



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
SECCIÓN DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON BASE EN  
LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD PARA LA REGIÓN DE  
MADRE DE DIOS RUTA PUERTO MALDONADO – IÑAPARI”**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADA POR:**

**VICTOR HUGO GELDRES LUYO**

**LIMA - PERÚ**

**2005**

## DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON BASE EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD PARA LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS RUTA PUERTO MALDONADO – IÑAPARI

### RESUMEN

El presente trabajo es el desarrollo de un requerimiento de conectividad entre establecimientos que pertenecen a la red de salud de la región de Madre de Dios. A través de enlaces digitales de alta velocidad, se permitirá la transmisión de información (voz, datos y video), entre la “**Dirección Regional de Salud**” y los “**Centros de Salud**” incluido el Hospital San Martín, ubicados en el tramo Puerto Maldonado – Iñapari. Se busca el mejoramiento de los servicios asistenciales y administrativos en la atención de la salud, a través de la utilización de enlaces inalámbricos punto a punto de hasta 11 Mbps bajo la norma IEEE 802.11b, y la utilización de equipos de bajo consumo de energía, alimentados por sistemas de generación alternativa, como es la energía fotovoltaica.

En el primer capítulo se presenta la problemática específica y las variables que la afectan como resultado del estudio desarrollado en la tesis: “Análisis y Diagnóstico de los Sistemas de Comunicación entre Establecimientos de Salud aplicado a la Región de Madre de Dios”, donde finalmente se propone un esquema de interconexión que será desarrollado en el presente estudio.

El segundo capítulo es una breve reseña de la importancia del desarrollo de este tipo de proyectos, donde se explica el porqué de la tecnología a utilizar. Además, se muestran las principales experiencias en proyectos de desarrollo social, tanto en el ámbito nacional como internacional, donde se utiliza la tecnología inalámbrica como medio para lograrlo.

Las consideraciones para el diseño se desarrollan en el tercer capítulo, aquí se presentan algunos conceptos relacionados y las consideraciones que se tuvieron al realizar los cálculos y la ingeniería en general.

En el cuarto capítulo se desarrolla la ingeniería del proyecto, desde el diseño de los enlaces digitales hasta la elección de equipos, arquitectura y equipamiento de la red, cálculo del sistema de energía, sistema de protección contra rayos, puesta a tierra y sistema de gestión centralizada de red. En el desarrollo de cada ítem se incluye una pequeña base teórica que indica cómo se realizarán los cálculos.

Para concluir, en el último capítulo se efectúa un análisis de costos involucrados para la realización y operación del proyecto, así como también una deducción del tiempo de recuperación de la inversión.



HOJA DE LA FACULTAD





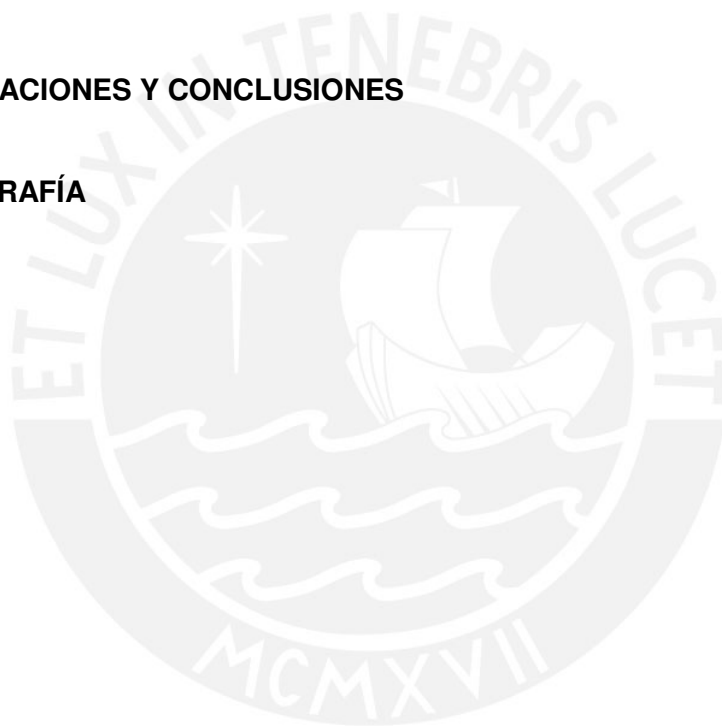
*A mi madre Mercedes, por haberme formado como una persona de bien  
y darme el ejemplo de no rendirse nunca ante cualquier adversidad,  
demostrando que sus hijos son la razón de su ser.*

## ÍNDICE TEMÁTICO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>CAP 1: MARCO PROBLEMÁTICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	12
1.1 Uso de las TIC en la Región de Madre de Dios	12
1.2 Variables Externas	12
1.2.1 Medio General	13
1.2.2 Medio Específico	14
1.2.3 Medio Organizacional	14
1.3 Variables Internas	15
1.4 Declaración del Marco Problemático	16
<b>CAP 2: MARCO TEÓRICO</b>	20
2.1 El Estado del Arte	20
2.1.1 Presentación del asunto de Estudio	20
2.1.1.1 Las TIC y su importancia para el desarrollo	20
2.1.1.2 La Brecha Digital	20
2.1.1.3 Uso de las TIC para el bienestar y desarrollo	22
2.1.2 El Estado de la investigación	23
2.1.2.1 El Banco Mundial	24
2.1.2.2 EHAS – Perú	25
2.1.2.3 BARWN	26
2.1.3 WLAN como solución para cerrar la brecha de acceso	28
2.2 Modelo Teórico	28
2.2.1 Estrategia para un plan integral	29
2.2.2 Tecnología Inalámbrica	31
2.2.2.1 WLAN a largas distancias	31
2.2.2.2 Topología de la Red	32

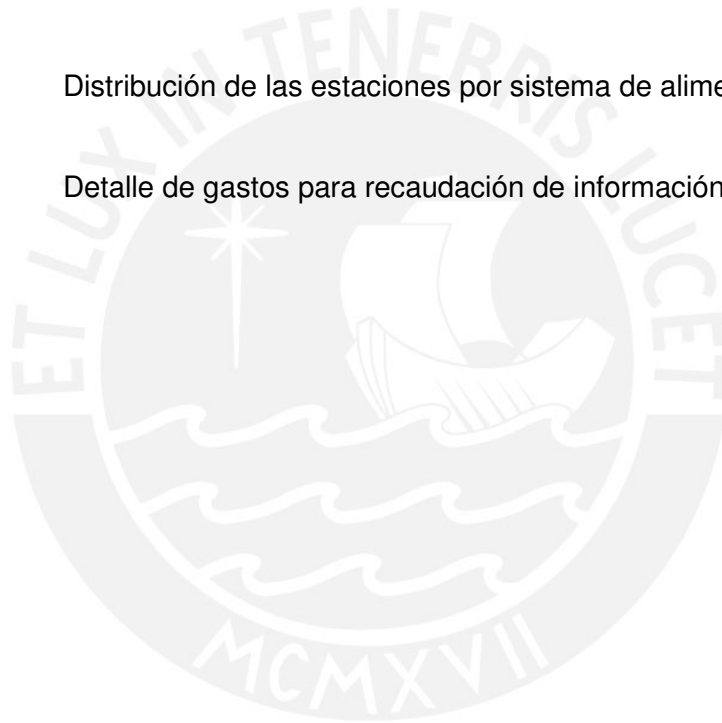
2.2.2.3 Espectro Ensanchado	32
2.2.2.4 El estándar IEEE 802.11b	33
<b>CAP 3: CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO</b>	<b>34</b>
<b>CAP 4: INGENIERÍA DEL PROYECTO</b>	<b>38</b>
4.1 Plan de Enrutamiento	38
4.2 Orientación de las Estaciones	39
4.3 Cálculo de las ganancias y pérdidas de los enlaces	42
4.3.1 Cálculo de ganancia de antena	42
4.3.2 Verificación del nivel de potencia de receptores	44
4.4 Análisis de Tráfico	56
4.4.1 Voz	57
4.4.2 Video	58
4.4.3 Datos	59
4.5 Plan de canalización	59
4.6 Enlace con los Puestos de Salud	61
4.7 Arquitectura de la Red LAN/WAN	63
4.8 Selección de equipos	64
4.8.1 Consideraciones para la elección	64
4.8.2 Requerimiento de protocolos de los equipos	66
4.8.3 Características de las interfases	67
4.8.4 Equipos elegidos	67
4.9 Equipamiento general de la Red	72
4.9.1 Configuración de equipos de comunicación	72
4.9.2 Configuración general por estación	73
4.9.3 Instalación de los equipos	75
4.10 Sistema de gestión centralizada de Red	76
4.10.1 Descripción general	77
4.10.2 Funciones principales mínimas requeridas	77
4.10.3 Configuración del Hardware	78
4.10.4 Funcionalidades adicionales	79
4.10.5 Configuración del sistema de supervisión	81

4.11 Sistema de Energía	82
4.11.1 Descripción de los sistemas	83
4.11.2 Cálculo de capacidad de los equipos	89
4.12 Protección contra rayos y sistema de puesta a tierra	92
<b>CAP 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>95</b>
5.1 Cálculo del CAPEX	96
5.2 Cálculo del OPEX	98
5.3 Cálculo del retorno de la inversión	100
<b>OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</b>	<b>103</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS</b>	



## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.	
Cuadro 4.1:	Ubicación de las torres y orientación de las estaciones	41
Cuadro 4.2:	Cálculo de longitud de cable coaxial para todas las estaciones	43
Cuadro 4.3:	Plataforma de Software	82
Cuadro 4.4:	Distribución de las estaciones por sistema de alimentación	82
Cuadro 5.1:	Detalle de gastos para recaudación de información	101



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1.1:	Centros y Puestos de Salud	18
Figura 2.1:	Red WI-FI EHAS	26
Figura 2.2:	La caja BARWN	27
Figura 3.1	Zona de Fresnel	37
Figura 4.1:	Ubicación de estaciones en la ruta Puerto Maldonado – Iñapari	40
Figura 4.2:	Recorrido del cable coaxial	43
Figura 4.3:	Cálculo de canales de 64 Kbps	57
Figura 4.4:	Distribución de canales 802.11b	60
Figura 4.5:	Reutilización de canales	61
Figura 4.6:	Diámetro de cobertura vs. velocidad de transmisión	62
Figura 4.7:	Representación de una red LAN entre los puestos y centros de salud	62
Figura 4.8:	Diagrama de interconexión de las redes LAN de las estaciones	63
Figura 4.9:	PCMCIA card with two antenna jacks 2511cd plus ext2 (200mw)	68
Figura 4.10:	Soekris engineering net4521 wireless router	69
Figura 4.11:	Wireless LAN antena modelo: hg2424g	71
Figura 4.12:	Tarjeta de red inalámbrica montada en la placa del router soekris	72
Figura 4.13:	Instalación típica estación repetidora	75
Figura 4.14:	Sistema de energía fotovoltaico	84
Figura 4.15:	Distribución de entrega de energía en el día	87
Figura 4.16:	Esquema de conexión del sistema fotovoltaico	87
Figura 4.17:	Cable de sistema fotovoltaico	88
Figura 4.18:	Distancia máxima en metros para una caída de tensión de 5% en sistemas de 12 v	89

## INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos del desarrollo de proyectos para zonas rurales, se presentan dificultades de índole social, económica, geográfica, entre otras. Cualquiera que haya tenido la oportunidad de conocer aquellos lugares, puede afirmar que resalta la ausencia de infraestructuras de telecomunicación. Un ejemplo claro lo podemos encontrar en la Amazonía peruana. Esta situación origina un reto de tal magnitud, que la mayoría de los proyectos de telecomunicación existentes en Perú, se han centrado en zonas urbanas o en zonas con menor dificultad. En la actualidad, existen proyectos financiados por entidades públicas y privadas, donde se emplean sistemas de comunicación inalámbrica para el despliegue de redes de voz y datos de bajo costo. Sobre estas redes, se han desarrollado los servicios de intercambio y acceso a información. Sin embargo, se puede encontrar que la mayoría de estos proyectos, están enfocados de manera aislada en diferentes especialidades, como por ejemplo la telemedicina, donde se puede afirmar que, a mediano - largo plazo, no permitirán la sostenibilidad de la red, ni garantizarán el desarrollo íntegro de la comunidad.

Este trabajo de tesis, plantea el Diseño de un Sistema de Comunicación aplicado a una zona rural del Perú. La Región de Madre de Dios, con la cual se tiene relaciones muy estrechas de cooperación, ha sido elegida por presentar un alto potencial de desarrollo, además de incluir un tramo importante de la Carretera Interoceánica, proyecto que vendrá acompañado de un sin fin de oportunidades para la zona. Como resultado del análisis y diagnóstico de los factores a considerar para el desarrollo de sistemas de comunicación en zonas rurales presentado en la tesis: “Análisis y Diagnóstico de los Sistemas de Comunicación entre Establecimientos de Salud aplicado a la Región de Madre de Dios”, se ha considerado a esta región como modelo para el inicio de un plan piloto, que permita definir una plantilla y lineamientos generales de diseño aplicable a las demás regiones del país. Para lograrlo, se propone como primera etapa: la interconexión de Establecimientos de Salud, con enlaces dedicados punto a punto utilizando el estandar IEEE 802.11b. Donde mediante el envío de voz, video y datos, se pretende mejorar el nivel de atención y administración en salud. No obstante, la sostenibilidad de los sistemas de comunicación forman parte de un proceso mayor de interconexión, donde se incluirán los procesos educativos y comerciales, por lo que el objetivo es llevar a cabo un plan que desarrolla los sistemas de comunicación con base en los “**Establecimientos de Salud**” de la Región.

## 1. MARCO PROBLEMÁTICO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Uso de las TIC en la Región de Madre de Dios

El departamento de Madre de Dios se encuentra ubicado al Sur Este del Territorio Peruano cubriendo una superficie de 8 518 263 hectáreas (85 182,63 km<sup>2</sup>). Comprende tres (03) provincias: Tambopata, Manu y Tahuamanu, donde se distribuyen diez (10) distritos y una población de más de 67 008 habitantes (cifra oficial del censo de 1993). En el caso específico del Sector Salud, posee una (01) Dirección Regional de Salud que se encarga de supervisar la organización del esquema de salud a lo largo de la región, además posee dos (02) hospitales, diez (10) Centros de Salud y Noventa y ocho (98) Puestos de Salud.

A través de procesos de investigación y visitas a la región, se pudo determinar que no cuentan con los medios de comunicación que les permita tener una base de datos común y un libre acceso a ella. Todo este análisis se explica detalladamente en la tesis: “Análisis y Diagnóstico de los Sistemas de Comunicación entre Establecimientos de Salud aplicado a la Región de Madre de Dios”.

A lo largo de la zona en estudio, se ha determinado que el uso de Tecnologías de la Información y comunicación - TIC es escasa, determinándose que la principal forma de comunicación que poseen con los distintos establecimientos de salud, es vía radio. El transporte de la información de poblado en poblado o rumbo a la Dirección Regional de Salud, que es el núcleo del sistema de información actual, se da por medios de locomoción, que en la mayoría de veces genera retrasos. Debido también a problemas de capacitación, los datos no pueden ser completados en sus centros de origen y deben digitarse en la Dirección Regional de Salud, lo que conlleva un retraso en el procesamiento de la información.

### 1.2 Variables Externas

Este tipo de variables se agrupa e interacciona en el entorno de lo que es un proceso de comunicación rural. En el anexo 1.1 se muestra el esquema gráfico de las variables

relacionadas a nuestro caso “Comunicación rural para el Sector Salud”. A continuación explicaremos sus componentes:

### 1.2.1 Medio General

- **Descentralización**

Los proyectos que promueven el acceso de los servicios de telecomunicación, tienen que procurar estar dirigidos a aquellas zonas donde no se goza de este tipo de servicios. En nuestro país hay una infinidad de zonas rurales que con apoyo externo pueden desarrollar políticas de información y comunicación, que les permitirá un progreso local a corto plazo y posteriormente contribuir al progreso regional y nacional.

- **Pertinencia**

Para poder desarrollar el diseño de un sistema de comunicación en una localidad determinada, como primera etapa se tiene que realizar un análisis y diagnóstico que permita determinar sus necesidades, para luego elegir la tecnología apropiada que vaya de acuerdo al contexto de la zona y aplicación final, de no ser así, con seguridad el proyecto será un fracaso.

- **Medio Geográfico Amazónico**

El medio geográfico es un factor muy importante a considerar en la etapa de diseño, particularmente para una zona selvática. Hay que tener consideraciones especiales de diferentes tipos, ya sea para elección de componentes, pérdidas en los enlaces, tipo de suelos, etc.; finalmente la red estará preparada para soportar estas condiciones extremas y operar óptimamente sin contratiempos.

- **Salud, bienestar y desarrollo**

Se debe tener en claro que la tecnología no es un fin, sino mas bien un medio, que finalmente proporcionará una mejora en la calidad de vida de los pobladores, otorgándoles salud, bienestar y desarrollo.

### 1.2.2 Medio Específico

- **Tecnología Rural**

Que un proyecto sea aplicado a una zona rural no significa que la tecnología no sea de vanguardia o que el sistema no se expandirá a futuro, se debe tener en claro que ésta es la primera etapa de un proyecto que tiene aspiraciones de crecimiento a mediano y largo plazo y por tanto, la tecnología debe permitirlo.

- **Minsa (Ministerio de Salud)**

Las entidades nacionales relacionadas con el proyecto deben tener conocimiento del mismo, una mala comunicación puede concluir en dobles esfuerzos o una mala organización en el desarrollo de futuros proyectos.

- **Usuarios rurales**

Una de las características de las zonas rurales, es la falta de información y desconocimiento que gobierna a sus habitantes en cuanto a tecnología se refiere, estas personas no están acostumbradas a utilizar medios tecnológicos para el desarrollo de sus actividades, por ende, es importante que el proyecto esté acompañado por un adecuado programa de capacitación.

- **Proveedores**

Uno de los problemas de operar una red de comunicaciones en zonas rurales, es la dificultad de obtener los repuestos o nuevos equipos, ya que en su mayoría son importados o no se tiene la facilidad de adquisición que se tendría en una zona urbana.

### 1.2.3 Medio Organizacional

- **Infraestructura**

Muchas veces la tecnología en combinación con un mal diseño, genera un manejo deficiente y por tanto una disminución en la calidad del servicio.

- **Dirección Regional de Salud**

Es la encargada de la Administración de los Servicios de Salud en la Región, en ese sentido, es la entidad que brinda las pautas para los procedimientos en las prácticas de la salud rural, cualquier tipo de diseño debe tener como finalidad ajustarse a este eje y posibilitar su expansión.

- **Recurso Humano**

El personal que operará la red deberá estar debidamente capacitado para poder responder ante cualquier eventualidad, una de las principales causas por las cuales los proyectos fracasan es la mala capacitación y entrenamiento que se brinda a los usuarios finales.

- **Recurso Financiero**

Actualmente, hay una débil iniciativa por parte del Estado y entidades privadas en el desarrollo de proyectos que contemplen Sistemas de Comunicaciones para el Sector rural y uno de los principales motivos es la falta de apoyo por parte del Estado, que en lugar de promover la inversión extranjera, se conforma con la planificación y ejecución de proyectos a baja escala.

### 1.3 Variables Internas

Este tipo de variables afectan y determinan directamente la realidad en la que se encuentran los sistemas de comunicación en zonas rurales, la región de Madre de Dios es una de ellas. En el anexo 1.2 se muestra un cuadro que resume cuales son dichas variables. A continuación se mencionan las principales:

- **Brecha geográfica y social**

Variables que afectan directamente la atención integral de la salud y lo determina la existencia de un gran espacio geográfico y la dispersión demográfica, que finalmente se manifiesta con la inequidad en la prestación de los servicios de salud.

- **Concentración de los servicios de telecomunicaciones en zonas urbanas**

Las zonas más pobres no tienen conocimiento de los adelantos tecnológicos existentes en la actualidad, ni las ventajas que éstos pueden traerles. Una herramienta tan sencilla podría abrirles un mundo de oportunidades.

- **Ausencia de energía eléctrica**

La cual es indispensable para el funcionamiento de cualquier equipo de comunicación, la mayoría de la región no cuenta con energía eléctrica. Así mismo, no poseen medios alternativos de generación de bajo coste.

- **Ineficiente flujo de la información**

Uso frecuente de los radiogramas (cartas habladas), además de la recolección periódica de la información por medios motores, que generan un malgasto de recursos y un retraso en el procesamiento de la información.

- **Carencia de Infraestructura de telecomunicaciones**

Actualmente las zonas rurales suelen comunicarse por medio de equipos de radio VHF, los cuales tienen una serie de limitaciones en cuanto a capacidad de transmisión, además de ser equipos de gran antigüedad y encontrarse en mal Estado.

#### 1.4 Declaración del Marco problemático

Son múltiples los problemas que se plantean desde el contexto de la aplicación de las TIC (Tecnología de Información y Comunicación) en distintos sectores, como por ejemplo la telemedicina. Particularmente, cuando se trata de abordar problemas de índole social y cultural, el Sector Salud normalmente es el más afectado, surgiendo así la necesidad de formular proyectos de gran alcance para la solución de dichos problemas. En la actualidad, no existe una base de conocimiento sólida que permita desarrollar proyectos con soporte en el contexto tecnológico adecuado y acorde al desarrollo que se ha dado en este campo del conocimiento.

Por otro lado, dada la problemática que afronta la sociedad peruana en el Sector Salud, por la falta de servicios médico-asistenciales y médico-hospitalarios, surge la necesidad de realizar un estudio y análisis del contexto mundial de la telemedicina, con el objeto de sostener, bajo el conocimiento universal, las soluciones planteadas para soportar la demanda de atención en el sector menos favorecido: “las zonas rurales” y de esta manera ampliar la cobertura de servicios y permitir el acceso de ese sector a todos los estratos socioeconómicos.

Para el caso específico de la región de Madre de Dios, los servicios de salud se dan a lugar por medio de los Establecimientos de Salud, donde toda la información que es recopilada periódicamente se procesa en la Dirección Regional de Salud (DISA). Así mismo, los establecimientos de salud rural se agrupan en dos categorías: Centros y Puestos de Salud.

- **Centros de Salud**

Establecimientos de mayor jerarquía, que se encuentran situados en capitales de provincia o distrito. Un Centro de Salud es la sede de referencia de varios Puestos de Salud con los que coordina actividades (distribución de medicamentos, intercambio de informes administrativos y epidemiológicos, etc.). Siempre es dirigido por médicos, tiene laboratorio, algunos permiten hospitalización y poseen cierta infraestructura y equipamiento médico para realizar pruebas diagnósticas.

- **Puestos de Salud**

Dependientes de los Centros de Salud. Situados en poblados sin línea telefónica y mal dotadas de infraestructura de carreteras. La comunicación e intercambio de información entre éstos puede llevar horas e incluso días.

La necesidad de comunicación es especialmente importante en estas zonas rurales en caso de un brote epidémico, algún desastre natural, reportes del sistema de información sanitaria y recepción de medicamentos. Muchos de estos Puestos están dirigidos por técnicos sanitarios con escasa formación que necesitan comunicación habitual con su médico de referencia para realizar consultas (Figura 1.1).

Fig. 1.1 CENTROS Y PUESTOS DE SALUD



Centro de Salud de la provincia de Moyobamba,  
Dpto. de San Martín, Perú.



Puesto de Salud aislado de la provincia de  
Morropón, Dpto. de Piura, en Perú.

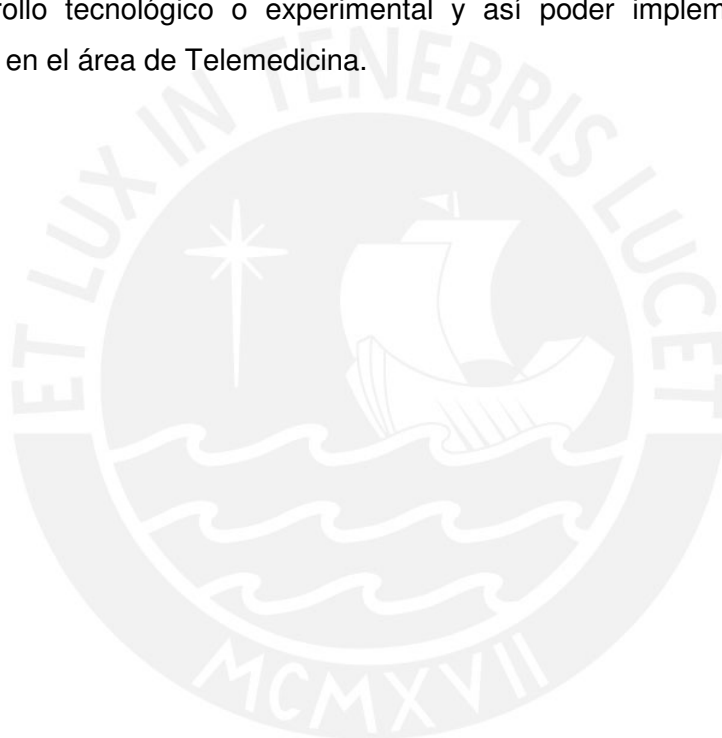
Fuente: Ehas Perú

El presupuesto precario de los establecimientos de salud rurales, no permite que los costes de operación de un sistema de comunicación sean elevados; la mayoría de las comunicaciones son locales; muchos de los Puestos de Salud, normalmente los más alejados, están dirigidos por técnicos sanitarios quienes deben estar comunicados con los médicos del Centro de Salud para realizar consultas y recibir consejos; el volumen de información que un Puesto de Salud ha de reportar a su Centro de referencia es muy alto, lo que obliga a viajar más de una vez por semana dejando desatendido el establecimiento.

Con una red de interconexión se garantiza que las futuras soluciones planteadas podrán apuntar a resolver problemas como:

- El desarrollo social: ya que la salud es uno de los mayores factores de incidencia en el desarrollo humano.
- El costo de inversión en los servicios médicos de consulta o de diagnóstico son elevados y además el tiempo requerido en la integración de especialistas, alrededor de la solución a problemas específicos, es lenta y muchas veces se requiere de largos tiempos para la toma de decisiones. Problemas que podrían ser solucionados mediante la integración de los servicios a través de la **teleconsulta** y el **telediagnóstico**.

- Actualmente, no se promueven estudios similares, a pesar de que un buen porcentaje de la comunidad científica y académica peruana está informada sobre la situación actual del desarrollo tecnológico y sus correspondientes aplicaciones en telemedicina.
- La socialización del conocimiento alrededor de las tecnologías aplicadas al desarrollo de la medicina, es uno de los valores que lleva al éxito de soluciones efectivas, por tal motivo es necesario desarrollar un plan de alfabetización en el Sector Salud y en el Sector Gubernamental y Académico.
- El país necesita estrategias de investigación en Telemedicina para formular trabajos de investigación y desarrollo, los cuales permitan dar el paso a soluciones verdaderas sobre desarrollo tecnológico o experimental y así poder implementar centros de investigación en el área de Telemedicina.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 El Estado del Arte

#### 2.1.1 Presentación del asunto de estudio

##### 2.1.1.1 Las Tecnologías de la Información y Comunicación y su importancia para el desarrollo

Las tecnologías de la información y comunicación – TIC, constituyen en el siglo XXI el eje central de construcción de la nueva economía mundial basada en el conocimiento. Estas tecnologías son el punto de partida de una nueva forma de organización y de producción a escala mundial, redefiniendo la manera en que los países se insertan en el sistema económico y social, teniendo en cuenta que la economía moderna depende cada vez más del conocimiento.

En el documento “Ideas para repensar la conectividad en áreas rurales” redactado por el bibliotecólogo Miguel Saravia, dice: “Las tecnologías de información y comunicación -TIC-, nos han abierto un nuevo escenario de trabajo, donde lo local y lo global se combinan y ahora que hablamos de acceso comunitario a las telecomunicaciones, este punto es de suma relevancia”.

El paradigma sobre el que se basan los actuales modelos de conectividad y acceso universal, sobre entiende que cada punto nuevo conectado a la red tiene un ámbito de influencia que puede hacer uso de las facilidades allí instaladas. Debido al costo de la infraestructura, se establecen parámetros socio-demográficos o socio-políticos para determinar dónde se instalará la infraestructura: centros poblados con más de 500 habitantes o sólo las capitales de distrito, etc.

