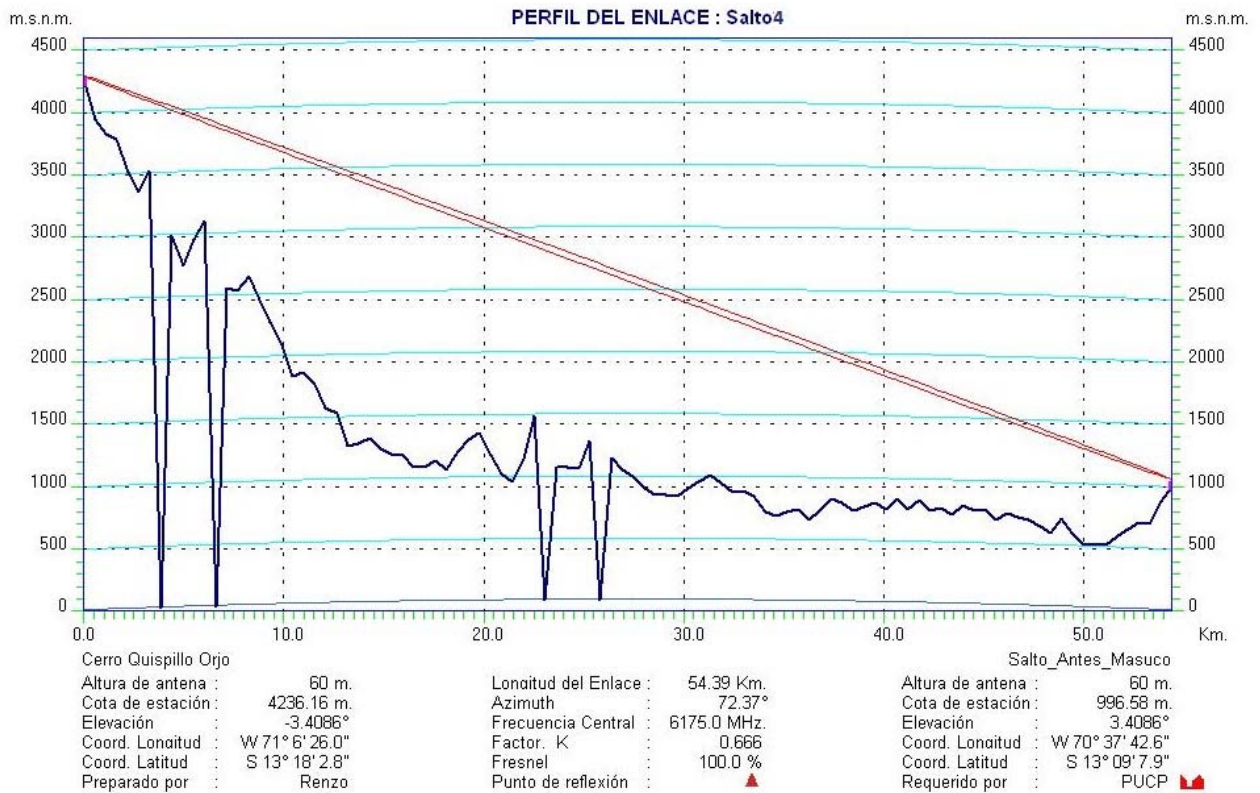
**RED PUERTO MALDONADO**  
14/09/2012



**RED PUERTO MALDONADO**  
14/09/2012

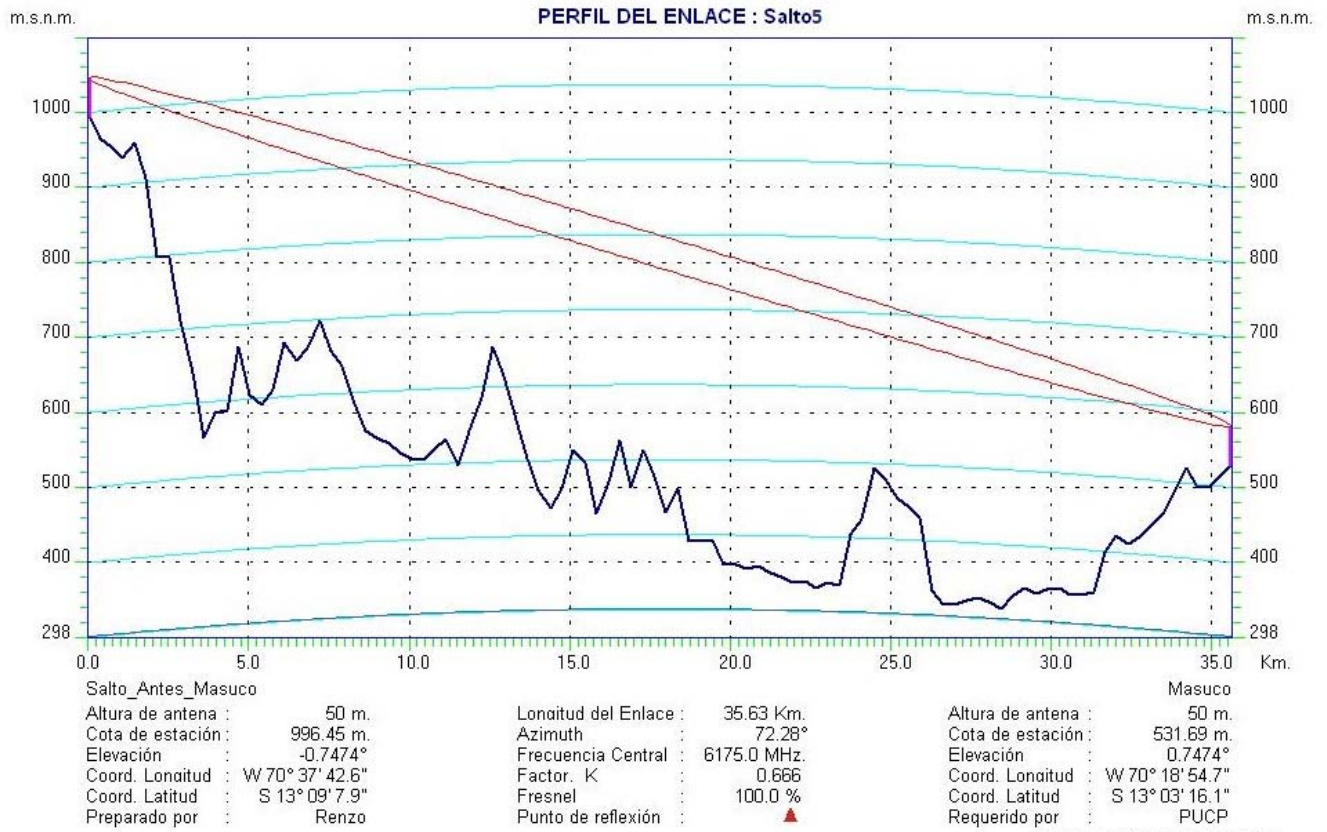


**RED PUERTO MALDONADO**  
14/09/2012

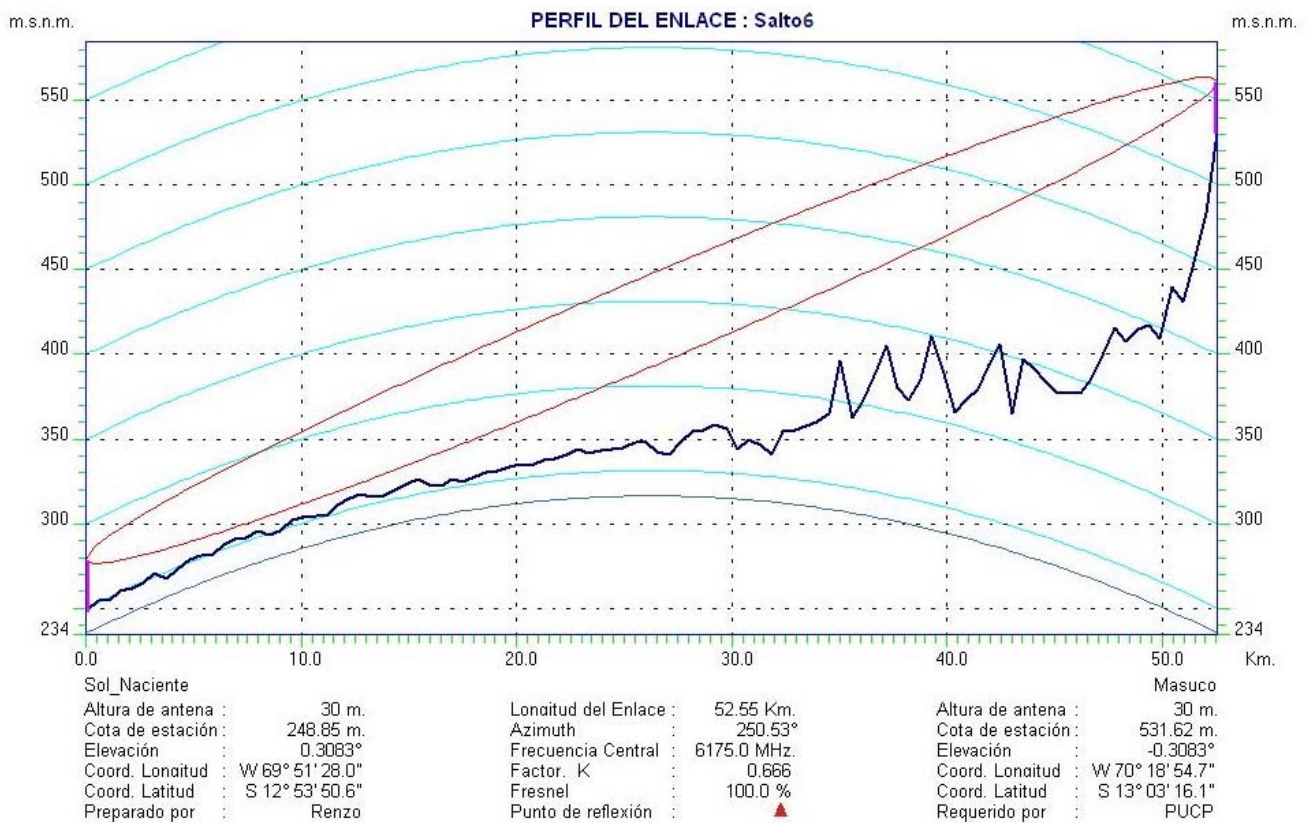