##### 2.1.1.2 La Brecha Digital

La disminución en los precios de los equipos electrónicos, la convergencia de las telecomunicaciones con la informática, los medios de comunicación, el desarrollo de Internet, sumada a las políticas públicas que fomentan la competencia y la

inversión privada, han aumentado las posibilidades para brindar un acceso más generalizado a los servicios de comunicación. Sin embargo, aunque algunos países y regiones tienen acceso creciente a estos servicios, otros países y regiones se encuentran marginados de las perspectivas de crecimiento y desarrollo, debido a la falta de acceso.

Heather E. Hudson, Ph.D manifiesta en su trabajo “Solución al problema de la conectividad hacia los beneficios digitales en el mundo en desarrollo”, que el desafío de expandir la red de telecomunicaciones en países en desarrollo para llegar a toda la población consiste en superar dos “brechas” independientes. Pero se trata de diferentes problemas, que requieren diferentes soluciones. Estas brechas son:

- La brecha de eficiencia de mercado.
- La brecha de acceso, propiamente dicha.

La brecha de **eficiencia de mercado** se refiere a la diferencia entre el nivel de penetración del servicio al que se puede llegar mediante los planes y condiciones actuales y el nivel que se esperaría en condiciones óptimas de mercado.

La existencia de la **brecha de acceso** obedece a que el mercado tiene limitaciones y se alcanza el “umbral de asequibilidad económica”. Más allá de este umbral, puede haber áreas o grupos a los que el servicio comercial no puede llegar, incluso en los mercados más eficientes.

Sin embargo, los recientes avances tecnológicos han creado muchas oportunidades para aumentar el acceso de las TIC, nuevas tecnologías están superando las restricciones que plantea la ubicación geográfica y han aparecido nuevas aplicaciones donde las telecomunicaciones permiten facilitar servicios y dan oportunidad a que las personas puedan hacer uso de estos beneficios aplicándolos a su ámbito de desarrollo o medio de subsistencia.

### 2.1.1.3 Uso de las TIC para el bienestar y desarrollo

Como mencionó el Dr. Jorge Villena en un análisis profundo sobre los componentes para el bienestar: “Dentro de los factores que son de suma relevancia e imprescindibles para elevar la calidad de vida de las personas, podemos resaltar que la salud, la educación y comunicación estas ligadas directamente con el bienestar y desarrollo, además, se puede hacer uso de las TIC para hacer llegar de manera más eficiente y equitativa estos servicios a los sectores más desfavorecidos”. Es a partir de lo dicho anteriormente, donde surgen distintas alianzas como por ejemplo:

La **Telesalud**, que plantea el uso de las TIC para ofrecer servicios de salud, en prevención, diagnóstico, estadísticas y tratamiento de enfermedades y dolencias, así como la educación continua tanto de profesionales de la salud como del público en general, en especial en zonas del país donde la distancia es un factor crítico.

Como menciona el programa “Enlace Hispanoamericano de Salud” EHAS, los cambios demográficos, el incremento de los costes de la sanidad, la necesidad de mejorar la calidad asistencial, la búsqueda de equidad social y la apertura de nuevos mercados, son algunos de los aspectos que hacen necesaria una nueva concepción de la asistencia sanitaria en la que fuera de toda duda, las tecnologías de la información y la telecomunicación juegan un papel importante.

También debemos mencionar los programas de **Teleducación**, que proponen un conjunto de iniciativas y proyectos que utilizan las Tecnologías de la Información y Comunicación para complementar y modernizar las metodologías y formas de enseñanza, tanto en la educación formal, educación continua, capacitación y entrenamiento. El Estado debe promover la aplicación de las TIC en los servicios educativos del país en todos sus niveles, como un medio para contribuir al desarrollo social y humano, mejorando radicalmente todos los procesos de aprendizaje y la incorporación de todos sus actores, priorizando al nivel de educación primario y las poblaciones vulnerables.

En lo que a **comercio electrónico** se refiere, el documento “Servicios de Telecomunicaciones e Información para lo Pobres” emitido por el Banco Mundial en el 2003, dice que las TIC permiten que empresas de pequeña envergadura, cooperativas y agricultores, obtengan información precisa sobre precios razonables para sus productos y que accedan a mercados regionales y nacionales. Las TIC también reducen el costo de transporte y brindan apoyo a la industria de turismo local. Al llevar los mercados a la gente en lugar de forzar a la gente a abandonar su lugar en busca de los mercados, las TIC contienen la migración urbana y generan mayores ingresos y potencial de empleo en las áreas rurales, una de las contribuciones más valiosas que pueden hacer las TIC para aliviar la pobreza.

### 2.1.2 El Estado de la Investigación

Es particularmente importante el punto de vista expresado en la “Cumbre de las Américas”, referente al Plan de Acción en relación al impacto de la infraestructura de la información en un país:

"La infraestructura de la información de un país (telecomunicaciones, tecnología de la información y radiodifusión) es un componente esencial del desarrollo político, económico, social y cultural. Las necesidades del desarrollo de la infraestructura de la información de las Américas son inmensas. Los gobiernos de las Américas se proponen satisfacer esas necesidades dedicándose a acciones múltiples, cuando sean compatibles con sus leyes respectivas, tales como: alentando la inversión del sector privado para aumentar la participación en los sectores de las telecomunicaciones y de la infraestructura de la información; promoviendo la competencia; implementando regímenes reglamentarios flexibles; estimulando la diversidad del contenido, incluyendo la diversidad cultural y lingüística; proporcionando acceso a las redes de información para los proveedores de servicios e información; y asegurando un servicio universal, de modo que todos los miembros de nuestras sociedades reciban los beneficios de la infraestructura de la información“.

### 2.1.2.1 El Banco Mundial

Según la experiencia del Grupo del Banco Mundial, el cual apoya los esfuerzos de los Países en desarrollo para acelerar el crecimiento del sector de la infraestructura de la información, los proyectos que promovían la reforma del sector de telecomunicaciones, a mediados de la década de los noventa, observaron estos principios centrándose esencialmente en el desarrollo de un marco legal y regulatorio estable, la privatización de empresas estatales y la apertura del mercado a participantes del sector privado. Esto representó de por sí un importante cambio respecto de la experiencia anterior que había tenido el Banco en el sector, en donde la mayor parte de la cartera del Banco representaba cuantiosas inversiones directas en la infraestructura de empresas estatales. Este enfoque inicial para la puesta en práctica de la política estaba dirigido a cerrar la “brecha de eficiencia de mercado” antes descrita, que puede ser un muy buen comienzo en la prestación de servicios a los pobres. Por ejemplo, tras las reformas encaradas en Perú con el respaldo del Banco, la penetración de telefonía residencial entre el 25 por ciento de la población más pobre en Lima creció del 1 por ciento de los hogares en 1995 al 21 por ciento en 1998. Sin embargo, el reciente análisis de OED/OEG (departamentos de evaluación operaciones del Banco y la CFI, respectivamente) sobre la actividad del Banco y de la CFI en este sector, desde 1993 hasta 1999, señaló que este enfoque no prestó suficiente atención explícita a una estrategia en favor de los pobres. El informe destacó que era necesario:

- Prestar mayor atención a los vínculos entre las telecomunicaciones y la informática y los planes destinados a reducir la pobreza.
- Hacer que el acceso rural/universal se constituya en uno de los pilares de la nueva estrategia de infraestructura de la información.

Si bien aún no se ha establecido un enfoque uniforme para brindar asistencia en materia de acceso universal, han surgido algunas tendencias en la cartera de proyectos del Banco Mundial que se resumen en el anexo 2.1.

### 2.1.2.2 Proyecto Enlace Hispanoamericano Aplicado a la Salud – EHAS Perú

El proyecto piloto EHAS-Perú se diseña y ejecuta en el marco del Proyecto "Enlace Hispanoamericano de Salud (EHAS): Redes y servicios de comunicación a bajo coste para médicos aislados en zonas rurales de Latinoamérica". Se quiere incidir en las condiciones de salud de los habitantes de las zonas rurales del Perú a través de las condiciones de trabajo del personal sanitario. Los objetivos concretos son la mejora de:

- El acceso a información de dicho personal.
- La infraestructura de telecomunicación de los establecimientos en que trabajan.

El trabajo tiene dos partes: la primera es la generación de servicios de valor agregado que se base en la acumulación sistemática, selección y procesamiento de información, para que sea ofrecida a los beneficiarios de forma eficiente y oportuna, a fin de satisfacer su demanda; la segunda parte es el desarrollo de soluciones técnicas al problema de transmisión de datos en las condiciones que la geografía rural impone en el Perú y dentro de las restricciones del nivel de desarrollo rural.

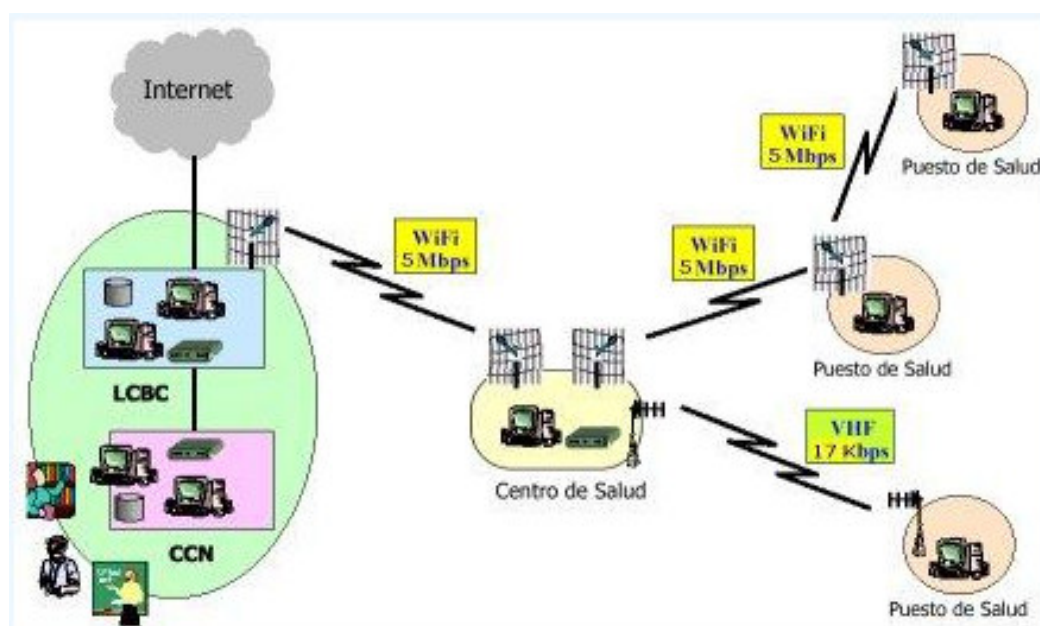
Las nuevas tecnologías desarrolladas para el diseño de redes de área local inalámbrica (protocolo IEEE 802.11) pueden ser utilizadas (bajo ciertas restricciones legales de potencia) en exteriores, si se introducen antenas externas y amplificadores adecuados. Como es conocido, estas redes ofrecen un gran ancho de banda (entre 1 y 11 Mbps) a un precio reducido.

El programa EHAS ha diseñado sistemas de voz, vídeo y correo electrónico que utilizan estas tecnologías. Estas redes permiten comunicación punto a punto pero sólo entre estaciones con perfecta línea de vista (en VHF pueden producirse alcances mayores debido a reflexiones de la señal), por lo que en selva baja no suelen lograrse alcances mayores de unos 20 Km. La ventaja es que el gran ancho de banda permite crear redes completas muy robustas, ya que cualquier estación puede tener capacidad para encaminar el tráfico para otras estaciones u

otras redes de destino, con lo que únicamente hay que asegurar el enlace uno a uno.

En la figura 2.1 se muestra un ejemplo de una red de interconexión inalámbrica entre establecimientos de salud utilizando WI-FI y VHF:

Fig. 2.1 RED WI-FI EHAS



Fuente: EHAS Perú

### 2.1.2.3 BARWN

El grupo de investigaciones de redes inalámbricas en zonas de bahía (Bay Area Research Wireless Network) cree que los consumidores de todo tipo de áreas, incluyendo aquellas de bajos ingresos o ubicadas en zonas rurales, deben tener acceso a los servicios de telecomunicación e información, incluyendo el intercambio de otros servicios avanzados de comunicaciones, que son razonablemente comparables a aquellos servicios brindados en zonas urbanas y que son capaces de soportar grandes flujos de información.

Dentro de sus principales objetivos figuran:

- Desarrollo y documentación de proyectos en redes inalámbricas de largo alcance y bajo costo.
- Proveer un “Back-Bone” para enlazar distintas comunidades y grupos.

Su primer proyecto fue: **La Caja BARWN** (como se muestra en la figura 2.2), que responde a la necesidad de la utilización de arquitecturas abiertas (tanto de hardware y software), además de utilizar radio/routers que se pueden implementar y mantener a muy bajo costo. Otras características del proyecto son:

- Un costo por caja (equipos e instalación) menor a \$1000 por punto de comunicación.
- Bajos requerimientos de potencia, por lo que pueden implementarse en zonas remotas con limitada alimentación (por ejemplo energía solar).
- Uso de tarjetas inalámbricas independientes 802.11 y software libre (FreeBSD).

Sus futuros proyectos están orientados a redes de interconexión aplicando correctas políticas de uso, brindando anchos de banda simétricos para promover la publicidad en las redes y redes públicas seguras con gran ancho de banda.

Fig. 2.2 LA CAJA BARWN



### 2.1.3 WLAN como solución para cerrar la “brecha de acceso”

El impacto de la Sociedad de la Información y del Conocimiento en la economía probablemente varíe sustancialmente de un sector a otro; sectores ricos en información son testigos de la emergencia de nuevos modelos de negocio y de comportamientos competitivos más fuertes; sin embargo, en sectores industriales tradicionales, el impacto será más gradual.

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, incluyendo el Internet y los teléfonos celulares entre otros, están transformando rápidamente los aspectos fundamentales de la información. Sin embargo, gran parte de la población rural no tiene acceso a las TIC, creándose de hecho un desequilibrio en cuanto a oportunidades de desarrollo: la así llamada “**brecha de acceso**”. La tecnología por sí misma no es probablemente “la solución” a los problemas de sub-desarrollo, pero existen métodos y medios de comunicación que hoy están todavía al alcance de la población rural que pueden ser utilizados en conjunto con las TIC y al ser apropiados pueden contribuir a cerrar esta brecha y facilitar flujos de comunicación. En este momento la tecnología WI-FI aparece como la mejor solución para la interconexión de comunidades rurales, por ser apropiada en función y topología, genérica, muy económica y en general muy confiable.

## 2.2 Modelo Teórico

Para que las TIC puedan tener el impacto debido en la comunidad, se debe interrelacionar el concepto de tecnologías de la información aplicadas a sectores que pertenezcan al eje de desarrollo y bienestar de las personas, podemos afirmar que los componentes para el bienestar del ser humano son:

- Salud
- Nutrición
- Educación
- Vivienda
- Vestido
- Trabajo

- Remuneración
- Ahorro
- Distracción
- Transportes
- Seguridad social
- Libertades

Es claro que la salud se encuentra en un primer plano, para ello se plantea que los sistemas de información (TIC) estén orientados al Sector Salud, ya sea para la práctica de telemedicina, labores de atención a la salud y al área administrativa. Con una base propuesta, el paso siguiente será la interconexión de los diferentes Centros y Puestos de Salud de la región. El sistema basado en salud, servirá como un medio para contribuir al desarrollo social y humano, mejorando el acceso a los servicios de salud y a la calidad de atención, priorizando la atención materno-infantil y de poblaciones vulnerables.

### 2.2.1 Estrategia para un plan integral

Según lo expuesto anteriormente, hay una diversidad de factores que contribuyen fuertemente en el bienestar y desarrollo de las personas. Si nos enfocáramos solamente en uno de estos aspectos, puede que no se obtengan los resultados deseados. Nos encontraríamos con una falta de argumentos y herramientas, que nos obligaría a retomar y reforzar el plan de Telesalud, destinando el proyecto al fracaso.

Debido a que la labor de desarrollo es un proceso complejo, se necesita del apoyo y la asistencia de otros componentes, ajenos al de salud, para poder obtener un plan robusto que pueda garantizar la **sostenibilidad** del mismo. Dentro de estos campos, podemos decir que la **educación y el comercio** son dos componentes de gran valor, que además de complementar íntegramente el plan de desarrollo de la comunidad, garantizarán la sostenibilidad de los servicios y contribuirán con el desarrollo social y humano, promoviendo la cultura de competitividad en el marco del proceso de construcción de la Sociedad de la Información

En base a lo dicho anteriormente, se debe construir una plataforma de conectividad que junto a programas rurales de Teleducación, Telesalud, y Comercio Electrónico, permitirá

que la zona rural se convierta en una comunidad moderna, competitiva y equitativa, para responder a las amplias necesidades de desarrollo de su población y siempre teniendo como principio que la tecnología es un medio, más no un fin.

En esta misma tónica el plan de Telesalud debe plantear el uso de las TIC para ofrecer servicios de salud, en prevención, diagnóstico, estadísticas y tratamiento de enfermedades y dolencias, así como la educación continua tanto de profesionales de la salud como del público en general, en estas zonas del país donde la distancia es un factor crítico.

Hasta ahora hemos visto diferentes componentes de lo que llamamos un sistema integral de desarrollo con bases en telesalud, componentes que se van integrando en distintas etapas, dichas etapas son consideradas como ejes de desarrollo y se describen a continuación:

- **Prestación de servicios de salud**

En este eje se desarrollarán las aplicaciones de la Telesalud en la atención integral de pacientes en las diferentes Redes de Servicios de Salud, dentro del marco del Sistema Nacional Coordinado y Descentralizado de Salud y el Modelo de Atención Integral de Salud.

- **Información, educación y comunicación a la población y al personal de salud**

En este eje se desarrollarán las aplicaciones de la Telesalud en lo que respecta a la información, educación y comunicación en el campo de la salud, dirigida tanto a la población usuaria de los servicios de salud como al personal de salud proveedores de estos servicios.

- **Gestión de servicios de Salud**

En este eje de desarrollo, la Telesalud permitirá modernizar los procesos de gestión de Servicios de Salud, sustentadas en opciones telemáticas.

- **Integración de la Educación y Comercio**

Los mencionados ejes se desarrollarán en una etapa posterior a las expuestas anteriormente y por ello en un principio se deben tener las consideraciones necesarias para que sea factible.

Esto se refleja netamente en la elección de los puntos de concentración de la tecnología, es decir, la elección de la ruta de cobertura de la red teniendo en cuenta los focos económicos de la región.

Así mismo, para el sector Educacional se debe considerar las áreas de mayor densidad demográfica, de manera que los programas educacionales y fuentes de información tengan el mayor impacto posible beneficiando a la mayoría de los pobladores.

Todas estas consideraciones fueron analizadas y desarrolladas en la tesis: “Análisis y Diagnóstico de los Sistemas de Comunicación entre Establecimientos de Salud aplicado a la Región de Madre de Dios”, donde finalmente se obtienen las pautas para el desarrollo de la presente investigación, el siguiente punto a tratar será la descripción de la tecnología que hará esto posible.

## 2.2.2 Tecnología Inalámbrica

### 2.2.2.1 Forma de trabajo de la red WLAN a largas distancias

Las redes LAN inalámbricas tienen como objetivo primordial el de brindar una alternativa de conexión para redes distantes como para usuarios finales. En este caso se desarrollará la interconexión de redes de área local que se encuentran en lugares físicos distintos. Una WLAN utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) para enlazar los equipos conectados a la red, transmitiendo información de un punto a otro por medio de la interfaz aire, para lo cual realiza una modulación con una portadora de radio. El proceso de modulación origina que la señal de información ocupe un ancho de banda mayor que la sola frecuencia. El objetivo del transmisor es llevar hacia el otro extremo la onda modulada para que

el receptor pueda demodular la señal y así leer los datos transmitidos. Debido a que el mismo espacio debe ser compartido por múltiples portadoras al mismo tiempo, es muy importante que las ondas de radio sean transmitidas a diferentes frecuencias. El receptor, para poder recibir los datos transmitidos, debe establecerse sobre una frecuencia de radio específica, de esta forma se rechaza cualquier otra frecuencia que no haya sido sintonizada por éste.

Las redes LAN inalámbricas hacen uso de un equipo Transmisor – Receptor denominado punto de acceso, el cual al ir conectado a la parte cableada realiza la función de puente (bridge), recibiendo, almacenando y transmitiendo la información entre la infraestructura cableada y la red inalámbrica. Cuando se quiere alargar el área de cobertura de la red, se utilizan estaciones repetidoras, torres y antenas con una ganancia determinada por la distancia a cubrir y las pérdidas debidas al medio geográfico.

### 2.2.2.2 Topología de la Red

La manera como se pueden enlazar y conectar las estaciones es conocida como la topología de la red, existen 2 tipos de topologías: **Independiente e Infraestructura.**

La primera (mas conocida como Ad – Hoc) es de configuración sencilla y sólo es necesario terminales móviles equipados con los adaptadores para comunicación inalámbrica para enlazar uno a uno los terminales.

La segunda, hace uso de estaciones base o puntos de acceso para extender la cobertura de las redes cableadas y es la más apropiada a utilizar, ya que se ajusta a las necesidades de la presente investigación.

### 2.2.2.3 Espectro Ensanchado para Redes Inalámbricas

La tecnología espectro ensanchado, utiliza todo el ancho de banda disponible en lugar de utilizar una portadora para concentrar la energía a su alrededor. Con esta tecnología y con la aparición de nuevas técnicas de modulación, se llega en la actualidad a velocidades de transmisión de 54 Mbps.

El tipo de tecnología de espectro ensanchado que utiliza el estándar IEEE 802.11b se llama espectro ensanchado por secuencia directa, que se basa en el empleo de un código de secuencia de alta velocidad al transmitir la información para modular su portadora de radiofrecuencia. Al transmitir las señales de información, se genera un patrón de bits redundante para cada uno de los bits que componen la señal y únicamente los receptores a los que el emisor haya enviado previamente la secuencia podrán recomponer la señal original.

#### 2.2.2.4 El Estándar IEEE 802.11b

Es el estándar dominante de WLAN (conocido también como Wi-Fi), que soporta velocidades desde 1 hasta 11 Mbps (teóricamente) en la banda de 2.4 Ghz. Posee 3 canales sin overlapping, utiliza la tecnología DSS (espectro ensanchado en secuencia directa) y es el único actualmente que posee la certificación Wi-Fi.

El estándar IEEE 802.11 especifica como secuencia de codificación para transmitir datos de manera inalámbrica a 1Mbps a la secuencia Barker (11bits), donde cada secuencia de 11 bits representa un solo bit (1 o 0) y es convertido a una sola forma de onda o símbolo usando la modulación DBPSK. Al aumentar la velocidad de transmisión en el estándar IEEE 802.11b, se mejoran las técnicas de codificación empleadas y se especifica Complementary Code Keying (CCK) que consiste de un grupo de 64 códigos de 8 bits por palabra. Cada grupo tiene una única propiedad matemática que permite distinguirse correctamente de otras secuencias, incluso en la presencia de ruido sustancial e interferencia multicamino.

Para disminuir la atenuación y problemas por ambientes ruidosos, así como para apoyar el rango extendido, la IEEE 802.11b usa Dynamic Rate Shifting, permitiendo que la velocidad de transmisión pueda ser ajustada automáticamente para compensar los cambios de la naturaleza.

Para el proyecto se utilizará la tecnología Espectro Ensanchado basado en la norma IEEE 802.11b por ser una solución robusta, actualmente probada en proyectos similares de comunicación rural dando óptimos resultados, además de ser la tecnología que tiene actualmente la certificación Wi-Fi.

### 3. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Antes de realizar los diseños de radioenlace para proveer de interconexión a los Establecimientos de Salud de la Red Madre de Dios tramo Puerto Maldonado – Iñapari, debemos mencionar ciertas características y condiciones que se encontraron durante el estudio de factibilidad y que fueron fundamentales para la realización del mismo:

1. Para realizar los diseños de radio enlace se ha hecho uso del plano cartográfico correspondiente al departamento de Madre de Dios, obtenido del Instituto Geográfico Nacional. El objetivo del uso de estos planos, fue de obtener la localización de los Centros de Salud a interconectar y tomar la altura sobre el nivel del mar de cada punto elegido. La toma de estos datos servirán para determinar la visibilidad de las rutas consideradas.
2. Uno de los pasos fundamentales es ubicar en el plano las rutas de enlace que satisfagan ciertos requerimientos:
  - Las estaciones terminales a enlazar, estarán conformadas por Establecimientos de Salud que estén ubicados en la ruta Puerto Maldonado – Iñapari y que sean cabeceras de Micro-red dentro de la Red de Salud Madre de Dios, estos establecimientos son los encargados de recopilar mensualmente la información de su Micro-red para reportarla a la DISA. Con este criterio se determinó que los establecimientos a enlazar son:
    - Dirección Regional de Salud (Puerto Maldonado)
    - Centro de Salud Planchon
    - Centro de Salud Mavila
    - Centro de Salud Alerta
    - Hospital San Martín (Iberia)
    - Centro de Salud Iñapari

Hay que recalcar que esta ruta presenta altas tasas de concentración demográfica y un alto grado de demanda de los servicios de salud por parte de los Centros y Puestos de Salud.

Además, podemos resaltar el alto nivel de potencial de desarrollo que la zona presenta, ya que se desarrollan actividades de ganadería, agricultura, pesca y minería, entre otros. Vale mencionar, el grado de importancia que tendrá en un futuro no muy lejano, ya que se construirá un tramo de la carretera Interoceánica, la cual brindará un sin fin de oportunidades para la zona y en donde los servicios de telecomunicación jugará un rol importante para el desarrollo y bienestar de la Región de Madre de Dios y del Perú.

- Los establecimientos tienen que tener ubicación accesible, ya sea por carretera o por río.
  - Debe existir buena línea de vista (LoS) entre las estaciones. Este requisito ha sido impuesto por experiencias documentadas en comunicaciones rurales donde se utilizaron enlaces a 2.4Ghz. Debido a que los establecimientos de salud no cumplían con este requisito, se vio en la obligación de la inclusión de estaciones repetidoras en el enlace, de preferencia en las cercanías de algún centro poblado o lugares de fácil acceso. Las estaciones repetidoras que conformarán la red son:
    - Repetidora 1 (centro poblado Loboyoc)
    - Repetidora 2
    - Repetidora 3
    - Repetidora 4 (centro poblado San Lorenzo)
    - Repetidora 5
  - Los enlaces no deberán ser mayores a 40 Km, es por este motivo no se considerarán los efectos de atenuación de la señal por la curvatura de la tierra. (considerable en enlaces mayores de 40 Km.)
  - Se tendrán enlaces con diversidad de espacio para saltos con más de 20 Km. de distancia.
3. Un factor a tomar en cuenta es el valor máximo de potencia de transmisión permisible, que está regulado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTC). Por

ello cuando la distancia de separación de los puntos a conectar es extensa, existe la necesidad del uso de por lo menos 1 repetidor.

4. Para la elaboración del proyecto, se ha hecho uso de conceptos involucrados en conectividad de radioenlaces como la visibilidad directa, el cálculo de altura de torres, y zonas de Fresnel. Estos factores determinarán si la ruta elegida será realmente efectiva.

Se denomina zona de Fresnel al área (de forma elíptica) que sirve de propagación a una señal de radio. Esta zona se extiende por encima y por debajo de la línea recta entre el emisor y el receptor y para que se considere útil se debe de mantener alrededor del 60% de esa zona totalmente libre de obstáculos (Figura 3.1).

El valor de Clearance es calculado sobre la base del radio de la primera zona de Fresnel, y para ello se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$r = \sqrt{\frac{\lambda x D1 x D2 x 1000}{D}}$$

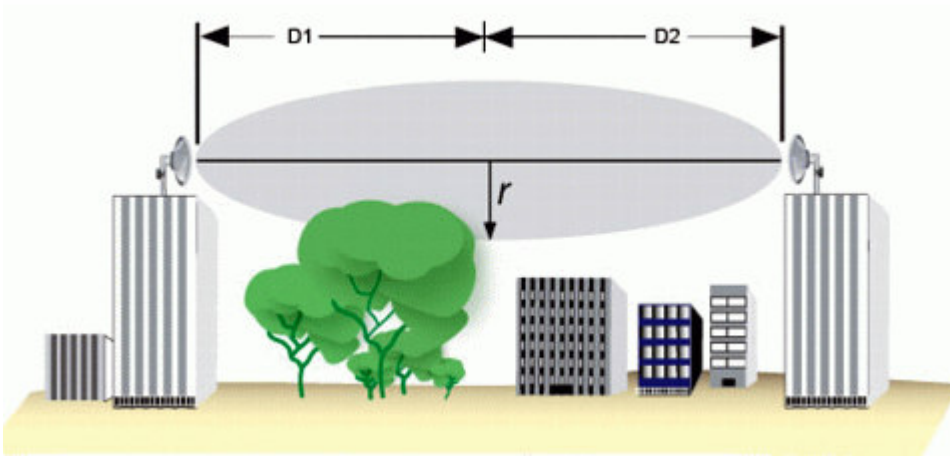
$$C_t = 0.6x \sqrt{\frac{\lambda x D1 x D2 x 1000}{D}} + \frac{D1 x D2}{39}$$

Donde:

- **r** : radio de la primera zona de Fresnel
- **C<sub>T</sub>** : valor teórico de Clearance
- **D1** : Distancia al punto más próximo a la línea de vista
- **D2** : Complemento de D1

El Clearance requerido se calcula para asegurar la propagación en el espacio libre, todos los obstáculos potenciales deben estar por arriba de un valor específico. Se debe asegurar que la claridad real o Clearance sea mayor a 0.6 del radio de la 1ra zona de Fresnel.

Fig. 3.1 ZONA DE FRESNEL



5. El cálculo de flujos de información para Telesalud se hizo en base a experiencias pasadas en diferentes partes del mundo, que concluye en todos los casos que los volúmenes manejados son los apropiados.

## 4. INGENIERÍA DEL PROYECTO

En el presente capítulo se realizará el diseño de la red de microondas basado en la norma 802.11b, que satisfaga la demanda de tráfico en el departamento de Madre de Dios. De acuerdo a las necesidades de la región, se plantea una red de microondas que utiliza 11 estaciones para interconectar 6 Centros de Salud ubicados en la ruta Puerto Maldonado - Iñapari. Se utilizará la banda de 2.4 Ghz; se debe tomar una banda de frecuencia baja debido a que éstas son más inmunes al desvanecimiento por cambios en el medio ambiente de esta zona. La capacidad de la red será de 11Mbps aunque esta velocidad no es la velocidad de transmisión real ya que incluye señalización para la transmisión, resultando ser la velocidad real alrededor de los 5 Mbps o menos, eso dependerá de cuan congestionada se encuentre la red además de otros factores que se detallarán más adelante.

### 4.1 Plan de enrutamiento

De acuerdo a la configuración de la red, las rutas de los radio-enlaces pueden clasificarse de la siguiente forma:

<b>TRAMO</b>	<b>DISTANCIAS</b>
- Puerto Maldonado (DISA) – Rep1 Loboyoc	19.91 Km.
- Rep1 Loboyoc – C.S. Planchon	26.68 Km.
- C.S. Planchon – Rep2	16.64 Km.
- Rep2 – C.S. Mavila	15.53 Km.
- C.S. Mavila – Rep3	15.94 Km.
- Rep3 – C.S. Alerta	24.85 Km.
- C.S. Alerta – Rep4 San Lorenzo	20.69 Km.
- Rep4 San Lorenzo - Iberia HSM	17.43 Km.
- Iberia HSM – Rep5	23.29 Km.
- Rep5 – C.S. Iñapari	26.07 Km.
<b>TOTAL</b>	<b>207 Km.</b>

Con el objeto de mantener una alta calidad en la transmisión, se adopta sistemas con diversidad de espacio de acuerdo a su necesidad. En la configuración de la red se consideran 11 estaciones:

- 6 Estaciones terminales
- 5 Estaciones repetidoras
- 5 Enlaces con diversidad

#### 4.2 Orientación de las estaciones

La orientación de cada una de las estaciones con respecto a las estaciones adyacentes, así como la ubicación de torres y equipos, se indica con el azimut, es decir el ángulo con respecto al norte real en cada punto. La ubicación y altura de las estaciones son el resultado del estudio de las cartas topográficas (cuadro 4.1), haciendo posible la determinación de la ruta y el trazo de los perfiles del terreno.

En la figura 4.1 se muestra el mapa con la ubicación de las estaciones y más adelante se mostrarán los perfiles para cada uno de los enlaces.

Para que la potencia emitida por la antena, pueda llegar hasta la antena receptora con suficiente confiabilidad, es indispensable que exista suficiente luz (línea de vista) con respecto a los obstáculos. Según la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) al diseñar un enlace microondas se debe asegurar como mínimo el 60% de la 1ra zona de Fresnel, lo cual se asevera con la siguiente formula:

$$C_R > 0.6 \times r$$

Donde:

- $r$  : radio de la primera zona de Fresnel
- $C_R$  : valor real de Clearance

Fig. 4.1 UBICACIÓN DE ESTACIONES EN LA RUTA PUERTO MALDONADO - IÑAPARI



LEYENDA	
	CARRETERA AFIRMADA
	ESTACION TERMINAL
	ESTACION REPETIDORA

CUADRO 4.1

UBICACIÓN DE LAS TORRES Y DIRECCIÓN DE LAS ANTENAS EN CADA ENLACE			
<b>ENLACE PUERTO MALDONADO(DISA) - REP1.LOBOYOC</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
PUERTO MALDONADO(DISA)	69° 11' 18.6"	12° 36' 08.4"	19.4°
REP1.LOBOYOC	69° 08' 00"	12° 26' 00"	
<b>ENLACE REP1.LOBOYOC - C.S.PLANCHON</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
REP1.LOBOYOC	69° 08' 00"	12° 26' 00"	347.3°
C.S.PLANCHON	69° 11' 00"	12° 13' 00"	
<b>ENLACE C.S.PLANCHON - REP2</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
C.S.PLANCHON	69° 11' 00"	12° 13' 00"	11.9°
REP2	69° 09' 06"	12° 04' 12.4"	
<b>ENLACE REP2 - C.S.MAVILA</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
REP2	69° 09' 06"	12° 04' 12.4"	11.9°
C.S.MAVILA	69° 07' 20"	11° 56' 00"	
<b>ENLACE C.S.MAVILA - REP3</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
C.S.MAVILA	69° 07' 20"	11° 56' 00"	338.1°
REP3	69° 10' 36.4"	11° 48' 0.8"	
<b>ENLACE REP3 - C.S.ALERTA</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
REP3	69° 10' 36.4"	11° 48' 0.8"	338.1°
C.S.ALERTA	69° 15' 42.8"	11° 35' 33.7"	
<b>ENLACE C.S.ALERTA - REP4.SAN LORENZO</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
C.S.ALERTA	69° 15' 42.8"	11° 35' 33.7"	338.1°
REP4.SAN LORENZO	69° 19' 57.8"	11° 25' 11.7"	
<b>ENLACE REP4.SAN LORENZO - C.S.IBERIA</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
REP4.SAN LORENZO	69° 19' 57.8"	11° 25' 11.7"	277.3°
C.S.IBERIA	69° 29' 30"	11° 24' 00"	
<b>ENLACE C.S.IBERIA - REP5</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
C.S.IBERIA	69° 29' 30"	11° 24' 00"	342.6°
REP5	69° 33' 20"	11° 12' 00"	
<b>ENLACE REP5 - C.S.IÑAPARI</b>			
Estación	L.O.	L.S.	AZIMUT
REP5	69° 33' 20"	11° 12' 00"	355.3°
C.S.IÑAPARI	69° 34' 30"	10° 57' 58"	

Para los cálculos de radiopropagación de los enlaces, el esbozo del perfil del terreno y la verificación de los niveles de potencia de recepción se utilizó el software **Radio Mobile**

versión 5.3.2, este software ha sido empleado para diferentes proyectos realizados en la PUCP ya sea en zonas urbanas o rurales, resultando ser una herramienta muy útil y práctica caracterizándose por su confiabilidad y certeza en sus resultados. Para eso definiremos los valores de algunos parámetros que se utilizarán en el diseño.

### 4.3 Cálculo de ganancias y pérdidas de potencia de los enlaces inalámbricos

Una vez definida las rutas de los radioenlaces, se debe corroborar que las potencias recibidas como transmitidas de los equipos que conforman los radioenlaces se encuentren en los rangos permitidos por sus especificaciones de funcionamiento, para que puedan operar correctamente.

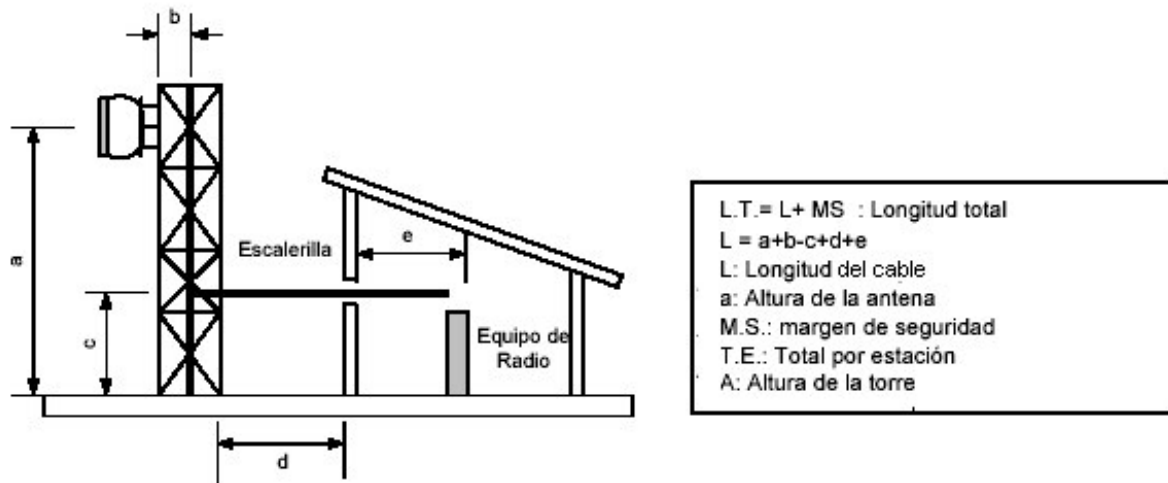
#### 4.3.1 Cálculo de la ganancia de antena

Primero se hallará a cuánto ascienden las pérdidas debido al recorrido de la señal en el tramo del cable en la línea de transmisión. Estas pérdidas están especificadas por el fabricante dependiendo el tipo de cable que se utilice. Como se verá mas adelante se seleccionó un cable coaxial Heliax de la marca Andrew cuya atenuación producida a la frecuencia de 2.4 Ghz llega al valor de 0.125 dB/m.

En el figura 4.2 se muestra el criterio que se utilizó para establecer la longitud del cable para los diferentes enlaces y las pérdidas que se producen. Las alturas de las torres se determinaron de manera que **se asegure el 70% de la 1ra zona de Fresnel** para todos los enlaces.

En el cuadro 4.2 se detalla el cálculo de longitud de cable coaxial para todas las estaciones.

Fig. 4.2 RECORRIDO DE CABLE COAXIAL



CUADRO 4.2  
CÁLCULO DE LONGITUD DE CABLE COAXIAL PARA LAS ESTACIONES

ESTACIÓN	ALTURA TORRE (m)	a	b	c	d	e	L	M.S.	T.E	FACTOR DE ATENUACIÓN	ATENUACIÓN
Puerto Maldonado (DISA)	35	35	1	2	5	3	46	4	50	0.125 dB/m	6.25 dB
Rep1.Loboyoc	40	40	1	2	5	3	51	4	55	0.125 dB/m	6.87 dB
C.S. Planchon	40	40	1	2	5	3	51	4	55	0.125 dB/m	6.87 dB
Rep2	45	45	1	2	5	3	56	4	60	0.125 dB/m	7.5 dB
C.S. Mavila	60	60	1	2	5	3	71	4	75	0.125 dB/m	9.3 dB
Rep3	30	30	1	2	5	3	41	4	45	0.125 dB/m	5.62 dB
C.S. Alerta	25	25	1	2	5	3	36	4	40	0.125 dB/m	5 dB
Rep4.San Lorenzo	30	30	1	2	5	3	41	4	45	0.125 dB/m	5.62 dB
Iberia HSM	40	40	1	2	5	3	51	4	55	0.125 dB/m	6.87 dB
Rep5	40	40	1	2	5	3	51	4	55	0.125 dB/m	6.87 dB
C.S. Iñapari	60	60	1	2	5	3	71	4	75	0.125 dB/m	9.3 dB

Al momento de calcular la ganancia de las antenas, se debe cumplir con el valor máximo de potencia de radioenlaces en espacio abierto especificado por el MTC, este valor es la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente: PIRE, cuyo valor no debe exceder los **36 dBm**. Sin embargo, por tratarse de radioenlaces en zonas rurales se puede dar la prestación de servicios de telecomunicaciones (previa concesión y autorización del Ministerio) en la

banda de 2.4 Ghz utilizando antenas direccionales de mayor ganancia que permitan superar los 36 dB de PIRE.

El PIRE es igual a:

$$\text{PIRE} = \text{Pout} - \text{At} + \text{Gtx}$$

Donde:

- Pout : Potencia de salida del equipo transmisor en dBm
- Gtx : Ganancia de la antena de transmisión en dBi
- At : Atenuación del cable de transmisión

Por lo mencionado anteriormente y como se verá mas adelante la antena direccional a utilizar tendrá una **ganancia de 24 dBi**.

#### 4.3.2 Verificación del adecuado nivel de Potencia percibido por receptores

Parte fundamental del diseño es verificar si la señal enviada llegará al receptor con el nivel necesario que permita reconocer la información transmitida y así poder procesarla; para ello el equipo receptor define el nivel de potencia que como mínimo debe recibir (sensibilidad), en nuestro caso la sensibilidad del equipo a utilizar es de **- 81 dBm**.

$$\text{Pr} = \text{Pout} - \text{At} + \text{Gtx} + \text{Grx} - \text{PI} - \text{Ar}$$

Donde:

- Pr : Potencia recibida en la entrada del receptor en dBm
- Pout : Potencia de salida del transmisor en dBm
- At, Ar : Atenuación del cable en la transmisión y recepción
- Gtx, Grx : Ganancia de las antenas

**Margen de desvanecimiento (Fm):** es la diferencia entre la potencia recibida por el equipo y la sensibilidad que éste soporta.

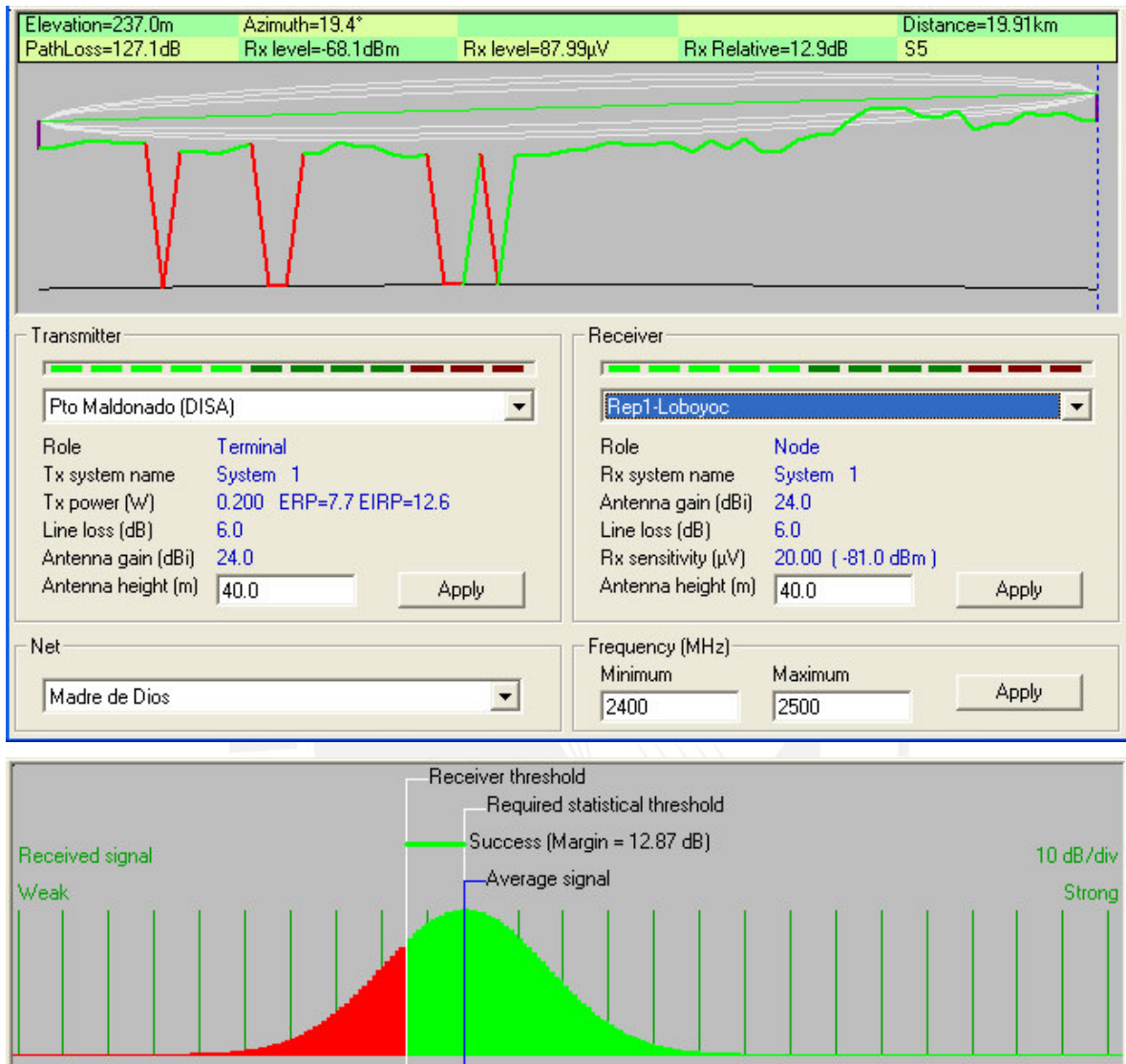
Como consecuencia del diseño se tomaron los siguientes valores de potencia y consideraciones del enlace:

- **Pout:** 200 mW / 23 dBm
- **Gtx:** 24 dBi
- **Sensibilidad :** Menor a -81 dBm (según especificaciones del equipo)
- **Pérdidas por cableado:** Depende del enlace
- **Pérdida adicional por el tipo de terreno:** 10 %
- **Polarización:** Vertical
- **Clima:** Continental sub-tropical

Estos valores aseguran un **Margen de Desvanecimiento mayor a 10 dB** para todos los enlaces.

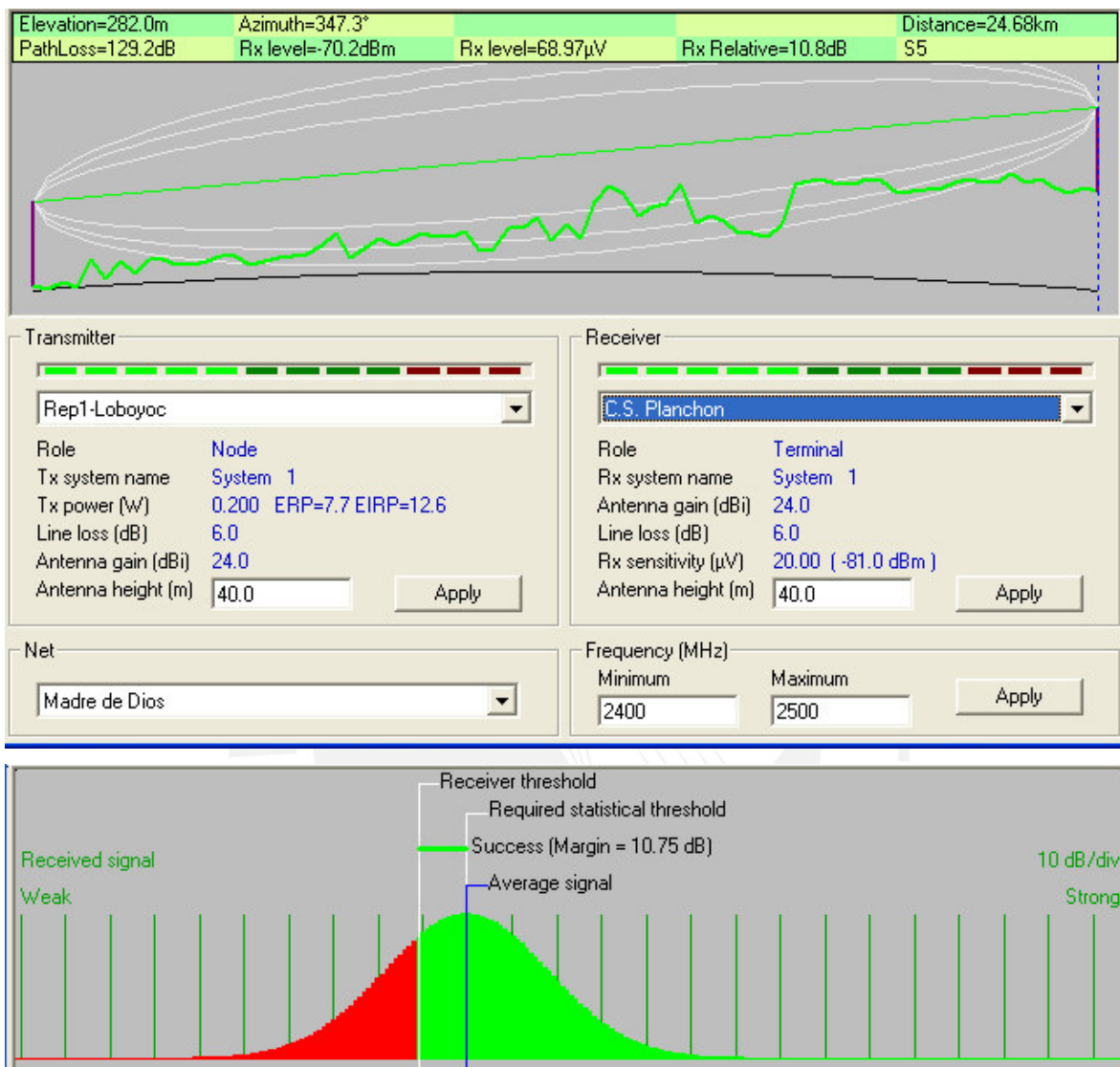
A continuación presentaremos los resultados de la simulación de cada enlace, donde se podrán apreciar las pérdidas debido al trayecto (Path Loss), azimut, nivel de recepción (Rx level), PIRE, margen de desvanecimiento (Rx Relative) y el trazado del perfil.

ENLACE PUERTO MALDONADO (DISA) – REP1.LOBOYOC



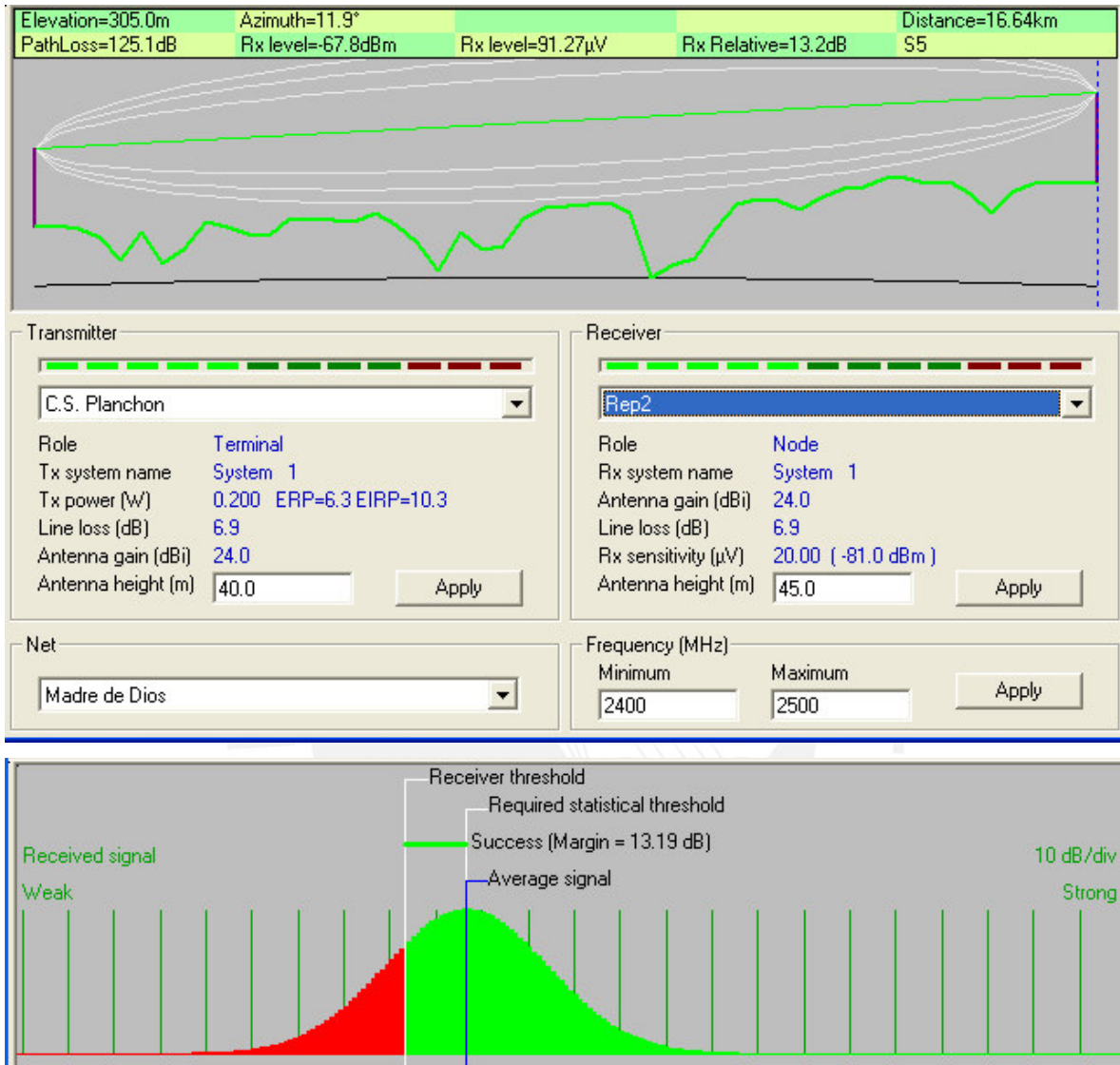
- **PIRE** = 11.9 W / 40.75 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 127.1 dB
- **Pr** = -68.1 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 12.9 dB