**RED PUERTO MALDONADO**  
14/09/2012

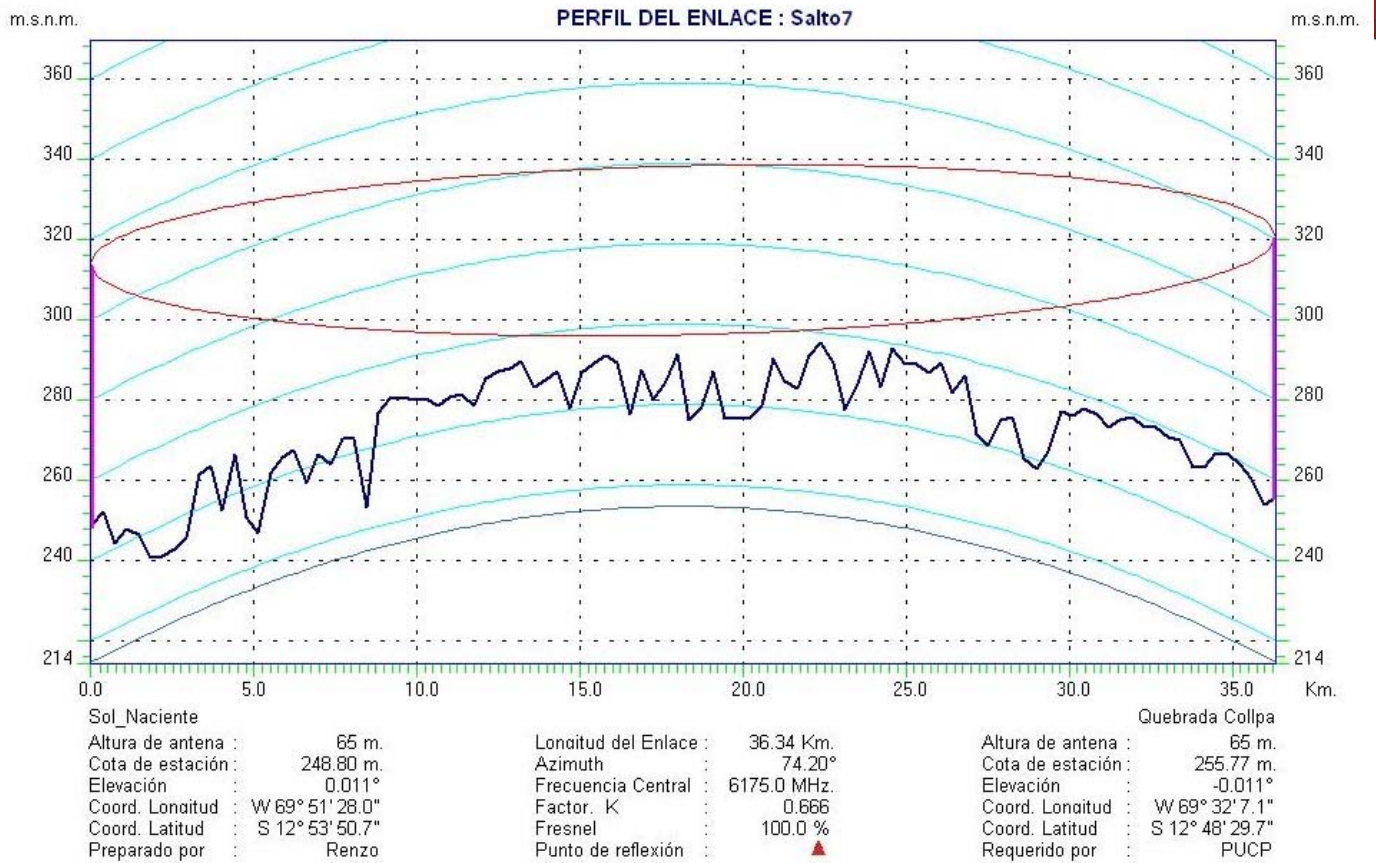




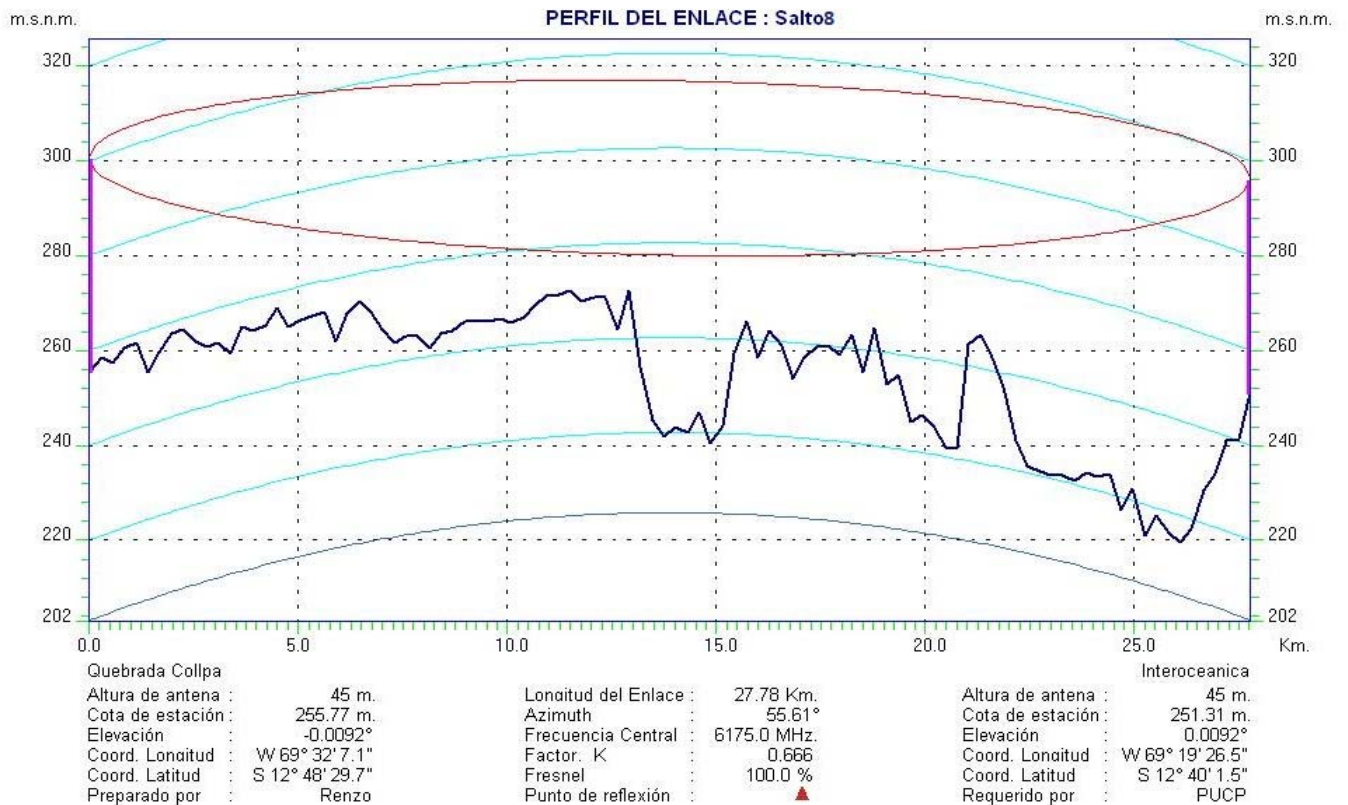
**RED PUERTO MALDONADO**  
14/09/2012



**RED PUERTO MALDONADO**  
14/09/2012