### ENLACE REP1.LOBOYOC - PLANCHON



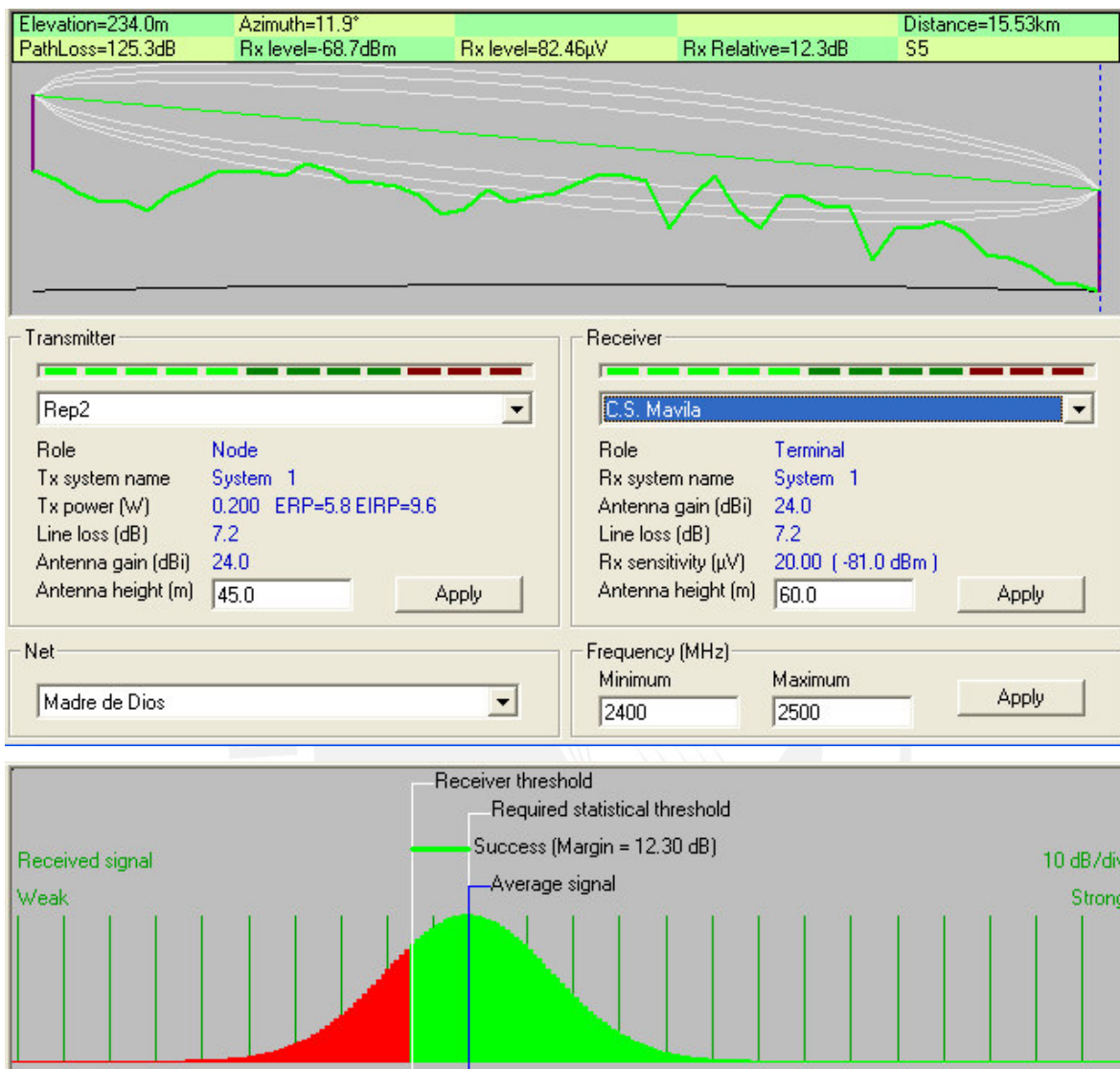
- **PIRE** = 12.6 W / 41 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 129.2 dB
- **Pr** = -70.2 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 10.75 dB

### ENLACE PLANCHON – REP2



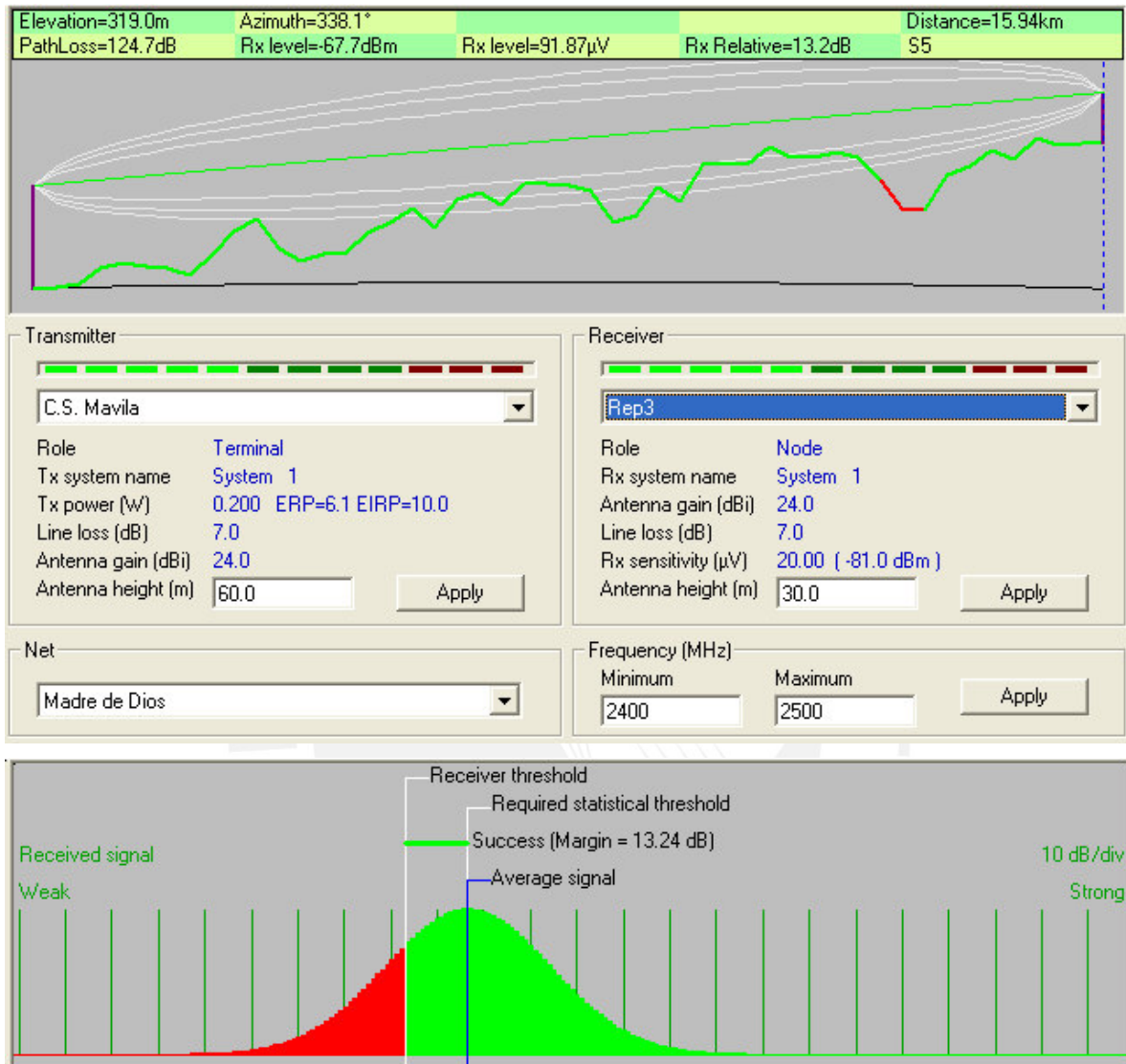
- **PIRE** = 10.3 W / 40.12 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 125.1 dB
- **Pr** = -67.8 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 13.19 dB

### ENLACE REP2 – C.S. MAVILA



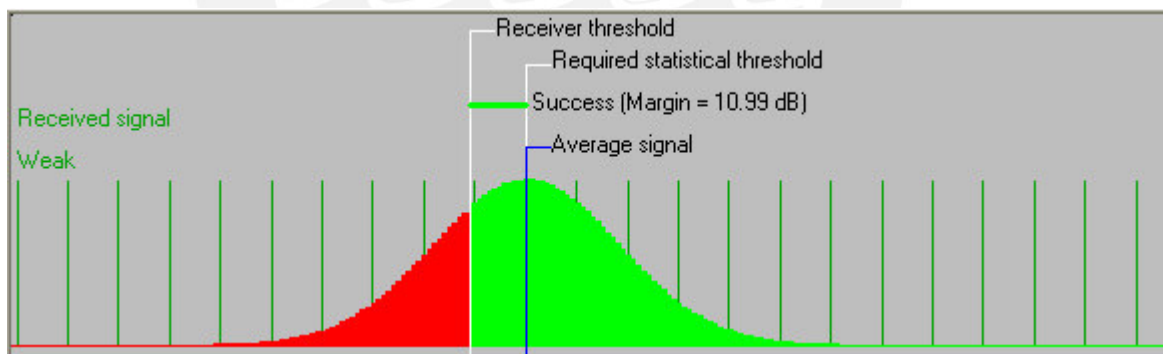
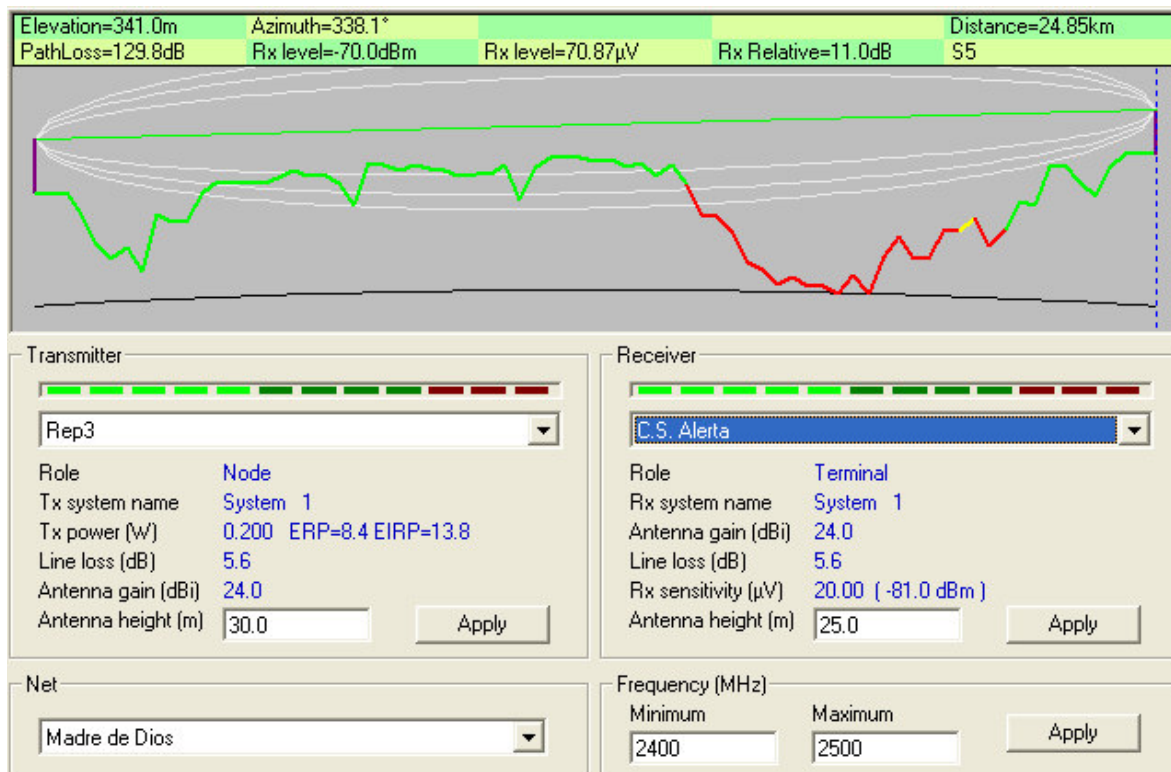
- **PIRE** = 9.6 W / 39.82 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 125.3 dB
- **Pr** = -68.7 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 12.3 dB

### ENLACE MAVILA – REP3



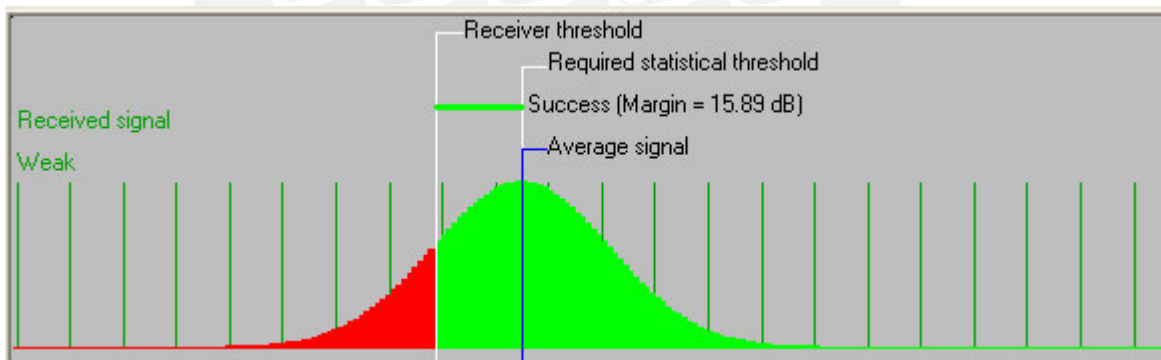
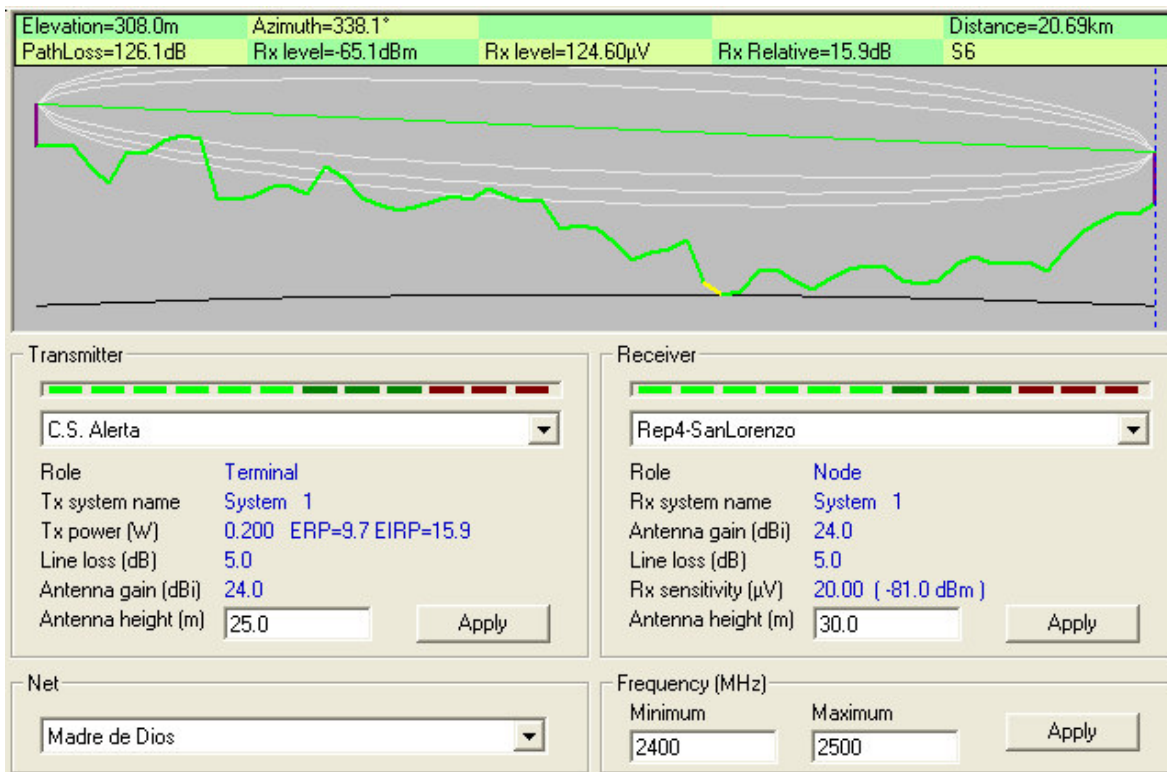
- **PIRE** = 10 W / 40 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 124.7 dB
- **Pr** = -67.7 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 13.24 dB

### ENLACE REP3 – C.S. ALERTA



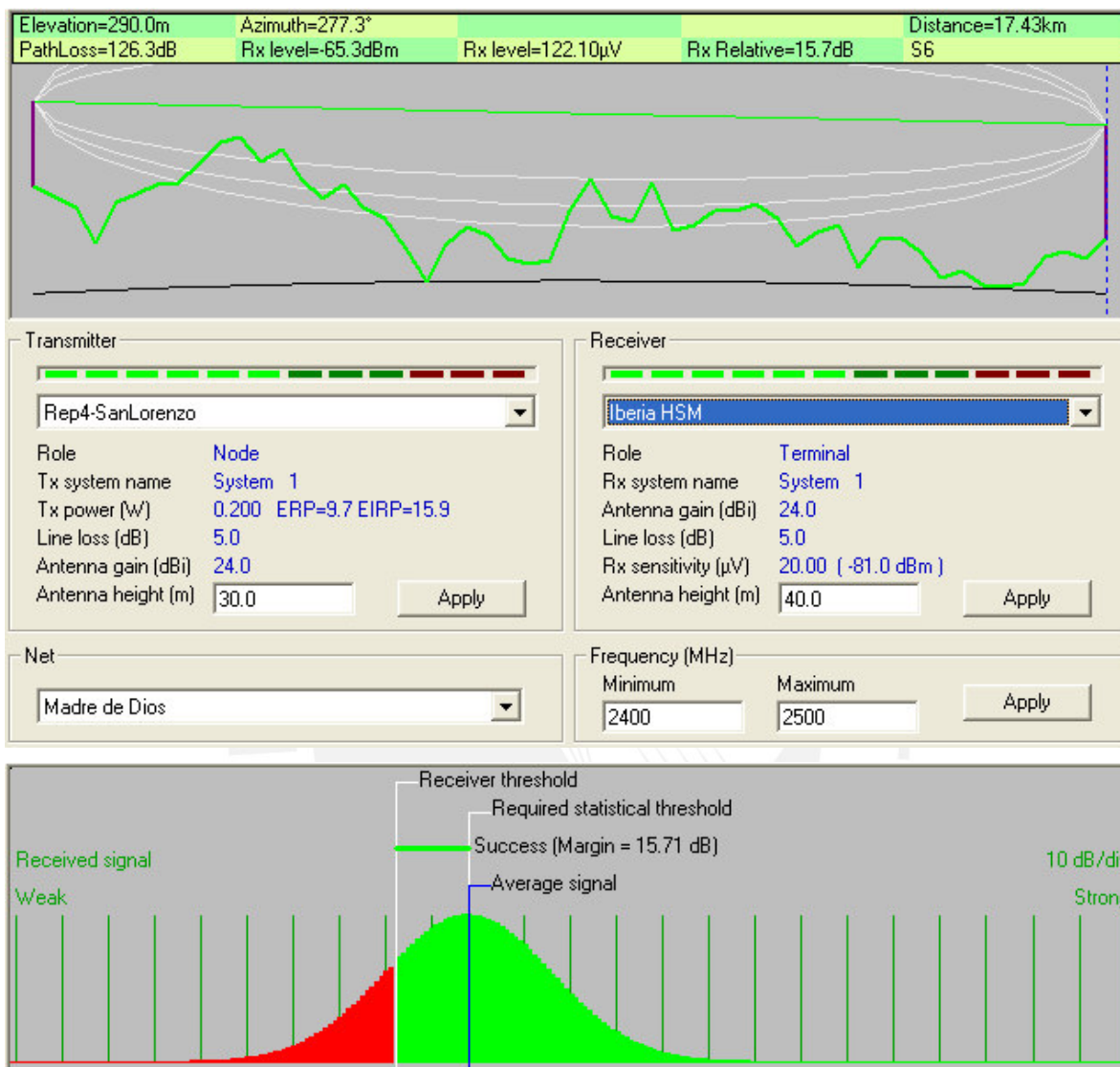
- **PIRE** = 13.8 W / 41.39 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 129.8 dB
- **Pr** = -70 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 11 dB

### ENLACE C.S. ALERTA – REP4.SAN LORENZO



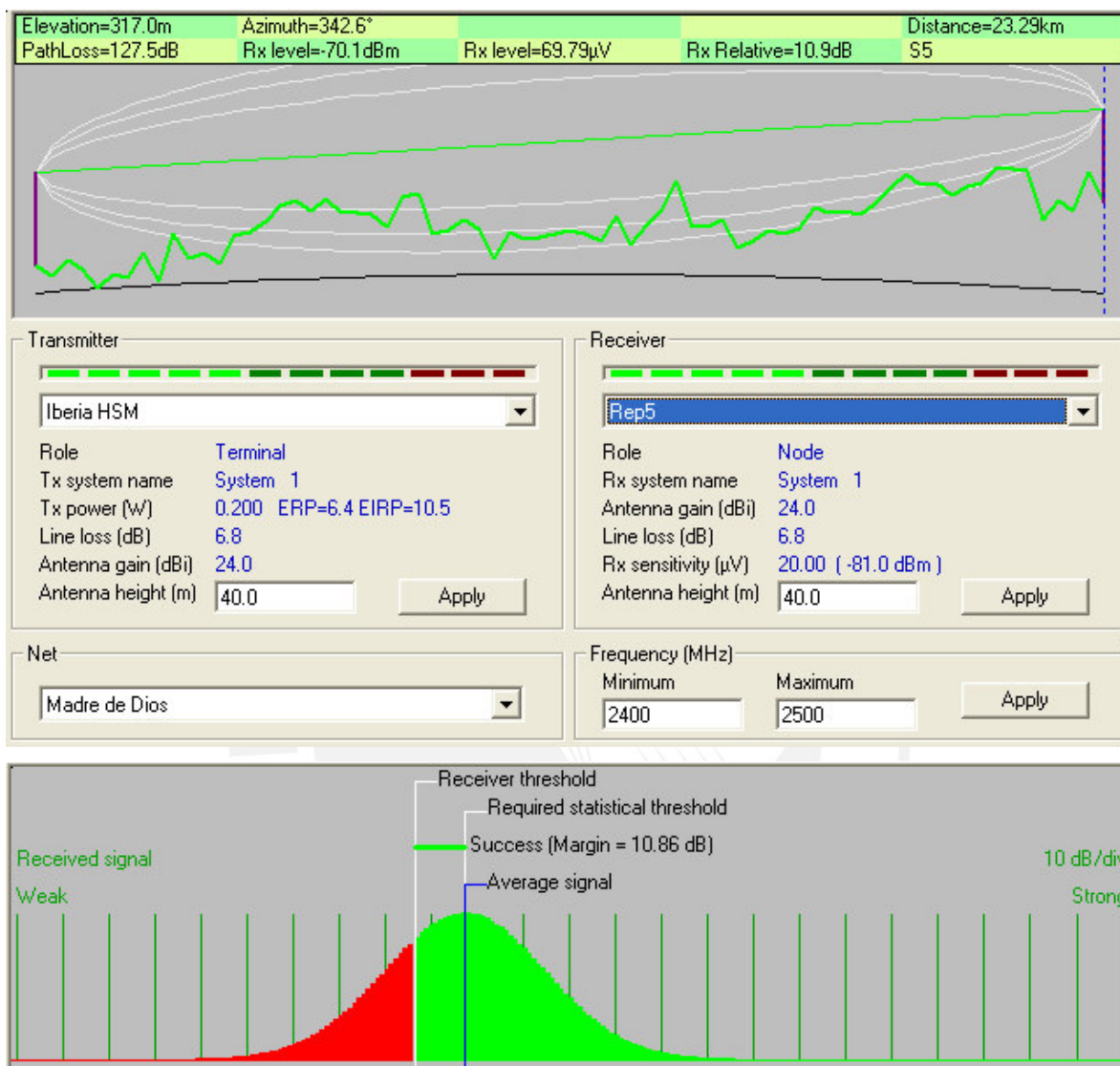
- **PIRE** = 15.9 W / 42 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 127.1 dB
- **Pr** = -65.1 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 15.89 dB

### ENLACE REP4.SAN LORENZO – IBERIA HSM



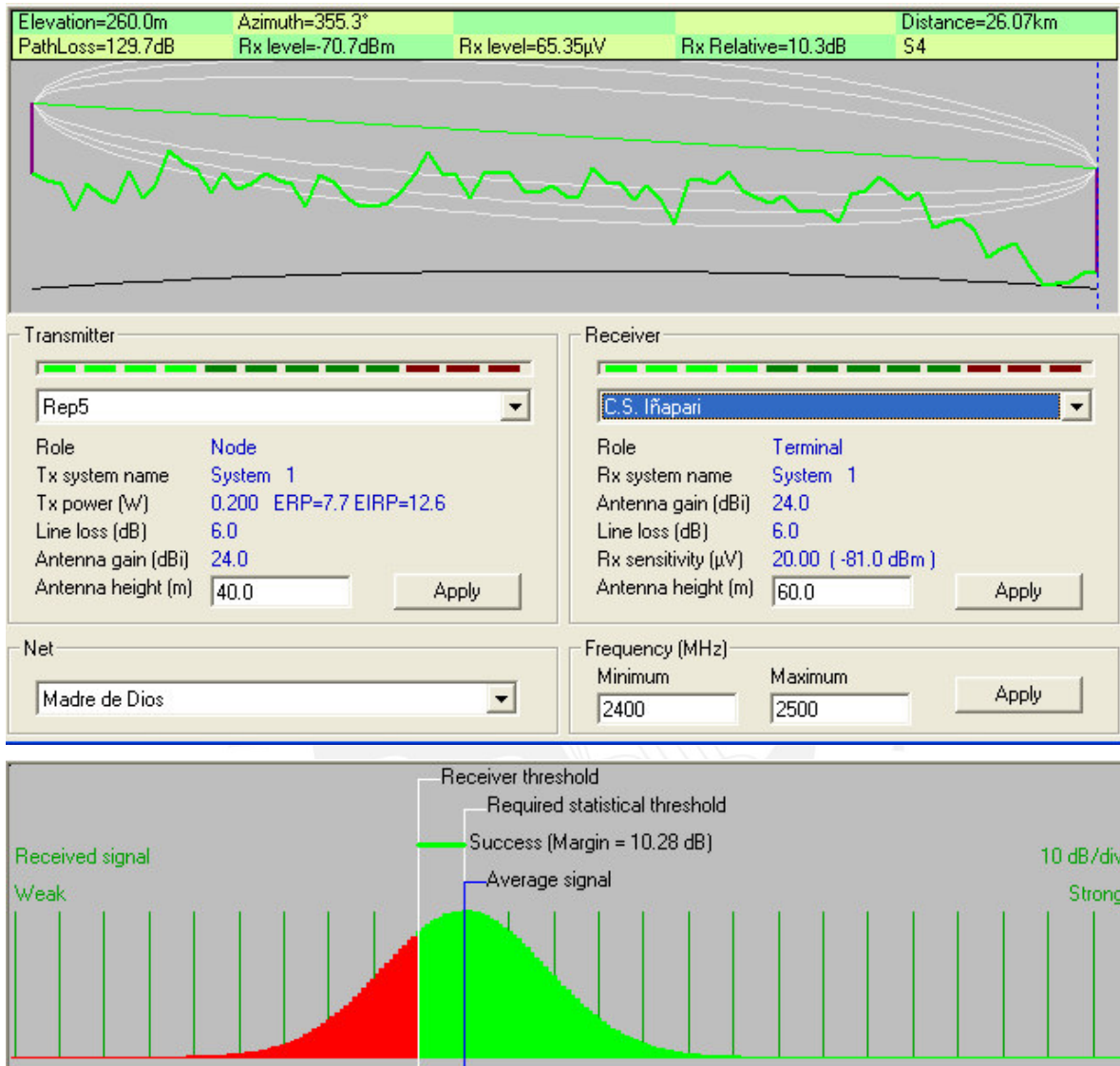
- **PIRE** = 15.9 W / 42 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 126.3 dB
- **Pr** = -65.3 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 15.71 dB

### ENLACE IBERIA HSM – REP5



- **PIRE** = 10.5 W / 40.21 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 127.5 dB
- **Pr** = -70.1 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 10.86 dB

### ENLACE REP5 – C.S. IÑAPARI



- **PIRE** = 12.6 W / 41 dB
- **Pérdidas por trayecto** = 129.7 dB
- **Pr** = -70.7 dBm
- **Margen de desvanecimiento** = 10.28 dB

#### 4.4 Análisis de Tráfico

Como hemos visto anteriormente, la red deberá permitir la práctica de Telesalud y en un futuro adicionalmente poder integrarse la Teleducación y el Comercio electrónico. Cada campo requerirá diferentes recursos de la red y el diseño debe asegurar el soporte de la mayor cantidad posible de aplicaciones, como por ejemplo:

Telemedicina:

- Comunicación remota interactiva, ya sea entre un médico y un paciente o entre dos médicos.
- Transmisión no interactiva y almacenamiento de imágenes clínicas o datos.
- Funciones de administración médica.
- Educación médica

Teleducación:

- Funciones de administración educativa.
- Clases y exposiciones a distancia.
- Actualización de programas educativos y base de datos.

Comercio electrónico:

- Transacciones virtuales.
- Promoción de las PYMES vía web, etc

Basándonos en estos requerimientos de la Red, se debe contemplar una capacidad de transmisión suficiente para brindar los siguientes servicios de una manera confiable, con un buen grado de servicio (QoS) y con una buena performance:

- **Videoconferencias**
- **Voz sobre IP (VoIP)**
- **Envío de datos**

Para lo cual describiremos el cálculo del ancho de banda que demandará cada una de las aplicaciones y así poder determinar el tráfico total de la red.

#### 4.4.1 Tráfico de voz

Para calcular la capacidad del enlace primero debemos hallar la capacidad en Erlangs de la red, aplicando la siguiente formula:

$$\# Erlangs = \frac{(\#abonados) \times (\#llamadasporhora) \times (tiempomediodellamada)}{3600seg}$$

Según los datos recopilados en la DISA - Madre de Dios, se tiene que:

- **# abonados** : 1 teléfono IP por Centro de salud o terminal
- **# llamadas por hora** : 2 llamadas por hora
- **Tiempo medio de llamada** : 2 minutos

Como resultado se obtiene que el tráfico en Erlangs es de **0.067 E** por estación. Siendo 6 el número de estaciones a enlazar, se obtiene un trafico total de **0.4 E**.

El siguiente paso es obtener el número de canales de 64 Kbps que se necesitan para poder transportar esa cantidad de tráfico; para ello tomaremos un **factor de calidad de servicio (QoS) de 1%**, esto quiere decir que 1 de 100 llamadas se pierde. Hallamos el número de canales según el cuadro de teoría del tráfico (figura 4.3):

Fig. 4.3 CÁLCULO DE CANALES DE 64 KBPS

N	0.10%	0.15%	0.20%	0.30%	0.50%	0.70%	1.00%	1.50%	2.00%	3.00%
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
2	0.05	0.06	0.07	0.08	0.11	0.13	0.15	0.19	0.22	0.28
3	0.19	0.22	0.25	0.29	0.35	0.40	0.46	0.54	0.60	0.72
4	0.44	0.49	0.54	0.60	0.70	0.78	0.87	0.99	1.09	1.26
5	0.76	0.84	0.90	0.99	1.13	1.24	1.36	1.52	1.66	1.88
6	1.15	1.25	1.33	1.45	1.62	1.75	1.91	2.11	2.28	2.54
7	1.58	1.70	1.80	1.95	2.16	2.32	2.50	2.74	2.94	3.25
8	2.05	2.20	2.31	2.48	2.73	2.91	3.13	3.41	3.63	3.99
9	2.56	2.73	2.86	3.05	3.33	3.54	3.78	4.10	4.35	4.75
10	3.09	3.28	3.43	3.65	3.96	4.19	4.46	4.81	5.08	5.53
11	3.65	3.86	4.02	4.27	4.61	4.86	5.16	5.54	5.84	6.33

Según el cuadro se deduce que para los 6 Centros o Establecimientos se necesitan 3 canales de 64Kbps, es decir un total de **192 Kbps** para transmisión de voz.

#### 4.4.2 Tráfico de video

El vídeo puede servirse/enviarse como un fichero o en tiempo real. A esta última forma de enviar el vídeo se le conoce como **streaming**.

Streaming video o vídeo en tiempo real, es la tecnología que permite la transmisión y recepción de imágenes y sonidos de manera continua a través de una red. A diferencia de otros formatos de audio y vídeo, en los que es necesario esperar que el archivo sea cargado en el equipo para su visualización, esta tecnología permite apreciar el contenido conforme se va teniendo acceso a la información del archivo.

El servidor de streaming permite visionar el vídeo de forma continua porque hace uso de un buffer, donde van cargándose algunos segundos de la secuencia antes de que sean mostrados. Entonces cuando se detecta un periodo de congestión de red, se visualizarán los datos que tenemos ya almacenados en el buffer. De esta forma el cliente obtiene los datos tan rápido como el servidor y la red lo permitan.

En este caso podríamos calcular el ancho de banda necesario para transmisión de video en base a la cantidad de píxeles de la ventana, cantidad de imágenes por segundo, técnicas de compresión, etc; pero no podemos asegurar que todos los parámetros que estemos considerando en el diseño serán respetados.

En lugar de eso utilizaremos los parámetros que detalla el documento “La Telemedicina en la sociedad de la información, el caso de México” en el cual expresan que la velocidad mínima que utilizaron los especialistas para realizar un diagnóstico a distancia era de **256 Kbps**, esta velocidad fue probada y aprobada por los especialistas, siendo utilizada para distintas aplicaciones como estetoscopio electrónico, electrocardiógrafo, digitalizadores de rayos x, diagnósticos dermatológicos, etc.

En nuestro caso, como criterio de diseño y tratándose de comunicaciones rurales donde el uso de los recursos deben ir acompañados por políticas de uso y mantenimiento,

vamos a considerar que como máximo se realizan dos videoconferencias al mismo tiempo, eso nos da un total de **512 Kbps** para transmisión de video de toda la red.

#### 4.4.3 Envío de datos

El envío eficiente de datos depende íntegramente de cuan robusta sea la red, es decir siempre y cuando se mantenga una buena performance de la red y no existan cuellos de botella que consuman excesivos recursos, se podrán transmitir datos eficientemente.

La solución de voz permitirá que cada computador se pueda convertir en un teléfono, de manera que, el punto ocupado actualmente por un anexo se puede convertir en un nuevo punto de datos, por lo que se estaría optimizando la utilización del cableado estructurado.

Para que una solución de VoIP funcione bien, la red debe ser capaz de priorizar paquetes de voz por encima de los paquetes ordinarios de datos. Se deberá tener productos que incluyan varias estrategias estándar para priorizar tráfico de voz. Estas estrategias incluyen el uso de calidad de servicio (QoS), priorización de puertos, priorización de servicios y uso de IEEE 802.1 p/Q para asignarle la prioridad a los bits.

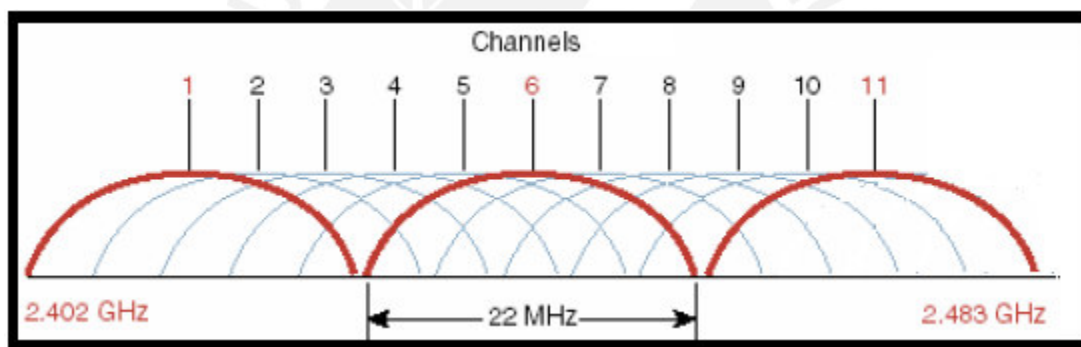
El envío y descarga de archivos podrá ser posible con la implementación de servidores que brinden servicios de red tales como Servidor FTP y Servidor de correo electrónico, el acceso a los mismos podrá hacerse posible con la creación de Intranet de la Red de Salud de Madre de Dios.

#### 4.5 Plan de Canalización

El estándar 802.11b especifica operación en la banda de 2.4 GHz permitiendo alcanzar velocidades de hasta 11 Mbps en tres canales sin sobreposición. Las implementaciones comerciales determinaron que los equipos de radio que operan en la banda de 2.4 GHz fueran más fácil de implementar y por lo tanto los productos 802.11b aparecieron primero en el mercado a fines del año 1999.

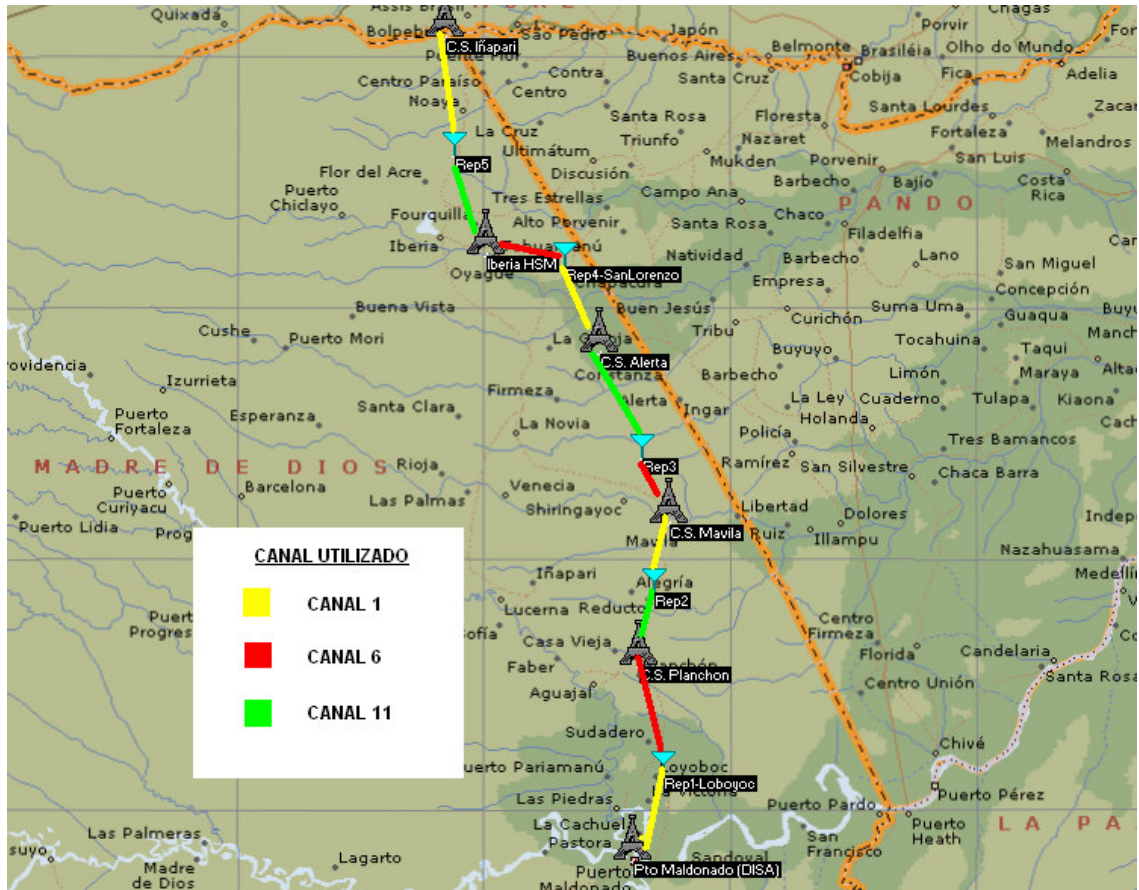
El estándar IEEE 802.11b define 11 canales (en América), donde cada canal transmitido tiene 22 MHz de ancho, con una separación entre canales de sólo 5 MHz. Esto da como resultado una sobre posición de canales, de tal manera que las señales de canales vecinos pueden interferir unas con las otras. En un sistema de 11 canales, hay sólo tres canales separados de 22 MHz que no se superponen (y por lo tanto, sin interferencia). Estos canales son el 1, 6 y 11. Esta separación de canales determina el uso y la asignación de canales en un ambiente de múltiples APs tales como una oficina o campus, donde los Aps adyacentes están asignados a canales sin sobre posición. Alternativamente, los Aps pueden ser colocados usando los Canales 1, 6, y 11 para enviar un ancho de banda de 33 Mbps a una sola área (pero 11 Mbps a un sólo cliente). El esquema de la asignación de los canales se detalla en la figura 4.4.

Fig. 4.4 DISTRIBUCION DE CANALES



En nuestro caso, debemos asegurar que no exista interferencia entre los canales utilizados en cada enlace, es por ello que planteamos la **reutilización de canales** de manera que cada estación terminal o repetidora utilice canales de transmisión diferentes a los utilizados por las estaciones adyacentes. Se muestra en la figura 4.5 el plan de canalización que tendrá la red:

Fig. 4.5 REUTILIZACIÓN DE CANALES

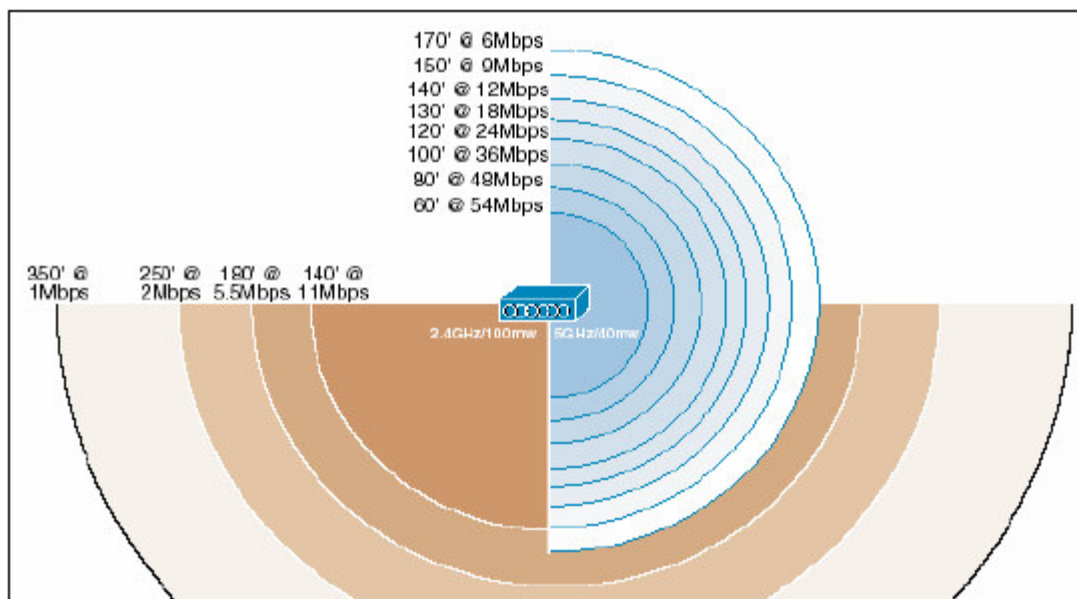


#### 4.6 Enlace con los Puestos de Salud

En caso de querer enlazar de manera inalámbrica los Centros de Salud con los Puestos de Salud de su dependencia, se plantea el uso de la misma tecnología utilizada para los enlaces punto a punto entre las estaciones, el estándar IEEE 802.11b. Se hace énfasis en el uso de **Sistemas de Distribución Inalámbrica** (WDS), donde se permite la interconexión de “celdas” basándose en la reutilización de canales, donde los puntos de acceso pueden tener mas de 1 conexión inalámbrica, aprovechada para enlaces de exteriores punto a punto y a su vez enlaces interiores con los Puestos de Salud.

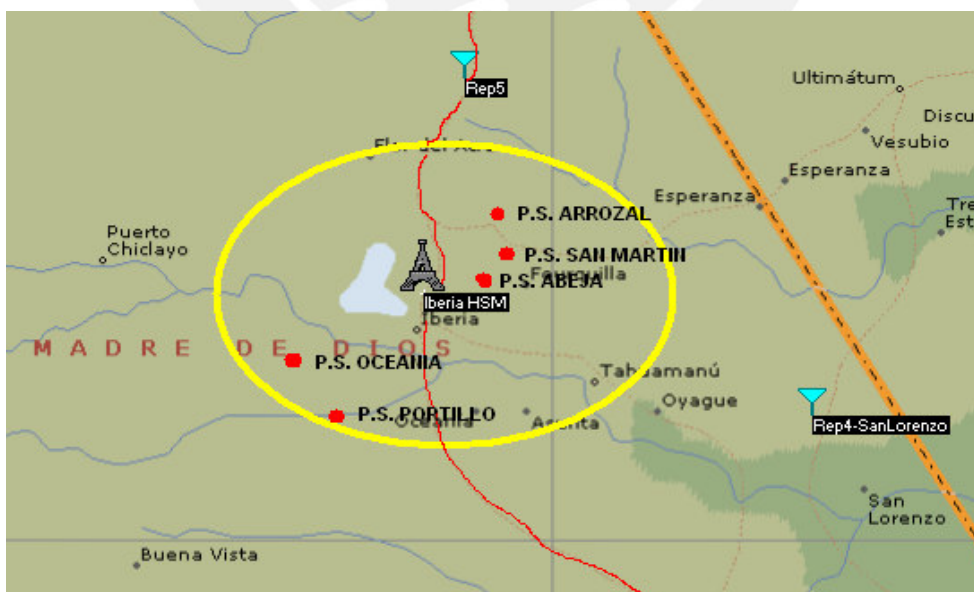
El diámetro de cobertura (círculos mostrados en la figura 4.6), depende de varios factores tales como: la potencia de transmisión, el uso de amplificadores adicionales, antenas externas y del equipo del usuario.

Fig. 4.6 DIAMETRO DE COBERTURA VS. VELOCIDAD DE TRANSMISION



Un ejemplo de interconexión entre los Centros y Puestos es como el que se muestra en la figura 4.7

Fig. 4.7 REPRESENTACIÓN DE UNA RED LAN ENTRE LOS PUESTOS Y CENTOS DE SALUD



#### 4.7 Arquitectura de la Red LAN/WAN

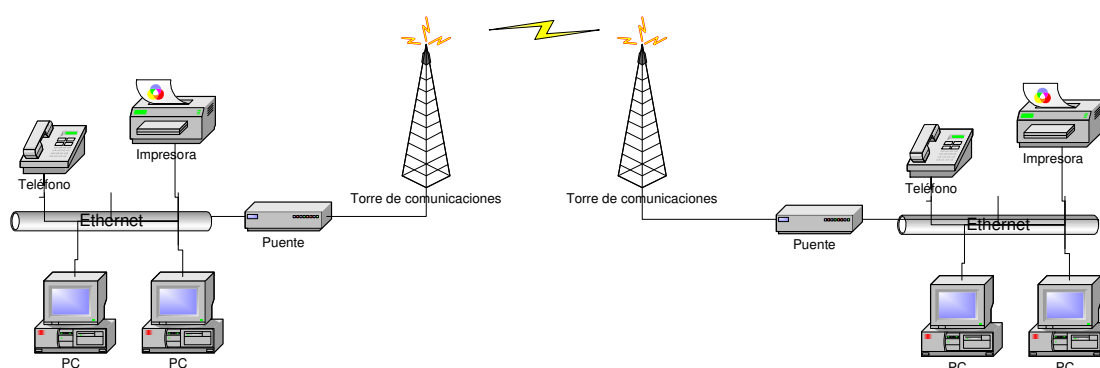
Una vez ya definidos los enlaces y verificado que el diseño cumpla con los requisitos para poder interconectar los establecimientos de Salud, se tiene como resultado una troncal de comunicación a través de enlaces inalámbricos digitales punto a punto de 11 Mbps bajo el estándar IEEE 802.11b, donde los establecimientos de salud representan nodos de la red.

Al momento de definir la topología se tiene que diferenciar dos tipos: topología lógica y topología física. En la red Madre de Dios, cada estación se interconecta con las adyacentes, por lo que se estaría hablando de una **topología física tipo bus**. Así mismo, la central administradora de la red se encontrará en la DISA, ahí estarán ubicados el servidor de correo, servidor de red y servidor de aplicaciones, además de proveer en el futuro un punto de salida a Internet. En tal sentido se puede decir que dentro de una topología infraestructura, la red presenta **topología lógica tipo estrella**.

En el anexo 4.1 se muestra el diagrama de interconexión de la red LAN/WAN, en el figuran todas las estaciones y los principales equipos que la componen.

En la presente investigación no se incluirá el detalle de interconexión de Puestos con Centros de Salud, pero debido a que el estándar 802.11b se ajusta perfectamente a las redes Ethernet 10/100 base T, se puede adicionar concentradores en cada estación (figura 4.8) de manera que se pueda expandir la red. El único detalle a considerar será que no se debe sobrecargar el ancho de banda disponible, para ello primero se tendrá que hacer un estudio antes de adicionar equipos a la red.

Fig. 4.8 DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN DE LAS REDES LAN DE LAS ESTACIONES



## 4.8 Selección de Equipos

### 4.8.1 Consideraciones para la selección de equipos

Las consideraciones que se deben tener a la hora de elegir los equipos son las siguientes:

- Radio de cobertura: La máxima distancia que las ondas de radiofrecuencia pueden alcanzar está en función de las características de diseño del transmisor y receptor; así mismo de la ruta por donde van a propagarse dichas ondas. La interacción con objetos sólidos, paredes e inclusive personas, afecta la propagación de energía y de esta forma disminuye el radio de cobertura del sistema inalámbrico.
- Leyes de Diseño: En el momento de diseñar una red LAN inalámbrica se toman en cuenta parámetros como potencia de transmisión, alcance del enlace y frecuencia de trabajo. Estos parámetros se relacionan según lo siguiente:
  - A mayor radio de cobertura, la tasa de transmisión es menor.
  - A mayor potencia de salida, el radio de cobertura es mayor, pero se incrementa a la vez el consumo de la energía de la batería de las estaciones móviles.
  - Mayor frecuencia de trabajo brinda mayor tasa de transmisión pero el radio de cobertura disminuye.
- Rendimiento: Al igual que los sistemas cableados, el rendimiento total de un sistema inalámbrico es producto de la capacidad y herramientas que posean los equipos. Para un mejor rendimiento los equipos deben tener la capacidad de identificar el tráfico existente sobre la red y de esta manera disminuir el tiempo de latencia y aumentar los niveles de performance.
- Simplicidad y facilidad de manejo: Los usuarios no necesitan demasiada información para usar y tomar ventajas de una red LAN inalámbrica. Como el sistema operativo de red es transparente a los usuarios, todas las aplicaciones trabajan de la misma forma que en una red cableada, además todos los equipos LAN inalámbricos incorporan una variedad de herramientas de diagnóstico para dirigir los posibles problemas asociados; sin embargo, los equipos son diseñados para que los usuarios raramente hagan uso de esas herramientas.

- Seguridad: puesto que la tecnología inalámbrica tiene sus raíces en aplicaciones militares, la seguridad ha sido un criterio fundamental para el diseño de los dispositivos inalámbricos. Es extremadamente difícil para los receptores que no estén sincronizados adecuadamente, escuchar el tráfico inalámbrico. La compleja técnica de encriptación hace esto posible, de modo que ningún equipo sofisticado pueda conseguir acceder al tráfico de red. Para esto es necesario habilitar cada nodo para que trabaje en forma segura antes de que forme parte del tráfico de la red.
- Costo: Los gastos que involucran la implementación de una red LAN inalámbrica, incluyen tanto los costos por infraestructura (puntos de acceso inalámbricos o estaciones base a desplegar) como el número de usuarios que entrarán en la red. Los puntos de acceso se valorizan de acuerdo a la cobertura requerida y/o el número de usuarios a ser servidos, en tanto que los costos por instalación y mantenimiento de una red LAN inalámbrica es generalmente más bajo que para una red cableada por 2 razones fundamentales :
  - Las redes inalámbricas eliminan el costo directo por instalación de algún cableado y por la labor asociada a la reparación de los mismos.
  - Las redes inalámbricas hacen más sencillo la movilidad y cambios que deseen hacerse en la red, lo cual reduce indirectamente los costos por tiempo fuera de servicio de usuarios y cabecera administrativa.
- Escalabilidad: El diseño de una red inalámbrica puede ser elaborado de una manera simple o compleja, todo depende de las conexiones a realizar y de la topología del terreno, además puede soportar gran número de nodos y/o conexiones con sólo agregar puntos de acceso para extender el área de cobertura.
- Tiempo de vida: Todos los equipos inalámbricos son diseñados y fabricados para que sus baterías desarrollen un consumo mínimo y así tener mayor duración. De esta manera los equipos tranceptores siempre están en Estado de reposo y sólo se ponen en servicio cuando arriba una señal a su canal de entrada.

- Cuidado: La potencia de salida de un sistema LAN inalámbrico es muy baja, inclusive mucho menor que del sistema celular, por ello existe muy poca exposición de energía de radiofrecuencias en aquellas áreas que conforman el sistema inalámbrico; además las ondas de radio se atenúan rápidamente con la distancia. Todos los equipos deben cumplir con las leyes y regulaciones industriales como medida de seguridad y por lo demás se ha afirmado que no existe ningún efecto en contra de la salud que se deban a las redes LAN inalámbricas.

#### 4.8.2 Requerimientos de protocolos y equipos

Los equipos utilizados para interconectar los Establecimientos de Salud en Madre de Dios, deben garantizar que el enlace digital de datos sea mediante un canal libre de interferencias y con protección de la data transmitida con la finalidad de proporcionar una alta calidad para aplicaciones como transferencia de archivos, correo electrónico y transmisión de voz y video mediante tecnología IP. Así mismo, todos los equipos que se adquieran deberán contar con la homologación correspondiente en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- Descripción General de los protocolos utilizados y la norma H.323:

Además del estándar IEEE 802.11b que permite la interconexión de manera inalámbrica de redes de área local, para que las aplicaciones y servicios próximos a implementarse en los Establecimientos de Salud como es la transmisión de voz y video sobre el protocolo IP se efectúen de manera satisfactoria, los equipos a utilizar deberán presentar características técnicas basándose en las tecnologías encargadas de transmisión de datos, voz y video sobre redes de paquetes como es la norma H.323.

La Recomendación H.323 describe terminales, equipos y servicios para comunicaciones multimedia por redes de área local que proporcionan una calidad de servicio no garantizada. Los terminales y equipos H.323 pueden transportar voz en tiempo real, datos y vídeo, o cualquier combinación de los mismos incluyendo la videotelefonía.

Las LAN a través de las cuales se comunican los terminales H.323 pueden ser un sólo segmento o un anillo o múltiples segmentos con topologías complejas. Adviértase que la

explotación de terminales H.323 por los múltiples segmentos de la LAN (incluido el Internet), puede dar lugar a una calidad de funcionamiento deficiente. Las posibles maneras de garantizar una calidad de servicio en esos tipos de LAN/interredes quedan fuera del alcance de la presente Recomendación.

Los terminales H.323 pueden estar integrados en computadores personales o implementados en dispositivos independientes, tales como los videoteléfonos. El soporte de voz es obligatorio mientras que el de datos y vídeo es opcional, pero si se soportan, es preciso poder utilizar un modo común especificado, de tal manera que los terminales que soportan ese tipo de medios puedan interfuncionar. La Recomendación H.323 permite que estén en uso más de un canal de cada tipo.

Otras Recomendaciones relacionadas con la serie H.323 son la H.225.0 relativa a empaquetado y sincronización, la H.245 sobre protocolo de control para comunicación multimedios, la H.261 y H.263 relativas a códecs de vídeo, las G.711, G.722, G.728, G.729 y G.723 sobre códecs de audio y las Recomendaciones de la serie T.120 sobre protocolos de comunicaciones multimedios.

#### 4.8.3 Características de las interfases

Las interfases utilizadas para la red LAN inalámbrica, deberán cumplir con las especificaciones detalladas en el anexo 4.2.

#### 4.8.4 Equipos elegidos

- Tarjeta inalámbrica

La tarjeta inalámbrica escogida es la tarjeta PCMIA 2511CD PLUS EXT2 (figura 4.9) marca Senao, esta tarjeta es perfecta para uso en larga distancia donde las tarjetas normales no logran conectarse, posee 2 conectores de antena exterior tipo MMCX, que brinda máxima flexibilidad y libertad para conectar antenas direccionables con diversas ganancias y con lo que conseguiremos muchas mas prestaciones, como diversidad de espacio por ejemplo. Sus 23 dBm (200 mW) de potencia de transmisión permite lograr enlaces de gran cobertura, casi 4 veces más que las tarjetas inalámbricas convencionales. Posee velocidades de comunicación inalámbrica de hasta 11 Mbps y es

compatible con el estándar 802.11b, estándar utilizado para los enlaces inalámbricos de nuestra red.