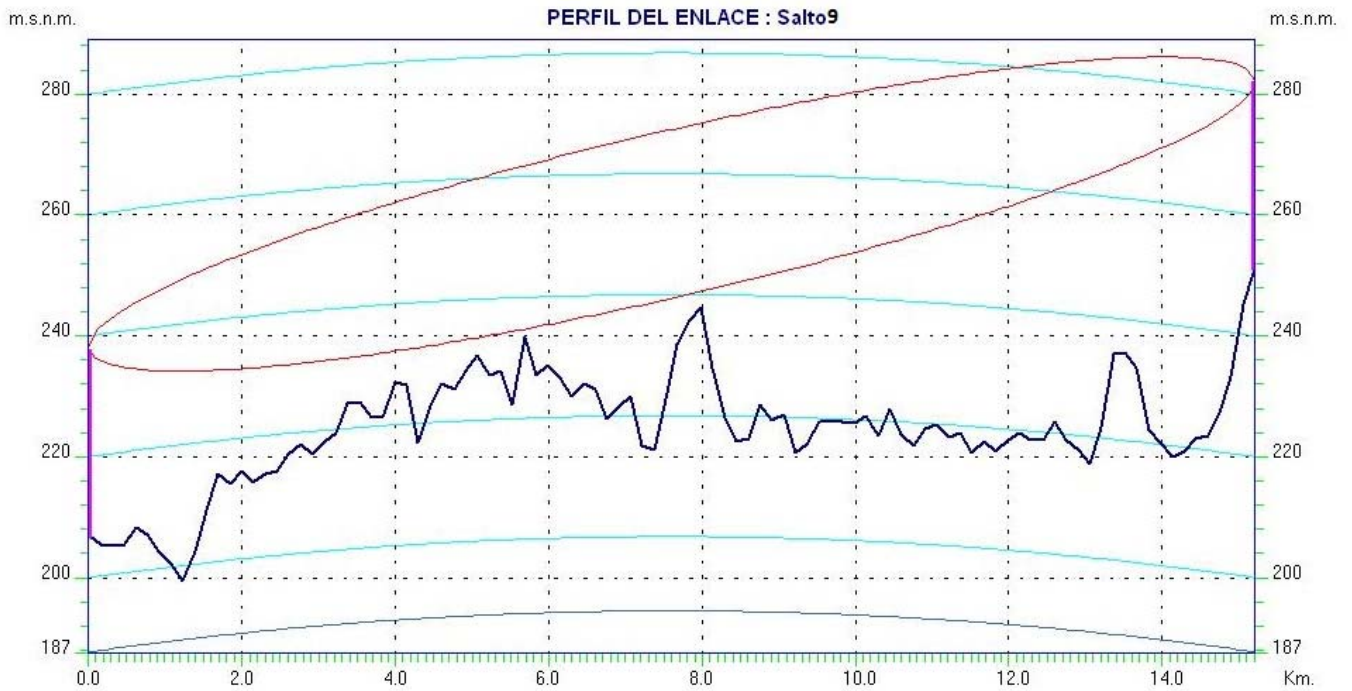


**RED PUERTO MALDONADO**  
14/09/2012



**RED PUERTO MALDONADO**  
14/09/2012





Puerto Maldonado

Altura de antena : 31 m.  
Cota de estación : 207.02 m.  
Elevación : 0.1668°  
Coord. Longitud : W 69° 12' 32.9"  
Coord. Latitud : S 12° 35' 19.3"  
Preparado por : Renzo

Longitud del Enlace : 15.21 Km.  
Azimuth : 235.03°  
Frecuencia Central : 6175.0 MHz.  
Factor. K : 0.666  
Fresnel : 100.0 %  
Punto de reflexión : ▲

Interoceánica

Altura de antena : 31 m.  
Cota de estación : 251.31 m.  
Elevación : -0.1668°  
Coord. Longitud : W 69° 19' 26.5"  
Coord. Latitud : S 12° 40' 1.5"  
Requerido por : PUCP

**RED PUERTO MALDONADO**  
14/09/2012