FIG. 4.9 PCMCIA CARD WITH TWO ANTENNA JACKS 2511CD PLUS EXT2 (200MW)



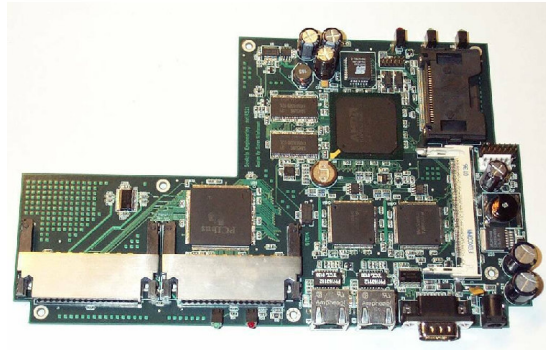
Una ventaja adicional, es el bajo costo que tiene en el mercado actual, lo cual la posiciona en una de las mejores tarjetas inalámbricas del mercado. Pero hoy en día estamos inmersos en un mercado tan competitivo, conformado por diversas empresas de gran prestigio, con una diversidad de productos de diferentes marcas y precios, puede surgir la siguiente pregunta:

Porqué utilizamos la tarjeta inalámbrica Senao y no otras como Cisco, Orinoco, Demarc, etc. La respuesta es simple, la mayoría de Chipsets no están disponibles o tienen restricciones de licencia para utilizar sus drivers. En el caso de las tarjetas Senao, los drivers se encuentran disponibles en la web. Adicionalmente, tenemos que recalcar el bajo costo que tiene actualmente en el mercado contraponiendo las ventajas que posee como sus 200 mW de potencia de transmisión y la opción de diversidad de espacio. En el anexo 4.3 se muestra una tabla comparativa entre tarjetas inalámbricas de diversas marcas.

- Router inalámbrico

Esta avanzada computadora de comunicación (figura 4.10), basada en un procesador de 133 Mhz x 486, se caracteriza por tener bajo costo, modelo compacto y bajo consumo de potencia, características que nos confirman que es una buena elección para su uso en comunicaciones rurales.

FIG. 4.10 SOEKRIS ENGINEERING NET4521 WIRELESS ROUTER



Tiene dos puertos 10/100 Ethernet, 64 Mb de memoria SDRAM y usa un módulo de memoria de tipo CompactFlash para almacenamiento y procesamiento de datos.

Puede expandirse utilizando 2 puertos para tarjetas de tipo MiniPCI y dos adaptadores para tarjetas de red PC-Card.

Ha sido optimizada para su uso como router inalámbrico utilizando los adaptadores PC-Card, la tarjeta ha sido diseñada para una larga vida y bajo consumo de potencia.

Especificaciones técnicas:

- 100/133 Mhz AMD ElanSC520
- 16-64 Mb SDRAM, soldada en tarjeta
- 1 Mbit BIOS/BOOT Flash
- CompactFLASH Type I/II socket, 8 Mb FLASH to 4 Gb Microdrive
- 1-2 puertos 10/100 Mbit Ethernet, RJ-45
- 1 puerto Serial, DB9.
- LED de encendido, LED de actividad, LED de Error
- Mini-PCI type III socket. (p.e. para hardware de encriptación)
- 2 ranuras PC-Card/Cardbus , para adaptadores inalámbricos
- 8 bit de propósito general I/O

- Hardware watchdog
- Tamaño de tarjeta 9.2" x 5.7"
- Alimentación externa 11-56V DC, 14 Watt máx.
- Opción para alimentación de 5V con conector interno
- Temperatura de operación 0-60 °C

#### Software:

- comBIOS para headless completo sobre puerto serial
- PXE memoria para arranque sin disco
- Diseñado para FreeBSD, NetBSD, OpenBSD and Linux
- Corre la mayoría de sistemas operativos en tiempo real

En este caso también surgiría la pregunta, por qué no utilizar en el proyecto bridges comerciales como Orinoco COP/ROR, Cisco 350, Dlink DWL-900+, etc. Y la respuesta es que, mientras que los bridges comerciales son mucho más baratos que los routers hechos a la medida, ellos tienen una serie de desventajas:

Primero, cada fabricante utiliza su propio protocolo de ruteo, no compatible con otras marcas (eso determina el uso de un sólo proveedor).

Segundo, la tarjeta escogida permite ilimitadas funcionalidades, tales como QoS, creación de protocolos de ruteo y expansión de la seguridad, no es necesario esperar por la actualización del firmware de seguridad, nosotros podemos realizarlo por nuestra cuenta. Esto nos da una gran flexibilidad en la red.

- Antena direccionable

La antena escogida (figura 4.11) se eligió basándose en el buen precio que tiene en el mercado además de cumplir con los requerimientos técnicos del presente proyecto.

FIG. 4.11 2.4 GHZ 24 DBI HIGH PERFORMANCE REFLECTOR GRID WIRELESS LAN  
ANTENA MODEL: HG2424G



Aplicaciones y características:

Aplicaciones:

- Banda 2.4 GHz ISM
- Estándares IEEE 802.11b y 802.11g Wireless LAN
- Redes Wi-Fi
- Aplicaciones direccionales de larga distancia
- Enlaces Punto - Punto
- Enlaces Punto - Multipunto
- Wireless Bridges
- Aplicaciones Backhaul

Características:

- Superior performance
- Construcción de aluminio
- UV stable light gray powder coat finish
- Operación en cualquier clima
- 8° beam-width
- Cable coaxial de 24 pulgadas
- Fácil de ensamblar

- Cable Coaxial

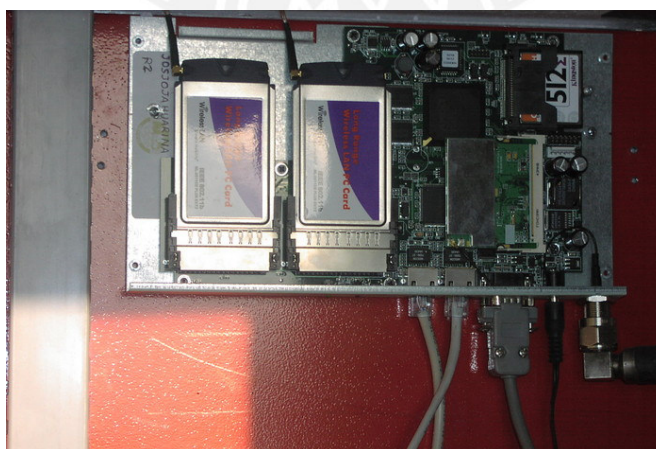
El cable elegido para los diseños de enlaces es el cable coaxial Heliac marca Andrew, caracterizado por su contextura liviana y baja atenuación. El valor del factor de atenuación del cable Heliac a la frecuencia de 2.4 Ghz es igual 12.5 dB/ 100 m.

## 4.9 Equipamiento general de la red

### 4.9.1 Composición de los equipos de comunicación por estación

Tanto las estaciones, terminales y repetidoras, albergarán tarjetas inalámbricas que permitirán la retransmisión con la estación siguiente, así mismo estarán equipadas con un router inalámbrico, que como vimos anteriormente, soporta hasta tres tarjetas inalámbricas (2 slots Pc-Card/Cardbus y un slot MiniPCI) permitiendo que cualquier estación pueda tener hasta 3 enlaces. En nuestra red será necesario utilizar sólo dos tarjetas por estación ya sea terminal o repetidora, la conexión de una tarjeta se muestra en la figura 4.12:

Fig. 4.12 TARJETA DE RED INALÁMBRICA MONTADA EN LA PLACA DEL ROUTER SOEKRIS



Fuente: EHAS Perú

#### 4.9.2 Configuración general por estación

En la siguiente sección se presenta la configuración de cada una de las estaciones. Para el diseño se considera que las estaciones terminales: Puerto Maldonado (DISA), C.S. Planchon, C.S. Mavila, C.S. Alerta, Iberia HSM y C.S. Iñapari, son estaciones ya existentes, por lo que no habría necesidad de construir una nueva estación, sino solamente construir la torre y el cuarto de equipos. En las estaciones restantes no existe infraestructura alguna por ello se debe realizar la construcción de toda la estación, en este caso, todas las estaciones repetidoras contarán con la caseta, el cerco perimétrico y la torre, como se muestra en el anexo 4.4.

El diseño de la estación y la ubicación de la torre deben estar precedidos de un estudio de campo, es decir una visita al lugar donde estará ubicada cada estación para delimitar y estudiar el terreno. Como no es objetivo del presente estudio hacer una visita a cada una de las estaciones, se mostrará dos configuraciones básicas y generales de estaciones, una para estaciones alimentadas por energía solar (estaciones repetidoras) y la otra, para estaciones que tengan alimentación de la red AC (estaciones terminales), la diferencia entre ambas configuraciones radica en la ubicación de los paneles y la sala de energía requerida para albergar los equipos de alimentación.

Para el caso de estaciones solares, los paneles solares están ubicados a un lado de la caseta, es posible también colocarlos sobre el techo de la estación, en caso no haya espacio disponible en la estación.

- Estación Terminal:

En las 6 estaciones terminales se instalarán los siguientes equipos:

- 1 Equipo de Informática
- 1 Teléfono IP
- 1 Placa router inalámbrico
- 1 o 2 Tarjetas de red inalámbricas
- 1 Protector de línea
- Cables

- Elementos de red eléctrica

Como equipos de informática se define al CPU, monitor, teclado, ratón e impresora. Los tipos de cables se especifican en el plano de detalle. Como elementos de la red eléctrica se toman al estabilizador, la regleta y la barra master.

En el anexo 4.5 se muestra el detalle de conexión de las estaciones Terminales, estas configuraciones son relativas, ya que para cada caso se deberá realizar el respectivo estudio de campo.

- Estación Repetidora

Las 5 estaciones repetidoras contarán con las siguientes instalaciones:

- 1 Placa router inalámbrico
- 2 Tarjetas de red inalámbricas
- 1 Protector de línea
- 1 Teléfono IP
- Cables

En este caso, la placa del router inalámbrico y las tarjetas de red se alojan en una caja de fibra de vidrio resistente al agua y a climas hostiles. El modelo escogido es el **J1008HPL de la marca Stahlin**, esta caja ha sido diseñada especialmente para exteriores, posee agujeros para los conectores de las antenas y es fácil de instalar. La caja puede albergar hasta 3 placas Soekris para futuras expansiones, es decir hasta 9 tarjetas de red inalámbrica. Adicionalmente, tiene agujeros para leds indicadores provenientes de la placa, para una señalización exterior.

Las configuraciones de las estaciones son relativas, ya que para cada caso se deberá realizar el respectivo estudio de campo. En general, la instalación final se verá como en la figura 4.13.

Fig. 4.13 INSTALACIÓN TÍPICA



#### 4.9.3 Instalación de los equipos

En la presente sección se describirá la instalación típica de los equipos dentro de la caseta. La instalación de los equipos debe ser realizada por una compañía instaladora local, que tenga experiencia en la instalación de equipos WI-FI.

El anexo 4.6 muestra un detalle de los trabajos de instalación típicos que se deben realizar en una estación repetidora, y en el anexo 4.6 el detalle para las estaciones terminales. Para el caso de las estaciones repetidoras, podemos apreciar el pararrayos (A2) y la torre (A1) que alberga a la antena. La antena (C3) se une a la torre a través del soporte de antena el cual permite direccionar la antena en forma horizontal tanto como vertical de tal manera que la antena pueda apuntar a la siguiente estación, esto se debe a que si estuviera rígida a la torre, sólo tendría una dirección y sería imposible apuntarla con la siguiente estación.

La señal recibida por la antena se transmite a la tarjeta inalámbrica a través del cable coaxial (C2), que se fija con grapas de sujeción a una escalerilla metálica (opcional) que atraviesa la caseta, entrando por una ventana en la pared y sirve para que el cable no se dañe por acciones mecánicas. El cable se conecta a la tarjeta inalámbrica ubicada en la placa router. En el extremo de la estación se encuentran los equipos de energía en donde van ubicadas las baterías (B1) y el rectificador (B2), que se conectan a la fuente de energía que en nuestro caso está constituida por paneles solares o la red eléctrica (en estaciones Terminales). El sistema de transmisión esta compuesto por las tarjetas inalámbricas Senao, que reciben la señal captada por la antena y la retransmiten a la siguiente estación. En el anexo 4.8 se muestra el detalle de conexión de las tarjetas inalámbricas a la antena transmisora – receptora y a la placa router.

Para el caso de las estaciones terminales, el detalle de instalación de equipos es similar al de las estaciones repetidoras, con la diferencia que luego que el cable coaxial pasa por la ventana, el cable se conectará a la placa Soekris ubicada junto a los equipos de informática, como se mostró anteriormente.

Todos los sistemas de transmisión se alimentan del rectificador; en las estaciones terminales se hace a través de interruptores termomagnéticos que alimentan a la placa Soekris y los equipos de informática. Y junto con el pararrayos se conectan al pozo de tierra (A4) a través de los cables adecuados.

#### **4.10 Sistema de Gestión Centralizada de Red**

La siguiente sección describe las características que deberá tener el sistema de gestión y supervisión de red, encargado de la gestión del sistema de la red WI-FI.

El sistema de gestión de red NMS por sus siglas en Ingles Network Management System permite realizar la gestión de los elementos de red NE (Network Elements) de una determinada tecnología, en forma remota. Además cada NMS brinda una interfaz a la capa superior de gestión, para lograr la integración con otros gestores de muchas tecnologías.

#### 4.10.1 Descripción General

Para la gestión de la red WI-FI, se utilizará una estación de gestión de red central (Server NMS) que estará ubicada en la capital de la región, Puerto Maldonado (DISA), la cual gestionará el total de los equipos de la red.

La gestión se deberá realizar en dos niveles:

- Gestión de Red (para gestión de conectividad de Red)
- Gestión de Elementos de Red (de un Equipo Particular)

#### 4.10.2 Funciones Principales mínimas requeridas

- Gestión de Configuración:
  - Inventario
  - Diseño de Rutas
  - Aprovisionamiento, etc
- Gestión de Fallas:
  - Mapa de Red
  - Visualización de alarmas
  - Reporte histórico de Alarmas
  - LOG de eventos, etc.
- Gestión de Performance:
  - Telemetría
  - Recolección y visualización de información de Performance
- Gestión de seguridad:
  - Perfiles de Usuarios y Passwords (claves de acceso)
  - Asignación de Privilegios
  - Dominios de Administración
  - LOG de comandos, etc
- Gestión de sistema:
  - Bases de Datos
  - Conectividad
  - Licencias de NE

- Vistas de Estado de Red, etc

Consola tipo LCT (Local Craft Terminal):

En la pantalla del LCT se deberá poder abrir una consola para un elemento de Red, haciendo clic sobre el símbolo que representa el NE en el NMS. Desde esta consola, el operador podrá efectuar el aprovisionamiento remoto de cada elemento de red, como así también realizar pruebas sobre los mismos.

Consola Local de Enlace (LCT):

El sistema de gestión también deberá incluir una consola de supervisión local enlace por enlace (computadora portátil) ésta permitirá la gestión completa de los mismos desde cada sitio (estación).

La arquitectura del sistema de gestión deberá de ser del tipo Cliente – Servidor y el acceso Multiusuario.

#### 4.10.3 Configuración del hardware

Para asegurar la mayor disponibilidad y confiabilidad del sistema los servidores deberán ser LINUX de alto rendimiento, con las siguientes especificaciones:

- Fuentes de alimentación redundante Hot-Swap
- Discos Rígidos redundantes Hot-Swap de alta preformase (10,000RPM y MTBF>1.2Mhoras)
- Soporte para RAID 0, 1, 0+1 y otras.
- Varios niveles de diagnóstico del sistema (hardware y Software)
- Dispositivos de Back up autónomo en cintas de alta capacidad de transferencia ( 1Mb/s)
- Redundancia de Servidor:
  - Se usará una opción de un sistema de alta disponibilidad. Para lo cual será necesaria la implementación de dos Servidores (de similares características), Servidor en paralelo a fin de lograr una disponibilidad cercana al 100%.

- Se implementará como una opción más económica para la empresa operadora un sistema Cold – Standby, con bandejas de discos Extraíbles y la implementación de un sistema spare o backup listo para actuar en caso de fallas del servidor principal, esta solución no cumple con una disponibilidad del 100% pero es una solución más económica.

#### 4.10.4 Funcionalidades adicionales

El sistema de gestión contará con las siguientes funcionalidades opcionales a fin de lograr la integración del NMS con los sistemas de gestión de otras tecnologías y la supervisión de otros equipos:

- **Recolección de Eventos de diferentes tecnologías.**  
Capacidad de recolectar las alarmas de diferentes tipos de equipos y manejar estas alarmas en un único y consistente ambiente (una única aplicación). Para la recolección de mensajes de eventos se utilizarán protocolos ASCII, TL/1, SNMP o CMIP.
- **Traducción de mensajes de eventos (alarmas)**  
Capacidad de manejar alarmas de diferentes equipos que utilicen diferentes protocolos de comunicación y convertirlos a un formato estándar conforme la ITU-T Rec X.733 (recomendación sobre la forma de recolectar alarmas).
- **Correlación de eventos:**  
La correlación de eventos permite relacionar causas comunes de alarmas, eliminar mensajes transitorios que no representan una falla real. Su función principal es la de realizar el trabajo de análisis de alarmas en tiempo real y proveer al usuario operador de la plataforma la información justa y necesaria para determinar un problema específico en la red.

Básicamente permite:

- Ocultar avalanchas de eventos producidas en la red por una causa concreta o determinada, indicando al usuario esa causa concreta.
- Determinar una causa de una falla, en base a un grupo de eventos recibidos y mostrarla al usuario indicando la probabilidad de certeza estimada de que sea esa la falla real.

- Eliminar repeticiones periódicas de eventos
- Permitir que eventos o alarmas cancelen alarmas activas.

Mediante la edición de reglas de correlación, se puede dar consistencia a la información de fallas, de forma tal que el usuario / operador posee la causa original de los problemas, como ventaja adicional, el operador puede no recibir una avalancha de información en caso de fallas que se deben a un sólo elemento, pero que generan múltiples mensajes en varios módulos del equipo.

- Entorno Gráfico:

El uso de entorno gráfico permite una interfase gráfica entre el NMS y el o los operarios de tal manera que la labor de los operadores sea mucho más amigable. Esta funcionalidad permite la gestión en forma gráfica, por medio de mapas topológico - geográficos, representación con iconos de los elementos de red y del Estado de los mismos, por medio de cambios de colores.

La interfase al usuario deberá ser a través de menús replegables, que permitan el rápido acceso a las funcionalidades ofrecidas por el NMS.

- Tratamiento de Problemas:

Se debe permitir la administración de problemas integrados a las alarmas, realizando el seguimiento de cada problema, con posibilidad de enviar mail/pager a los responsables asignados de cada problema. A su vez se debe permitir que los responsables asignados, incluyan comentarios y cambien el Estado de los problemas: ABIERTO – EN PROCESO – DEMORADO –SOLUCIONADO - CERRADO, etc.

- Seguridad de acceso al sistema:

El acceso al sistema debe cumplir con las siguientes funcionalidades:

- Validación mediante ingreso de Usuario / Contraseña para conectarse vía Web al sistema.
- Creación / Modificación / Baja de Perfiles: Crea perfiles típicos de administrador, operador, operador con restricciones, etc.
- Creación / Modificación / Baja de Usuarios: Permite asignar usuarios relacionados con un determinado perfil.

- Cambio de clave de acceso: Permite que cada usuario administre su clave de acceso.
- Creación / Modificación / Baja de Dominios Lógicos: Permite definir dominios lógicos de trabajo y asignarlos a cada uno de los usuarios del sistema, de forma tal de restringir el ámbito de operación de cada uno de los usuarios.

#### 4.10.5 Configuración del sistema de supervisión

La configuración del sistema de gestión de red estará basado en una Plataforma del tipo “Cliente – Servidor” donde:

- Cliente:
  - Provee la interfase gráfica al operador.
  - Un cliente puede comunicarse con múltiples servidores.
  - Un servidor puede aceptar múltiples clientes.
- Servidor:
  - Maneja la base de datos de información de cada uno de los elementos de red.
  - Maneja y unifica la información de cada uno de los elementos de la red a ser gestionados.
- DCN (Data Communication Network):
  - Red de comunicación de datos, es la línea de comunicación entre servidores, entre clientes servidores, y elementos de red.
  - Está formado por los routers, switches, módems, y todos los elementos de comunicación que intervienen en la línea de transmisión de datos.

Plataforma de hardware:

Servidor de Red Puerto Maldonado (DISA):

- SUN Ultra60 Modelo 1360 (1 CPU) o Modelo 2360 (2-CPU)
- 512M Byte memoria RAM (Mínimo) – 1GB es recomendado
- Monitor CRT de 17”
- Disco Duro 18GByte (4.2 GB x 3 Sets es más recomendable) HOT SWAP.
- CD-ROM Drive 644M Byte (Interno)

- Tarjetas Ethernet PCI por 2.

Cientes:

- PC con Windows XP con 256M Byte RAM (mínimo).
- Monitor CRT 14”
- Disco Duro de 40G Byte como mínimo
- CD-ROM Drive 644MByte (Interno)
- Impresora (Opcional).

Plataforma de Software:

CUADRO 4.3  
PLATAFORMA DE SOFTWARE

	SERVIDOR	CLIENTE
SISTEMA OPERATIVO	Linux	Windows XP
INTERFASE GRÁFICA	-	HO open view
SOFTWARE DE APLICACIÓN	Propietario de fabricante	Propietario de fabricante

#### 4.11 Sistema de alimentación

En esta sección se describirá el sistema de alimentación para cada una de las estaciones. Los sistemas de alimentación propuestos para el proyecto se clasifican en dos tipos: el primero se compone de un equipo de alimentación DC derivado de la red AC. Y el segundo se compone de un sistema de energía solar. En el cuadro 4.4 se muestra la distribución de las estaciones por sistema de alimentación.

CUADRO 4.4  
DISTRIBUCIÓN DE LAS ESTACIONES POR SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Estaciones con alimentación Solar	Estaciones con alimentación AC
Rep1.Loboyoc	Puerto Maldonado (DISA)
Rep2	C.S. Planchon
Rep3	C.S. Mavila
Rep4.San Lorenzo	C.S. Alerta
Rep5	Iberia HSM
	C.S. Iñapari

Las estaciones con alimentación AC son estaciones que están conectadas a redes de distribución de energía o lugares que generan su propia energía. Las estaciones con alimentación solar son estaciones que carecen de energía AC. En el anexo 4.9 se muestra el sistema nacional de transmisión de energía eléctrica en donde se aprecian las zonas que carecen de energía.

Hay que recalcar, que en la zona norte de Madre de Dios aún no se cuenta con recursos de la red eléctrica, pero para fines de este estudio y como consecuencia de un viaje realizado a la zona, podemos afirmar que los Centros de Salud cuentan con energía eléctrica generada con medios alternativos como generación por grupo electrógeno diesel. Además, no podemos negar las infinitas ventajas y beneficios que traerá el proyecto de la Carretera Interoceánica, ya en ejecución, y que indudablemente proveerá de energía eléctrica a todos los centros poblados ubicados en su extensión incluyendo a los Establecimientos de Salud considerados en este proyecto.

#### 4.11.1 Descripción de los sistemas

El primer sistema, el equipo de alimentación DC opera de la siguiente manera:

El cargador rectificador recibe normalmente energía de la red AC a través de un panel de transferencia automática y luego suministra energía DC al equipo de comunicación, mientras hace simultáneamente la carga en flotación del banco de baterías. En caso ocurra una falla en la red AC, se suministra energía DC sin interrupciones a los equipos de comunicación a través de descarga de baterías. El equipo de alimentación DC con grupo electrógeno diesel consta principalmente de las baterías y el cargador rectificador.

Un banco de baterías tendrá la capacidad suficiente para suministrar energía DC a los equipos de comunicaciones por 120 horas a temperatura ambiente de 25°C.

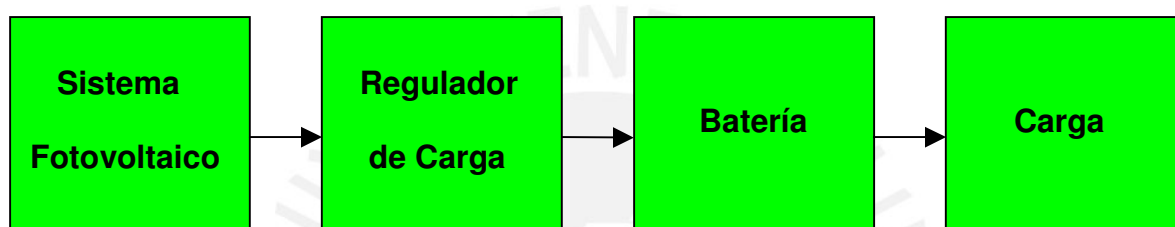
El equipo de alimentación de DC por sistema de energía solar opera de la siguiente manera:

Durante la claridad del sol, el conjunto de módulos solares convierte la luz en energía eléctrica DC. La cual es suministrada a la carga mientras se están cargando las baterías.

Cuando un nivel de carga llega a un valor impedido, un circuito de protección opera para proteger la batería contra la sobrecarga. Si la célula solar no produce suficiente energía por causa de la baja luz del sol, la batería mantiene de corriente a la carga. La batería tiene suficiente capacidad para suministrar corriente con una autonomía de 5 días.

El sistema de energía fotovoltaico esta formado por celdas fotovoltaicas, el regulador de carga de baterías y las baterías como se muestra en la figura 4.14:

Fig. 4.14 SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO



- Celda Fotovoltaica

Es la encargada de captar y transformar la energía solar en energía eléctrica. Para que una célula solar expuesta al sol produzca energía eléctrica debe reunir las tres siguientes características esenciales:

- Ser capaz de absorber una fracción importante de la radiación solar para que la generación de pares electrón-hueco sea eficiente.
- Tener un campo eléctrico interno que separe las dos cargas impidiendo su posterior recombinación.
- Finalmente, las cargas separadas deben ser capaces de viajar a través de la oblea hasta los electrodos superficiales desde donde pasan al circuito exterior.

Aspectos a tener en cuenta:

- Un módulo fotovoltaico puede generar energía en días nublados, aunque su rendimiento baja con respecto a un día soleado.
  - La elevación del lugar donde se instala no tiene ninguna relación con la eficiencia del sistema, es decir que la altura a la que van a ser instalados las células fotovoltaicas no va a influir en el rendimiento. Los paneles se instalan a cierta altura para salvar sombras y tener así un contacto directo con el sol. Si usted escoge un lugar para los módulos, asegúrese que tiene la luz directa a las superficies de los módulos. La luz filtrada, como por ejemplo a través del follaje de los árboles, va a disminuir mucho el rendimiento del módulo. La instalación de los módulos se hace con preferencia en una zona fuera del camino principal, como en el techo o una pared expuesta al sol. Si su casa recibe mucha sombra se pueden montar los módulos a cierta distancia de la vivienda, como en un poste. Es también importante, mantener un espacio de 2,5 cm entre el módulo y el soporte para que se mantenga un flujo de aire.
  - Otro factor importante es la inclinación del panel fotovoltaico. Éste debe tener una inclinación de  $15^\circ$  en verano y  $60^\circ$  en invierno con respecto a la horizontal, para captar los rayos solares perpendiculares a la placa fotovoltaica y de esta manera nos dará un rendimiento óptimo al sistema. Para obtenerlo, ajuste su módulo directamente al sol. Incline el módulo de tal manera que el ángulo de inclinación esté correctamente en la hora del mediodía. Si no quiere ajustar la instalación cada estación del año, use el ángulo de inclinación de invierno.
- Reguladores

Existen diversos tipos de reguladores de carga, el diseño mas simple es aquel que involucra una sola etapa de control. El regulador monitorea constantemente la tensión de batería. Cuando dicha tensión alcanza un valor para el cual se considera que la batería se encuentra cargada, (aproximadamente 14.1 Voltios para una batería de plomo ácido de 12 Voltios nominales), el regulador interrumpe el proceso de carga. Esto puede lograrlo abriendo el circuito entre los módulos fotovoltaicos y la batería (control tipo serie), o cortocircuitando los módulos fotovoltaicos (control tipo shunt).

Cuando el consumo hace que la batería comience a descargarse y por lo tanto a bajar su tensión, el regulador reconecta el generador a la batería y vuelve a comenzar el ciclo.

En el caso de reguladores de carga cuya etapa de control opera en dos pasos, la tensión de carga a fondo de la batería puede ser algo mayor a 14,1 voltios.

El regulador queda definido especificando su nivel de tensión (que coincidirá con el valor de tensión del sistema) y la corriente máxima que deberá manejar.

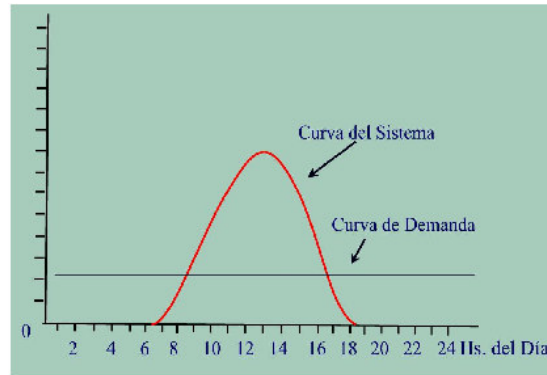
- Baterías

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico, es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad, para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo. Otra importante función de las baterías, es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar. Tal es el caso de un motor, que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos.

- Interacción entre módulos fotovoltaicos y baterías

Normalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas. La siguiente figura muestra cómo se distribuye la entrega de energía a la carga a lo largo del día (figura 4.15). Durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías. En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor que la que exige la carga, la batería deberá contribuir en el aporte. A partir de una determinada hora de la mañana, la energía generada por los módulos fotovoltaicos superada la energía promedio demandada. Los módulos no sólo atenderán la demanda, sino que además, todo exceso se almacenará en la batería que empezará a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior. Finalmente, durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda, la entrega a la batería. En la noche, la generación es nula y todo el consumo lo afronta la batería.

Fig. 4.15 DISTRIBUCION DE ENTREGA DE ENERGIA EN EL DIA

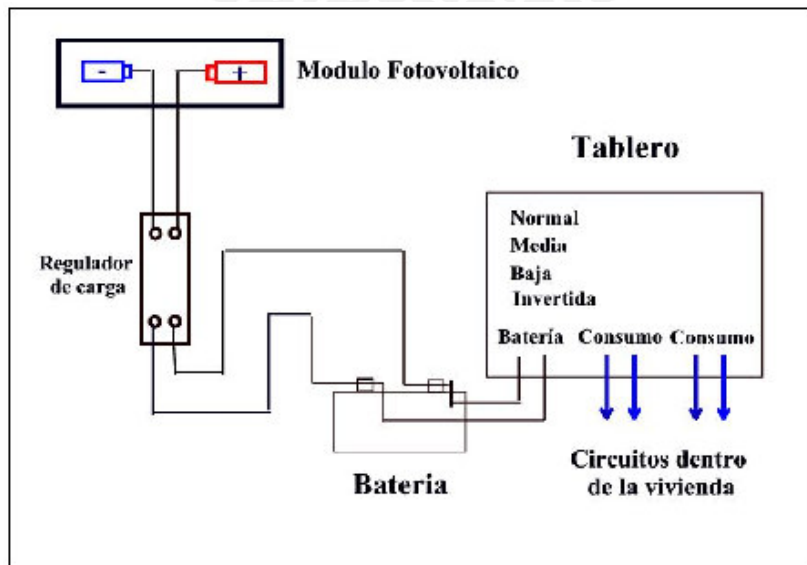


- Conexión

Para asegurar una operación apropiada de las cargas deberá hacerse una adecuada selección de los cables de conexión. Tanto de aquellos que vinculan al generador solar con las baterías, como de aquellos que interconectan éstas con las cargas.

En la figura 4.16 se muestra un esquema de conexión básico para una instalación de 12 Vcc con un módulo fotovoltaico y un regulador de 12 Vcc:

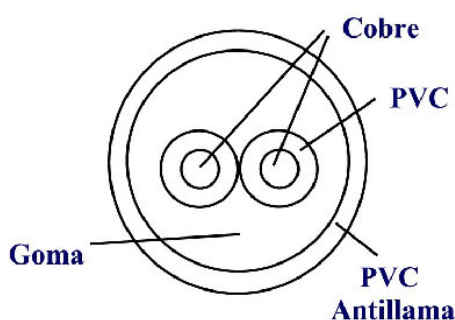
Fig. 4.16 ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO



- Dimensionamiento de cables de conexión

Los cables cuyo recorrido se realiza prioritariamente en intemperie, deberán ser aptos para ésta condición. Se recomienda utilizar para estos casos, el cable cuyas características fija la Norma IRAM 2220. Este cable, cuya sección transversal responde a la figura 4.17, no necesita protección mecánica, es decir que no necesitará realizar su recorrido dentro de un caño. Su nivel de aislamiento es de 1100 voltios.

Fig. 4.17 CABLE DE SISTEMA FOTOVOLTAICO



Con el propósito de asegurar un funcionamiento adecuado de las cargas (luminarias, televisión, equipos de transmisión, etc.), no deberá haber más de un 5% de caída de tensión, tanto entre módulos y baterías, como entre baterías y centros de cargas.

Para simplificar el proceso de selección del cable, la figura 4.18 nos muestra la sección adecuada de cable a utilizar, para una caída de tensión del 5% en sistemas de 12 V. En la columna de la izquierda, debe elegirse la corriente que se espera circulará por el cable. Sobre ese mismo renglón, se busca la distancia que recorrerá dicho tramo de cable y leyendo en la parte superior de dicha columna, se encontrará la sección de cable correspondiente.

Fig. 4.18 DISTANCIA MÁXIMA EN METROS PARA UNA CAÍDA DE TENSIÓN DE 5%  
EN SISTEMAS DE 12 V

Seccion (mm <sup>2</sup> )	35	25	16	10	6	4	2.5	1.5
Corriente (A)								
1	540	389	246	156	93	62	39	22
2	270	194	123	78	46	31	19	11
3	180	130	82	52	31	20	13	7
4	135	97	62	39	23	15	10	5
5	108	78	49	31	18	12	8	4
6	90	65	41	26	15	10	6	3
7	77	55	35	22	13	9	5	2.8
8	67	49	31	19	12	8	4.5	2.5
9	60	43	27	17	10	7	4	2
10	54	39	25	16	9	6	3.5	1.8
12	45	32	20	13	8	5	3	1.5
15	36	26	16	10	6	4	2	1
18	30	22	14	9	5	3	1.8	0.8
21	26	18	12	7	4	3	1.6	0.7
24	22	16	10	6.5	3.5	2.5	1.5	0.5
27	20	14	9	5.5	3	2	1	-
30	18	13	8	5	2.5	1.5	0.8	-

#### 4.11.2 Cálculo de capacidad de los equipos

Para calcular la capacidad de los equipos, se utiliza las siguientes fórmulas:

Sistema de energía solar:

- Conjunto solar (conformado por módulos de 50 wp)

$$E_g > (E_c) \times (F_s) \times 1.6$$

$$E_g = (N_p) \times 75 \text{ wp} \times \text{Radiación a } 1000\text{w/m}^2$$

Ec (w-h/d):	Energía consumida por los equipos en Watts-hora, multiplicado por el número de horas de uso al día.
Fs:	Factor de seguridad, 1.1 (10 % más del consumo calculado)
Potencia pico del módulo:	50 wp (diseño)
Radiación a 1000w/m2 (peor mes) en horas:	4.5 h/día (para Madre de Dios)
Eg (w-h/d):	Energía generada (mayor que EC)
Relación carga descarga:	1.6 (factor de diseño, el panel genera 60 % más del consumo calculado)
Np:	Número de paneles requeridos

- Baterías

$$C_{bb} > (K \times E_c) / P_d$$

$$C_{bb} = N_b \times C_b \times V$$

C <sub>bb</sub> (w-h):	Capacidad del banco de baterías
C <sub>b</sub> (Ah):	100 Ah (diseño)
Voltaje (V):	12 Vcc
P <sub>d</sub> :	Profundidad de descarga, 0.6 (diseño)
N <sub>b</sub> :	Número de baterías

K: Días de autonomía

Ejemplo de cálculo:

Según lo expuesto anteriormente, se presenta un ejemplo de cálculo para el sistema de alimentación por energía solar, éste será válido para todas las **estaciones repetidoras** ya que su configuración es la misma en todos los casos:

Primero es necesario calcular la potencia requerida por la estación, para lo cual se obtiene una lista de los equipos y la potencia que cada uno demanda.

Por ejemplo para la estación Rep1. Loboyoc:

**Calculo de energía solar Rep1. Loboyoc**

cargas	descripción	Cant	nº de horas	potencia	inversor	w-h/día
Soekris	consumo	1	24	5.0	1	120
telefono voip	consumo	1	24	3.0	1	72
Luminarias 13W - 800 lúmenes	encendida	2	2	16.7	1	67

Total de energía necesaria en un día **259 w-h/día**  
 Perdidas **1.1 %**  
 Total energía necesaria **284.7 w-h/día**

**Numero de paneles**

**Numero de Baterías**

Potencia pico del módulo 50 wp

Capacidad de una batería 100 Ah

Radiación a 1000w/m2(peor mes) en horas 4.58 h/día

Voltaje de batería 12 V

Total energía generada 458 w-h/día

Capacidad banco de batería 2,400 w-h

Relación carga/descarga

Profundidad de descarga 0.6

días de autonomía

A continuación, presentaremos un ejemplo de cálculo para una **estación terminal**, que como bien se explicó anteriormente, cuentan con energía de la red eléctrica, por lo que nos remitiremos a calcular la cantidad de baterías necesarias que puedan proporcionar una autonomía de 5 días en caso ocurra una falla en la red.

Con excepción de la estación terminal Puerto Maldonado (DISA), donde se encuentran los servidores de la red, todas las estaciones terminales cuentan con equipos de informática que generarán un consumo adicional a la estación, dichos equipos serán alimentados por las baterías mediante un inversor el cual se encargará de convertir la corriente DC de las baterías en los 220 Vac que necesitan:

### Calculo de baterías C.S. Planchon

cargas	descripción	Cant	nº de horas	potencia	inversor	w-h/día
Soekris	consumo	1	24	5.0	1	120
telefono voip	consumo	1	24	3.0	1	72
Luminarias 13W - 800 lúmenes	encendida	2	2	16.7	1	67
Impresora	imprimiendo	1	0.5	22.0	0.85	13
Computadora de bajo consumo	en uso	1	2	47.0	1	94
	reposo	1	0.5	32.0	1	16

Total de energía necesaria en un día **382 w-h/día**  
 Perdidas **1.1 %**  
 Total energía necesaria **419.9 w-h/día**

**Numero de Baterías**

Capacidad de una batería 100 Ah  
 Voltaje de batería 12 V  
 Capacidad banco de batería 3,600 w-h  
 Profundidad de descarga 0.6  
 días de autonomía

### 4.12 Protección contra rayos y sistemas de puesta a tierra

Todas las instalaciones de las estaciones, deberán estar protegidas con un adecuado sistema de protección contra descargas atmosféricas e inducciones electrostáticas. Dicha protección, comprenderá a los equipos de telecomunicaciones y energía.

Se deben hacer mediciones de resistividad del terreno y verificar la calidad del mismo durante el estudio de campo.

Para este proyecto, debido a la falta de información sobre el terreno propondremos los posibles sistemas de protección para conseguir una resistencia igual o menor a 10 ohmios.

Los sistemas de protección están comprendidos: por el pararrayos que es el elemento captor de descargas e inducciones y la bajada al sistema de tierra que esta constituido por el pozo a tierra.

La finalidad del pararrayos es crear una región ionizada alrededor del elemento captor, facilitando una trayectoria de menor resistencia para la corriente piloto (trazador) emitida por la nube, permitiendo así la formación de un canal de descarga y orientando el camino del rayo. Para ello, se empleará un pararrayo tetrapuntal, que irá instalado en un soporte montado en la parte superior de la torre, con conexión directa al sistema de tierra, mediante un cable de cobre de gran capacidad de corriente.

Características del pararrayo:

Forma:	Tetrapuntal (un estilete central y 3 laterales)
Material:	Bronce pulido cromado.
Dimensiones:	Estilete central de 26 x 2.2 cm. Estilete lateral de 16 x 1.6 cm.
Peso:	aprox. 1.3 Kg.
Campo de protección:	Cónico, vértice en el dispositivo captor. El ángulo entre la generatriz y el eje vertical es de 45° para una seguridad del 98.5%.
Ubicación:	Aislado sobre un soporte y ubicado en la parte más alta de la torre.
Soporte:	Mástil de fierro galvanizado de 1½" de diámetro situado en el punto predominante de la torre y la altura mayor o igual a 1.5m. de manera que dé protección a todos los elementos del sistema a instalarse.
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.

Sistema de tierra

En general la construcción de los pozos será del tipo vertical.

Tipo de sistema: Vertical

Número de pozos: 1

Tipo de pozo (electrodo): Electrodo simple.

Electrodo: Varilla de Cu. Con 99.99% 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 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

Electrodo simple: 1 Dosis

Aplicación: En terrenos cultivables, suelos pedregosos y arenosos.

En el anexo 4.10 se muestran los sistemas de pararrayos y tierra.

## 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El objetivo de este capítulo es analizar los aspectos económicos del proyecto, evaluar los costos de inversión CAPEX, así como los costos de operación OPEX, haciendo un estudio de inversión del proyecto y la factibilidad del mismo.

### Costos de Inversión

Para el análisis del CAPEX (*CAPital EXpediture*), se considerarán los siguientes rubros:

- **Bienes importados**, se incluirá todo el equipamiento que se requiere adquirir en el extranjero. En este rubro se considerarán todo los equipos electrónicos de alta tecnología que no se fabrican en el país, que relacionamos a continuación:
  - Equipos inalámbricos, tarjetas, routers.
  - Materiales de instalación.
  - Sistemas aéreos: antenas, alimentadores, etc.

Es conveniente que la adquisición de los equipos sea hecha a través de un representante local del fabricante elegido. Cuyo valor debe incluir los costos de transporte y seguro internacional, además de la nacionalización de los bienes. Un punto muy importante a la hora de elegir al fabricante, es la experiencia que éste tenga en el mercado local en proyectos Wi-Fi; además de la capacidad e infraestructura con que éste cuente para brindar un adecuado soporte técnico post-venta; garantía de suministro de repuestos durante la vida útil de la red; respaldo de la casa matriz, para que ampare la garantía y el mantenimiento de los equipos, con el fin de asegurar el óptimo funcionamiento de la red.

Además de los equipos en si, es necesario costear cursos de entrenamiento para que el operador cuente con un equipo de técnicos preparados para el correcto mantenimiento de la red.

- **Bienes locales**, este rubro incluye todos los bienes que por su costo y disponibilidad conviene ser adquiridos en el mercado nacional, como son los materiales de instalación, regletas y conectores para el cableado de los sistemas, los gastos

relativos a la infraestructura y energía, así como los materiales para la construcción de las estaciones, torres y soportes de antena.

- **Servicios de instalación**, son los costos relativos a los gastos de instalación de la red y el personal que la realizará.
  - Implementación de infraestructura (Obras civiles y torres)
  - Instalación, pruebas y puesta en servicio de los equipos de telecomunicaciones (equipos de radio microondas, y multiplexores)
  - Instalación, pruebas y puesta en servicio de sistemas de energía (AC/DC y fotovoltaicos)
  - Transporte local de los equipos hasta los sitios de instalación (estaciones).

#### **Costos de Operación y mantenimiento:**

Para el análisis del OPEX (*OPerating EXpediture*) se consideran los siguientes rubros:

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

#### **5.1 Cálculo del CAPEX**

**Bienes importados:** el costo de los equipos de comunicaciones que forman parte de la red, se costearán en función de la configuración descrita en el capítulo anterior.

#### **Bienes locales:**

Estarán conformados por todos los equipos e infraestructura que por su disponibilidad en el mercado local, es mucho más conveniente su adquisición local. Consideramos en este rubro, la construcción de la torre, la estación y los soportes de antenas.

Las torres y los soporte de antenas deberán ser contratadas a contratistas locales que se encargarán tanto de la construcción como de la instalación de la torre, según el estudio realizado se deben construir 11 torres nuevas. La fabricación de los soportes de antena deberá ser encargada al mismo fabricante de las torres a fin de ahorrar costo y uniformizar materiales.

Los precios se presentan en términos de CIF (cost insurance and freight, importación con gastos de flete y seguros) y el Costo Total

**Precio CIF = Precio Total de Bienes + Flete + Seguro Internacional.**

**Costo Total = Precio CIF + Impuesto de Aduanas +IGV**

Donde:

Flete:	Flete a Perú, 3% del precio total de bienes
Seguros:	1% del precio total de bienes
Impuesto Aduanas:	8.75 % del precio total de bienes
I.G.V:	19% de la suma CIF + Impuesto de Aduanas

En el anexo 5.1 se muestra un ejemplo de cálculo de CAPEX para la Estación Rep1.Loboyoc.

Si bien el cálculo del anexo 5.1 se realizó para una estación repetidora, también es válido para las estaciones terminales, ya que, como vimos en el capítulo anterior, las estaciones terminales se diferencian de las repetidoras sólo por contar con un equipo de informática. Según los datos recopilados por la DISA Madre de Dios, las estaciones terminales incluidas en el presente proyecto, poseen computadoras en buen Estado y que cumplen con los requisitos técnicos previamente presentados, de manera que pueden utilizarse para los fines propuestos y no serán incluidas en el presupuesto.

En el anexo 5.2 se muestra el cálculo general del CAPEX, para la implementación total de la red.

## 5.2 Cálculo del OPEX

### Operación y Mantenimiento:

Para una correcta operación de la red, se efectuará un plan de mantenimiento tanto correctivo como preventivo.

- Mantenimiento Preventivo, consistirá en una visita cada 6 meses (dos veces al año) a todas las estaciones donde efectuarán las pruebas y el mantenimiento recomendado por los fabricantes.
- Mantenimiento Correctivo, se realizará cada vez que se detecte alguna falla en alguna de las estaciones, el tiempo de respuesta deberá ser inmediato pues la falla podría implicar interrupción del tráfico.

Para los gastos de operación y mantenimiento se toman en cuenta dos rubros:

- Costo de Personal para el mantenimiento de la red: En este rubro se incluye todo el personal necesario para la operación y el correcto mantenimiento de la red, se incluye el siguiente personal:
  - Un Ingeniero Jefe de Red, será el responsable del buen funcionamiento de la red y encargado de todo el personal de la zona.
  - Ingeniero Supervisor de estación, uno en cada estación principal (terminal) los cuales tendrán a su cargo la operación y el adecuado mantenimiento de las estaciones repetidoras próximas a la estación terminal asignada.
  - Técnico asistente de estación, uno por cada ingeniero supervisor, encargados de dar apoyo técnico a los ingenieros supervisores.
  - Personal de seguridad para cada una de las estaciones.
- Bienes y materiales necesarios para un correcto mantenimiento, en este rubro se incluyen los siguientes ítems:
  - Vehículos 4x4 para cada uno de los grupos, consideramos costo mensual y anual estándar en el mercado.

- Alquiler de lanchas, pues en el futuro habrán muchas estaciones que no cuentan con acceso terrestre, sólo fluvial, las lanchas se usarán básicamente para el Mantenimiento Preventivo, dos veces al año.
- Costo anual para renovación de Instrumentos de Medición.
- Costo anual para la compra de herramientas, accesorios y materiales necesarios para un correcto mantenimiento.

### **Autorizaciones Necesarias:**

Para iniciar las operaciones es necesario primero adquirir las licencias de permiso emitidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Existen 2 tipos de pagos que deben hacerse al ministerio:

- 1) Pagos por concepto de normalización y homologación de equipos
- 2) Pagos por concepto de autorización de operación

Como se mencionó anteriormente, los equipos ya se encuentran homologados por lo que no es necesario incurrir en este tipo de gasto, pero para el segundo caso si se requiere de una serie de trámites.

Según el artículo 205 del Reglamento General de la Ley de telecomunicaciones aprobado por D.S. N° 06-94-TC y modificado por D.S 005-99-MTC, 022-98-MTC, 002-99-MTC y 003-99-MTC, el pago por derecho a concesión o autorización será de dos y medio por mil (2.5/1000) de la inversión inicial prevista para el establecimiento del servicio de telecomunicaciones. Se exceptúan de este pago los servicios móviles satélites, pues se aplican diferentes montos para este servicio, pero en ningún caso los pagos que se hagan serán menores a los siguientes montos:

- Concesiones para servicios públicos de telecomunicaciones y de autorizaciones para servicios de radiodifusión, así como por renovación de las mismas: 1 Unidad Impositiva Tributaria (UIT).
- Autorizaciones para servicios privados de telecomunicaciones, así como por renovación: veinticinco por ciento (25%) de la UIT.
- Autorización, renovación y cambio de categoría para radioaficionados: Dos por ciento (2%) de la UIT.

Si aplicamos el valor aproximado para el caso del dos y medio por mil de la inversión inicial prevista, llega a ser de US\$ 114. Éste sería el monto que se tendría que pagar por derechos de autorización, siempre y cuando este valor sea mayor al 25% de la UIT especificado en el numeral dos de las cláusulas anteriores (nuestro proyecto se ubica en este tipo de servicio). El valor de la UIT para el año 2005 es de S/. 3 300, luego el pago asciende a un monto de S/. 825 que equivale aproximadamente a \$ 246. Al ser el pago mayor al monto anterior mencionado, éste sería el pago final por derecho de autorización de servicio.

El otro pago por hacer es por concepto del “canon por el uso del espectro radioeléctrico”. El artículo 210 de la Ley de Telecomunicaciones, dice que cuando se haga uso de la Tecnología Espectro Ensanchado se tiene que pagar un monto equivalente al 20% de la UIT por cada estación fija punto a punto. Entonces por cada estación se tendría que pagar S/. 620 que es aproximadamente \$ 185, lo cual para las 11 estaciones que se utilizan en este proyecto resulta un valor de US\$ 2 035.

En el anexo 5.3 se presenta el cálculo total del OPEX anual para la operación de la red WI-FI

### **5.3 Cálculo del retorno de la inversión**

Como pudo mostrarse en el desarrollo anterior, la inversión total para el proyecto está alrededor de US \$ 47 625. Este monto, para un proyecto de envergadura como el que se propone en la presente tesis y habiendo analizado la importancia de su desarrollo, es aceptable considerando los beneficios que trae consigo.

Para calcular el retorno de la inversión, se considera el gasto anual que realiza la DISA en la administración e intercambio de información entre establecimientos. Estos gastos se considerarían como un ahorro considerando los beneficios que traerá la nueva red.

En el cuadro 5.1 se muestra el detalle de gastos actuales, realizados en la recaudación de información entre los establecimientos de salud involucrados en este estudio.

CUADRO 5.1

DETALLE DE GASTOS PARA RECAUDACION DE INFORMACION

ESTABLEC SALUD	CIUDAD REFERENCIA	TIEMPO	PRESUPUESTO ANUAL	*COSTO DE ENVIO DE LA INFORMACION (Mensual)				COSTO SUPERVISION		TOTAL
			MANTENIM	Pasajes	Movilidad	Papeles	Diskettes	Viaticos	Pasajes	
CS PLANCHON	Pto Maldonado	50"	600	168	700	720	30	400	56	2674
CS MAVILA	Pto maldonado	2 Horas 20"	600	288	700	720	30	400	80	2818
CS ALERTA	Iberia	1 Hora	600	480	700	720	30	400	80	3010
HOSP SAN MARTIN	Pto Maldonado	G	600	600	700	720	30	400	280	3330
CS IÑAPARI	Iberia	1 Hora	600	720	700	720	30	400	80	3250
<b>TOTAL</b>			<b>3000</b>	<b>2256</b>	<b>3500</b>	<b>3600</b>	<b>150</b>	<b>2000</b>	<b>576</b>	<b>15082</b>

## Mantenimiento

Se gasta un promedio de 600 soles anuales por el funcionamiento del equipo de radio.

## Costo de envío de información

- Pasajes: Significa 1 persona por establecimiento para llevar la información a la DISA, pasaje incluye i/v x 12 meses
- Movilidad Local: 59 soles x mes x 12 meses = 700 soles
- Papeles: se gasta 600 soles mensuales X 10 microrredes sería 60 soles por microrred X 12 meses = 720 soles, cada uno.

## Costo de supervisión

Personal de la DISA que sale a supervisar la información que proporcionan los establecimientos:

- Viáticos: 2 personas X Movilidad Local 50 soles X 1 día por microrred X 4 Trimestres (cada tres meses se programa supervisión) = 400 soles anuales por microrred.
- Planchon = 2 personas X 7 soles pasaje X 4 Viajes (Trimestres) = 56 soles
- Alerta = 2 personas X 10 soles pasaje (Planchon a alerta) X 4 viajes = 80 soles
- Hospital San Martín = 2 Personas X 10 soles pasaje (Alerta al HSMP) + 25 soles pasaje (HSMP a Maldonado) X 4 viajes = 280 soles anuales

Para calcular el retorno de la inversión, se necesita elaborar un flujo de caja donde se considerarán como ingresos el ahorro del gasto detallado anteriormente, el flujo de caja proyectado se muestra en el anexo 5.4.

Según el cálculo, se obtuvo que: **VAN = 15%** **TIR = 9%**

Esto nos indica que la inversión se recuperará en poco **menos de 4 años**. Hay que recalcar que para el cálculo no se están considerando los beneficios que se tendrán con la tele-educación o el comercio electrónico. El cálculo realizado es sólo una aproximación, ya que depende de muchos factores. Además, hay que tener en cuenta, que éste es un proyecto de desarrollo social y el impacto se deberá medir con Indicadores de mejora en la Calidad de Vida de los Pobladores.

## OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

### Observaciones:

Dentro de las redes de transporte inalámbrica, las que están alcanzando mayor desarrollo y despliegue debido a su alta capacidad de transmisión, son las de transmisión digital basadas en la norma IEEE 802.11, que originalmente fueron diseñadas para redes de área local con una distancia limitada. Hoy en día, se pueden alcanzar mayores distancias con el uso de antenas direccionales con una ganancia determinada. En nuestro caso, se podrán interconectar distintos establecimientos de salud utilizando el estándar 802.11b, los 11 Mbps de ancho de banda, que nos garantizan una infinidad de prestaciones como el intercambio de datos, video y voz.

El sistema de transmisión mediante el estándar IEEE 802.11b, está en pleno auge y es utilizado en países con características geográficas difíciles, donde cada vez se consiguen enlaces a mayores distancias y a medida que aumenten el número de aplicaciones y requerimientos de la red, se podrá pensar en migrar a la tecnología WI-MAX. Donde se tendrá disponible inmensos anchos de banda y un amplio rango de cobertura, y lo más importante será, que nuestra red estará preparada para hacerlo.

Como bien se mencionó anteriormente, los niveles de potencia obtenidos en los cálculos realizados, sobrepasan los límites permisibles normados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Sin embargo, por tratarse de un proyecto de desarrollo rural, es preciso solicitar, previamente, al MTC nos exonere de su cumplimiento y de esta manera omitir esta falta.

Actualmente, no se cuenta con redes de datos de ningún tipo en la región de Madre de Dios, y teniendo en cuenta que actualmente se está ejecutando el proyecto de la carretera Interoceánica, es evidente la necesidad de implementar una “red de comunicaciones”, que brinde a la población de la zona adecuados medios de comunicación, que les permita la apertura de un mundo globalizado, mejorando su capacidad para los negocios, educación a distancia, cultura, promoción y desarrollo en general.

## Conclusiones y Recomendaciones:

El estudio realizado en la presente tesis, ha evidenciado que la región de Madre de Dios a pesar de ser un territorio extenso y con considerable población, evidencia carencias básicas como son: redes de distribución eléctrica, falta de vías de comunicación, limitación de los sistemas de comunicaciones y que necesitan atención inmediata por parte de las autoridades. Los presupuestos asignados para la región son escasos, no bastan para cubrir sus principales necesidades. Es por ello, que se debe buscar y fomentar la inversión privada, así como nuevos proyectos para impulsar y promover un creciente desarrollo de la región.

Así mismo, **es imprescindible** la realización de un estudio de campo, a fin de confirmar los datos obtenidos de las cartas topográficas, líneas de vista, características de los terrenos, rutas de acceso, etc.

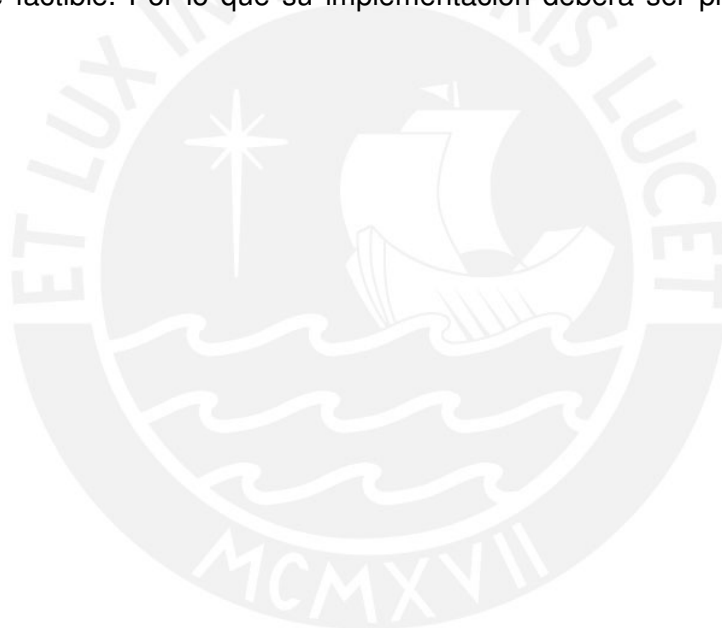
Este es un proyecto muy amplio, de gran envergadura y alto monto de inversión. Esta tesis ha abarcado la mayor cantidad de temas posibles, y se ha tratado de hacer el mayor número de diseños necesarios para la implementación del mismo. Hay algunos puntos que se han mencionado, pero en caso de implementarse el proyecto, éstos deberán realizarse. Tales como: efectuar el estudio de calidad del terreno, para realizar el diseño de la cimentación de las torres; cálculos estructurales para las edificaciones, etc.

Se ha desarrollado el diseño de los enlaces entre establecimientos de salud que conforman cabeceras de microrred en el tramo Puerto Maldonado – Iñapari, debido a que éstos son puntos de concentración de la información. Sin embargo, es imprescindible como etapa siguiente, realizar el diseño de los enlaces entre los establecimientos de salud restantes en la región, de manera que se tenga una cobertura total para la red de salud de la región de Madre de Dios.

Así mismo, para lograr una conectividad completa e integral, se recomienda que en la siguiente etapa se considere el presente estudio, para el diseño de los enlaces entre Centros y Puestos de Salud. Donde se podrán utilizar los conceptos de diseño utilizados en la presente tesis. La tecnología a utilizar puede ser la misma y basándonos en el

contexto de la ausencia de servicios básicos en la zona, se deberá utilizar equipos de bajo consumo de potencia que se alimenten por medio de sistemas de energía solar.

Finalmente, debemos resaltar, que el estudio realizado representa una primera etapa dentro de la totalidad de trabajos que se tendrán que efectuar, para obtener un resultado favorable. Por ejemplo: la capacitación de los usuarios finales, desarrollo de aplicaciones específicas en salud, programas de educación, promoción general de la red, etc. La red de comunicaciones planteada, es una necesidad para el desarrollo económico de la región. Para que en un futuro, no muy lejano, se facilite las transacciones comerciales, el intercambio cultural y tener todas las ventajas que las comunicaciones y el mundo globalizado pueda ofrecer. Y como se ha demostrado, es tanto técnica como económicamente factible. Por lo que su implementación deberá ser prevista en el corto plazo.



## BIBLIOGRAFÍA

HORNA HERMOZA, Edwin.

2004 Diseño de una red inalámbrica utilizando la norma IEEE 802.11b para interconectar los puestos de control en Tacna de una institución pública del Estado peruano. Tesis (Ing.) Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima. 99 p.

ALVARADO MARTIN, Javier y MENDOZA ESPINOZA, José.

2004 Elección y diseño de una red de comunicaciones para la región Loreto. Tesis (Ing.) Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima. 130 p.

BAY AREA RESEARCH WIRELESS NETWORK

2003 Outdoor Wireless Router Witepaper [en línea] California. [consultado 2005/06/01]  
< [http://www.barwn.org/docs/BARWN\\_outdoor\\_router.pdf](http://www.barwn.org/docs/BARWN_outdoor_router.pdf)>

DE LEON, Omar.

2003 Aspectos generales del mercado de comunicaciones de datos en Latinoamérica. *AHCIET* [en línea], 4 (1). Junio [consultado 2004/11/01]  
<<http://www.ahciet.net/comun/portales/1000/10002/10007/10299/docs/004-08-17.pdf>>

SARAVIA, Miguel.

2003 Ideas para repensar la Conectividad en Áreas Rurales. *ITDG* [en línea]. Marzo [consultado 2004/11/01]  
<<http://www.itdg.org.pe/archivos/tic/Ideas%20para%20repensar%20la%20conectividad%20en%20areas%20rurales.PDF>>

GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS

2002 Plan concertado del Departamento de Madre de Dios. En: Plan estratégico concertado de desarrollo de Madre de Dios, 2002 al 2011. Marzo. Madre de Dios.

## MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

2005 Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (Abril 1). Lima.

<<http://www.mtc.com.pe>>

## ITU-D FOCUS GROUP 7

2000 Nuevas Tecnologías para Aplicaciones Rurales. En: Informe final del grupo étnico 7. Londres.

< [http://www.itu.int/ITU-D/fg7/pdf/FG\\_7-s.pdf](http://www.itu.int/ITU-D/fg7/pdf/FG_7-s.pdf)>

## BARADELLO, Carlos.

2001 Introducción a las Redes Wi-Fi: Los estándares técnicos 802.11 a/b/g. *Instituto para la conectividad en las Américas, 1 (2): 1-10.*

## GOMEZ GONZALES, Amanda.

2003 Telemedicina en la sociedad de la Información. El caso de México. En: Programa Nacional de Telesalud Mexico. III *Simposio AHCIET sobre Telemedicina* [en línea], Abril [consultado 2005/09/01].

<<http://www.ucsd.edu.do/v3/cra/documentos/Telemedicina%20en%20Mexico.pdf>>

## EHAS PERU

2004 Proyecto de Telemedicina en las provincias de Quispanachis y Acomayo. Cuzco – Perú. Diseño de la red de comunicaciones inalámbrica para voz y datos englobado en el proyecto EHAS-ALIS. Octubre. Lima

PLANOS DEL DEPARTAMENTO Madre de Dios. Instituto Geográfico Nacional. Escala 1/100

2005 Lima: Instituto Geográfico Nacional. 10 Planos (22x, 23x, 23y, 24x, 24y, 24z, 25y, 25z, 26y, 26z)

## GUEVARA JULCA, José.

2004 Sistema de comunicaciones orientadas a la descentralización de las entidades públicas de país. Tesis (Ing.) Universidad Nacional Mayor de san Marcos. Facultad de Ingeniería Electrónica. Lima. 232 p.

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION GRUPO DE NUEVAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2004 La situación de las Tecnologías WLAN basadas en el estándar IEEE 802.11 y sus variantes (“Wi-Fi”) [en línea] Madrid [consultado 2005/08/01].

< [http://www.coetc.org/Ex\\_Prof/documentacio/informeWIFICOIT.pdf](http://www.coetc.org/Ex_Prof/documentacio/informeWIFICOIT.pdf)>

COMISION NACIONAL DE TELESANIDAD PERUANA

2003 Plan Nacional de Telesalud. Marzo. Lima

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. Oficina de Evaluación.

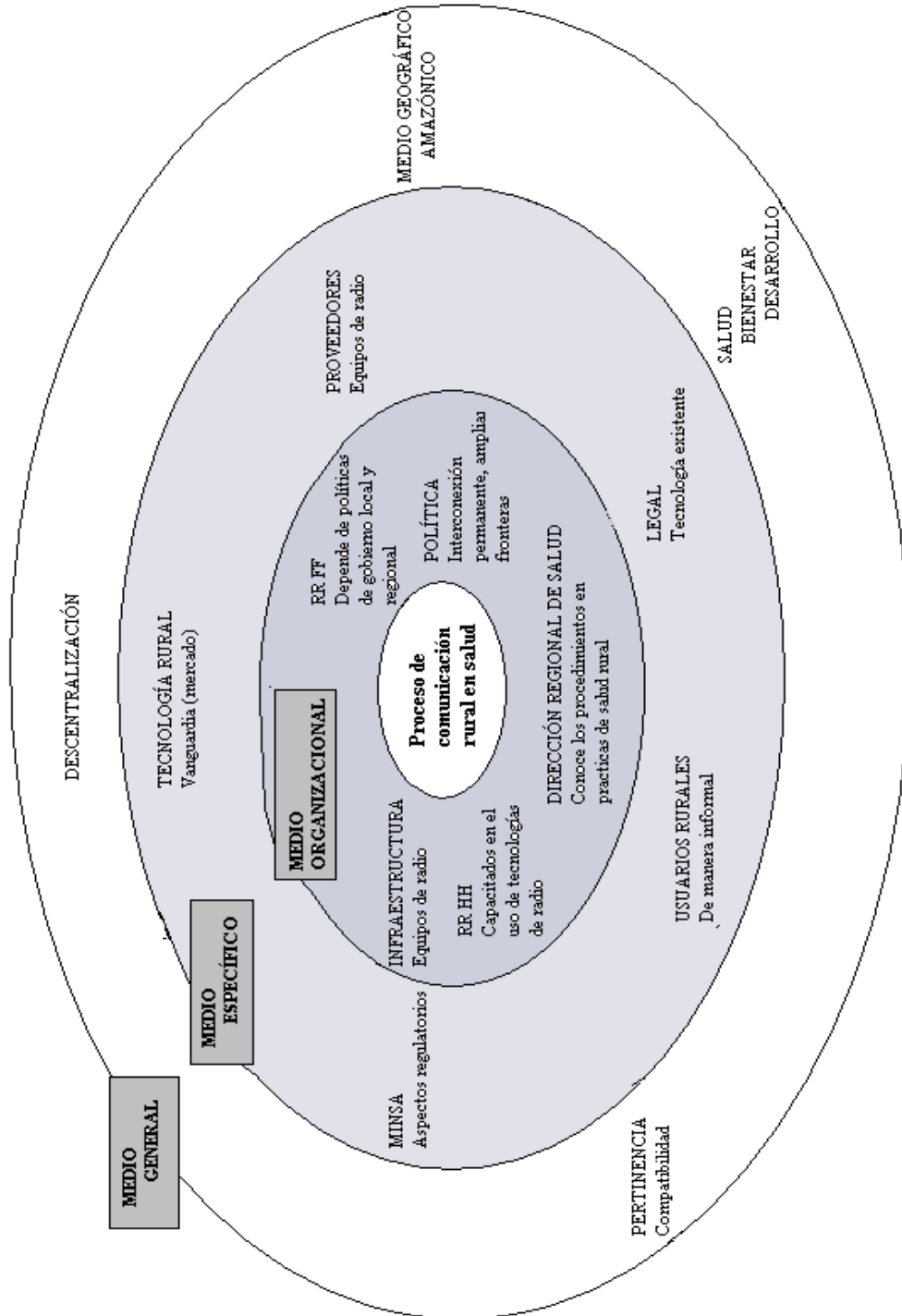
2001 Tecnología de la Información y las Comunicaciones para el Desarrollo. Nociones esenciales. (5). Setiembre.

NAVATER SABAS, Juan, DYMOND, Andrew y JUNTUNEN, Niina

2003 Servicios de Telecomunicación e Información para los Pobres – hacia una estrategia de acceso universal. *Banco Mundial* . Octubre, Washington.

ANEXO 1.1

VARIABLES EXTERNAS



## ANEXO 1.2

## VARIABLES INTERNAS

HECHOS	PROBLEMAS Y CAUSAS
Brecha geográfica y social que requiere atención integral de la salud	La existencia de un amplio espacio geográfico y gran dispersión demográfica genera inequidad en la prestación de servicios de salud
Concentración de la oferta de servicios de salud en zonas urbanas	Las zonas mas pobres y alejadas no cuentan con servicios de salud apropiados para la persona humana
Concentración de los servicios de telecomunicaciones en zonas urbanas	Las zonas mas pobres viven en aislamiento de la tecnología
Ausencia de energía eléctrica	Ante la falta de energía, algunas comunidades utilizan generadores eléctricos, que muchas veces no pueden utilizarse por falta de dinero para el combustible
Carencia de infraestructura y equipamiento de TIC en salud, y la existente con alto grado de obsolescencia y desgaste	Escasos equipos de comunicaciones, en mal estado y de gran antigüedad. Tienen que trasladarse grandes distancias para su mantenimiento, quedando incomunicado el establecimiento de salud
Personal de salud con limitada cultura de la información, que conlleva a la inadecuada interpretación de las publicaciones médicas científicas obtenidas a través de las TIC	Inexistencia de programas de orientación, que genera personal mal informado y que en muchos casos puede ser fatal
Falta de capacitación en el uso adecuado de la tecnología	No se pueden realizar las labores de digitación y actualización de datos debido a la falta de capacitación del personal
Ausencia de fuentes seguras de información y alta rotación de personal de salud debidamente preparado, que dificulta la continuidad y aplicación de los servicios de salud	Ausencia de comunicación con los doctores o entidades que representen fuentes seguras de información para la práctica de la salud e insuficientes cursos de capacitación en informática dirigidos al personal de salud
Ineficiente flujo de la información, que depende de factores climáticos y otros factores para que la transmisión sea efectiva	Uso de "Radiogramas" (cartas habladas), que representan una ineficiente e insegura forma de intercambiar información

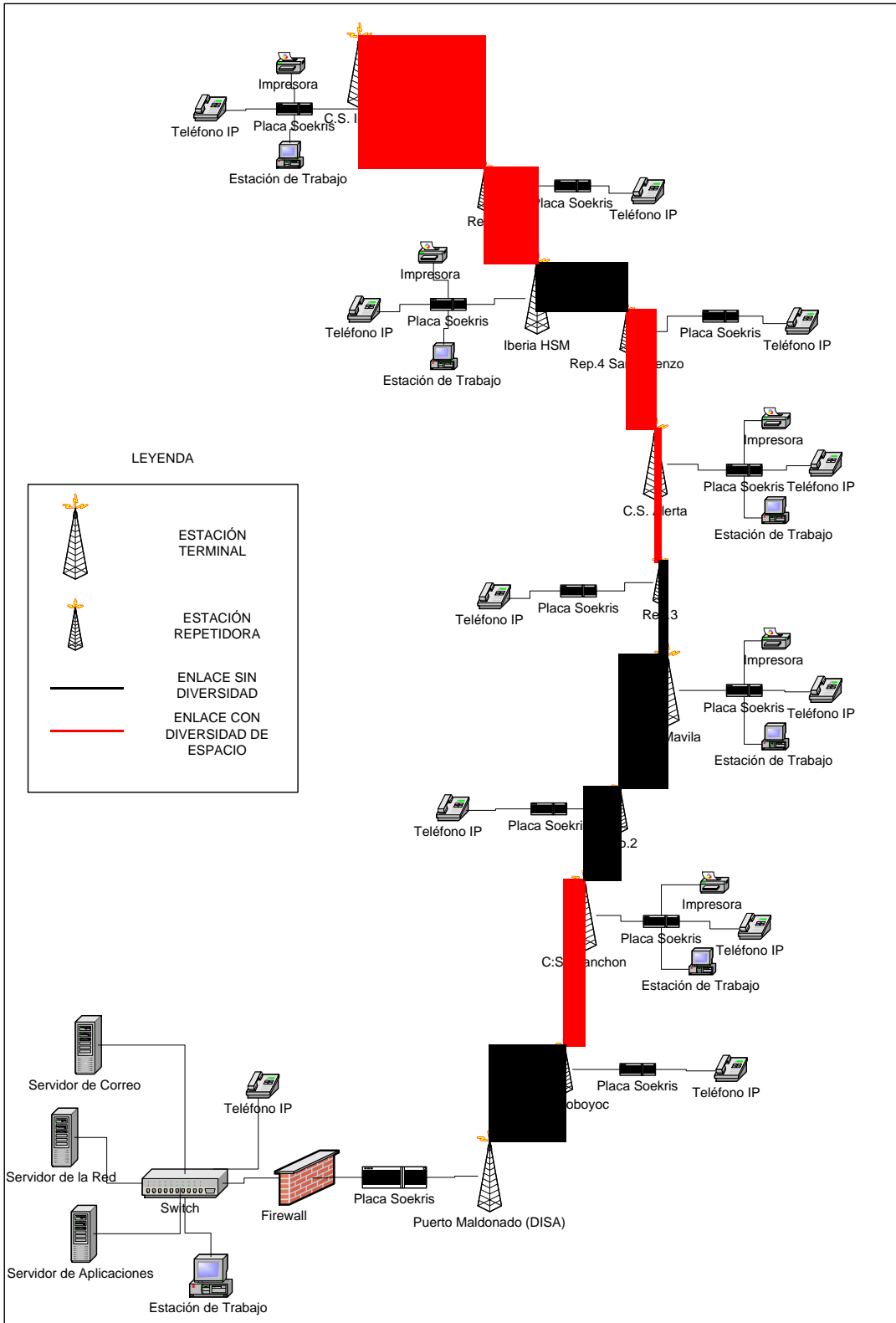
**ANEXO 2.1**

**PRINCIPALES PROYECTOS DEL BANCO MUNDIAL**

<b>País</b>	<b>Descripción del proyecto o componente de acceso universal</b>	<b>Estado</b>
Bolivia	Asistencia técnica (AT) para brindar apoyo en energía y telecomunicaciones rurales, mediante la posible creación de un fondo: normativa y procedimientos operativos del fondo rural y procedimientos para la licitación de proyectos rurales. El proyecto se propone desarrollar proyectos piloto de telecentros rurales, y evaluar sus resultados.	En preparación
Buerkina Faso	AT para desarrollar una estrategia que mejore la conectividad de las localidades rurales mediante la utilización de subsidios de programas inteligentes.	En preparación
Camboya	Con el financiamiento de Finnish Trust Fund, una empresa de consultoría evaluará las opciones para acelerar la prestación de servicios de comunicación rural en Camboya.	Activo
Rep. Dominicana	AT para diseñar el "Fondo para el desarrollo de las Telecomunicaciones", para brindar incentivos financieros destinados a expandir los servicios de telecomunicaciones a las áreas rurales y otras áreas con bajo nivel de prestación de servicios. Se incluirán telecentros, servicios de educación y salud a distancia.	Activo
Ecuador	AT para crear un fondo de desarrollo de telecomunicaciones rurales, posiblemente en conjunción con el sector energético, diseñar los procedimientos y reglamentos, capacitar al personal y establecer las directrices para la etapa inicial de licitación	En preparación
Ghana	Donación en el marco del programa InfoDev para desarrollar un plan de negocios para el establecimiento y operación de una red de centros de servicios de información con fines de lucro en Ghana, que se ubicaran en comunidades de bajo nivel en prestación de servicios.	Activo
India	Estudio para evaluar posibles opciones para ampliar el alcance de los servicios de telecomunicaciones a áreas rurales y sectores urbanos de bajos recursos	Activo
Indonesia	Estudio de opciones para identificar tres programas diferentes con viabilidad económica destinados a prestar servicios de telecomunicaciones rurales, con especial énfasis en la tecnología, incluyendo pruebas piloto. Posible AT para continuar evaluando la creación de un fondo de telecomunicaciones rurales.	Activo
Kenia	Donación en el marco del programa InfoDev. Estudio de campo de diversos sistemas de telecomunicación rural, y formulación de elementos clave de política para el mercado de telecomunicaciones rurales, tales como el establecimiento de licencias operativas para el sector privado	Finalizado
Madagascar	AT para desarrollar una estrategia destinada a mejorar el acceso a los servicios de telecomunicaciones e información para comunidades rurales y desfavorecidas.	Activo
Mali	AT para desarrollar una estrategia destinada a mejorar la conectividad de las localidades rurales mediante programas de subsidios inteligentes	En preparación
Mauritania	AT para asistir al gobierno en desarrollo de una estrategia para poner a prueba la mejora de acceso a los servicios de información para comunidades rurales y desfavorecidas. La AT incluye un estudio de estrategia rural, un plan de desarrollo postal y un Taller Nacional	Activo
Marruecos	AT para evaluar opciones destinadas a ampliar la cobertura rural, esencialmente mediante la inversión del sector privado. El estudio comprende la posibilidad de utilizar un fondo con un programa de licitación pública si se considera que una opción netamente comercial no es viable.	Finalizado
Mozambique	AT para desarrollar una estrategia destinada a mejorar el acceso rural a las TICS. La AT también desarrollará las bases para la primera ronda de licitación de un fondo piloto, que se crearía a través del proyecto.	En preparación
Nepal	AT para crear un fondo de desarrollo rural y la inversión inicial en el fondo. La estrategia consiste en introducir competencia mediante la concesión de licencias a 4 nuevos proveedores en diferentes regiones con concentración rural.	Activo

ANEXO 4.1

DIAGRAMA DE INTERCONEXIÓN DE LA RED  
LAN/WAN



## ANEXO 4.2

## CARACTERÍSTICAS DE LAS INTERFACES

<b>Velocidad de Transmisión</b>	RF: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
<b>Arquitectura soportada</b>	Punto a Punto
<b>Distancia de conexión</b>	20 Km.
<b>Estandar RF</b>	IEEE 802.11b
<b>Protocolos RF</b>	Bridging Spanning Tree, colisión de paquetes, otros
<b>Soporte de sistema operativo</b>	Compatibles con Sistemas Operativos de redes LAN ETHERNET, Microsoft windows NT/2000/98, Unix, otros
<b>Interfases LAN/WAN</b>	10 / 100 Base T
<b>Software de sistemas operativos inalámbricos</b>	Alineación de antena, verificación de conexión, administración de grupos y diagnóstico por radio del enlace digital, software de control remoto desde cualquier terminal
<b>Frecuencia</b>	2.400 a 2.497 Ghz
<b>Canales de radio</b>	11 Canales seleccionables por el usuario, 3 sin overlapping
<b>Codificación RF</b>	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) como se describe en las especificaciones IEEE 802.11b
<b>Relación de errores por Bit (BER)</b>	Mayor a $1 \times 10^{-5}$
<b>Tempratura de operación</b>	0 C a 50 C

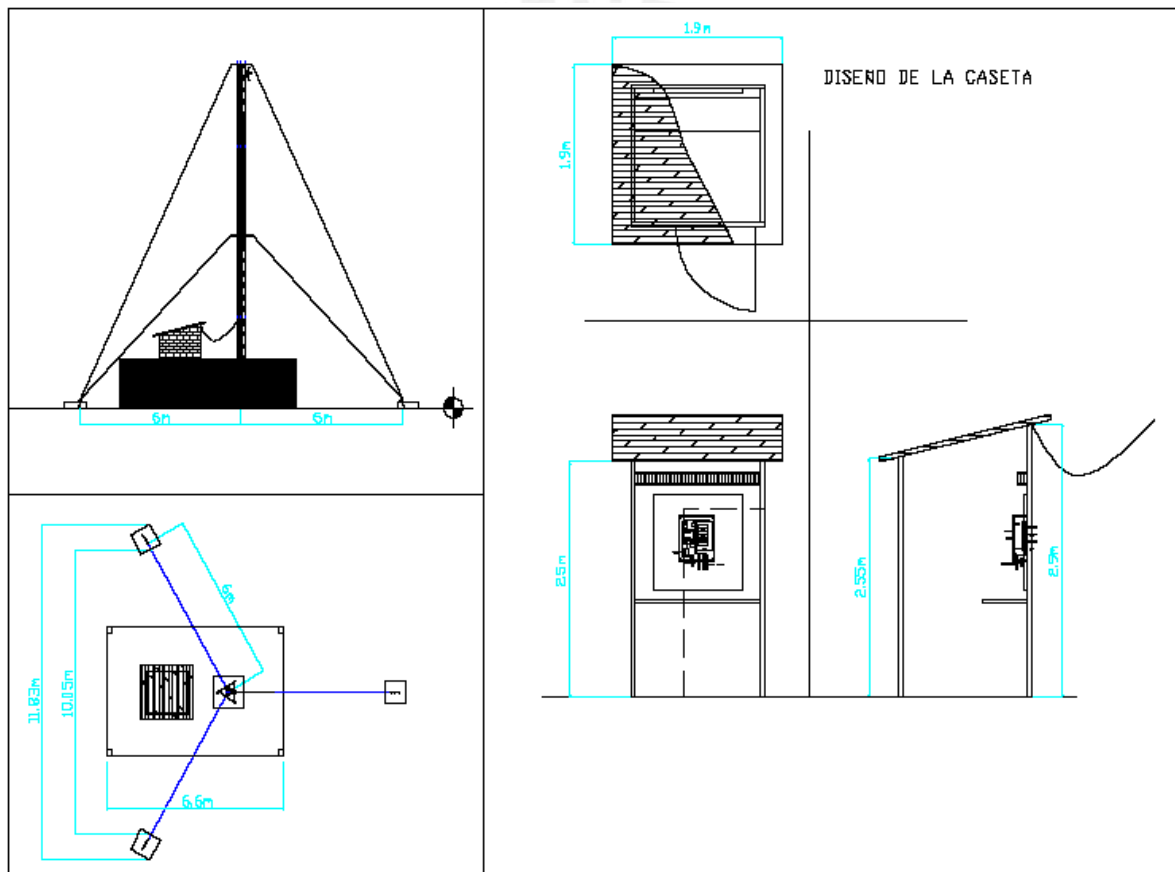
### ANEXO 4.3

TABLA COMPARATIVA DE TARJETAS INALÁMBRICAS

	Senao/Engenius NL-2511 Plus EXT2	Demarc ReliaWave 200mW	SMC EliteConnect SMC2532W-B 200mW	Lucent / Orinoco Classic Gold (Agere)	Cisco AIR-LMC352	3E-110
<b>Tipo de Interface</b>	PCMCIA Type II 16-bit	PCMCIA	16-bit PCMCIA V2.1	PCMCIA	PCMCIA	PCMCIA
<b>Potencia de Tx</b>	200 mW	200 mW	200mW (23 dBm)	15 dBm (31.6 mW)	100mw	200 mw
<b>Precio estimado</b>	\$ 65	\$ 120	\$ 55	\$ 60	\$ 100	\$ 60
<b>Conector de antena</b>	Dual MMCX hembra	RP-MMCX	dual RP-MMCX (very difficult to find antennas for!!!)	MC	Dual MMCX	None (Int. Antenna)
<b>Comentarios</b>	Requiere como mínimo 1 antena externa	(-) 91dbm 11Mb/-96 1Mb FCC Cert w/ high gain antennas	(-)94 dBm receive sensitivity. Works with NetStumbler on WinXP.F8	same as LucentWirelessCard, 128 bit encryption		physically identical to Senao, but different driver; RF Manager (adjusts TX power) is available for ~\$10
<b>Chipset</b>	Prism 2.5	Prism 2.5	Prism 2.5 sometimes Prism 3	Hermes	Aironet	Prism 2.5
<b>Drivers</b>	Windows 98/2000/ME/NT4.0/CE/XP and Linux, BSD	Windows 9x/ME/NT4/2000/XP/CE3/Linux/MAC/NetBSD	Windows 9x/ME/NT4/2000/XP/CE3 /Linux/MAC/NetBSD. Supported by wlan-ng and hostap drivers on Linux, verified with RHEL 3AS.	Windows, MacOS, WinCE, FreeBSD, Linux	Linux, BSD, OSX	Windows NT/2000/ME/CE/XP /Linux

## ANEXO 4.4

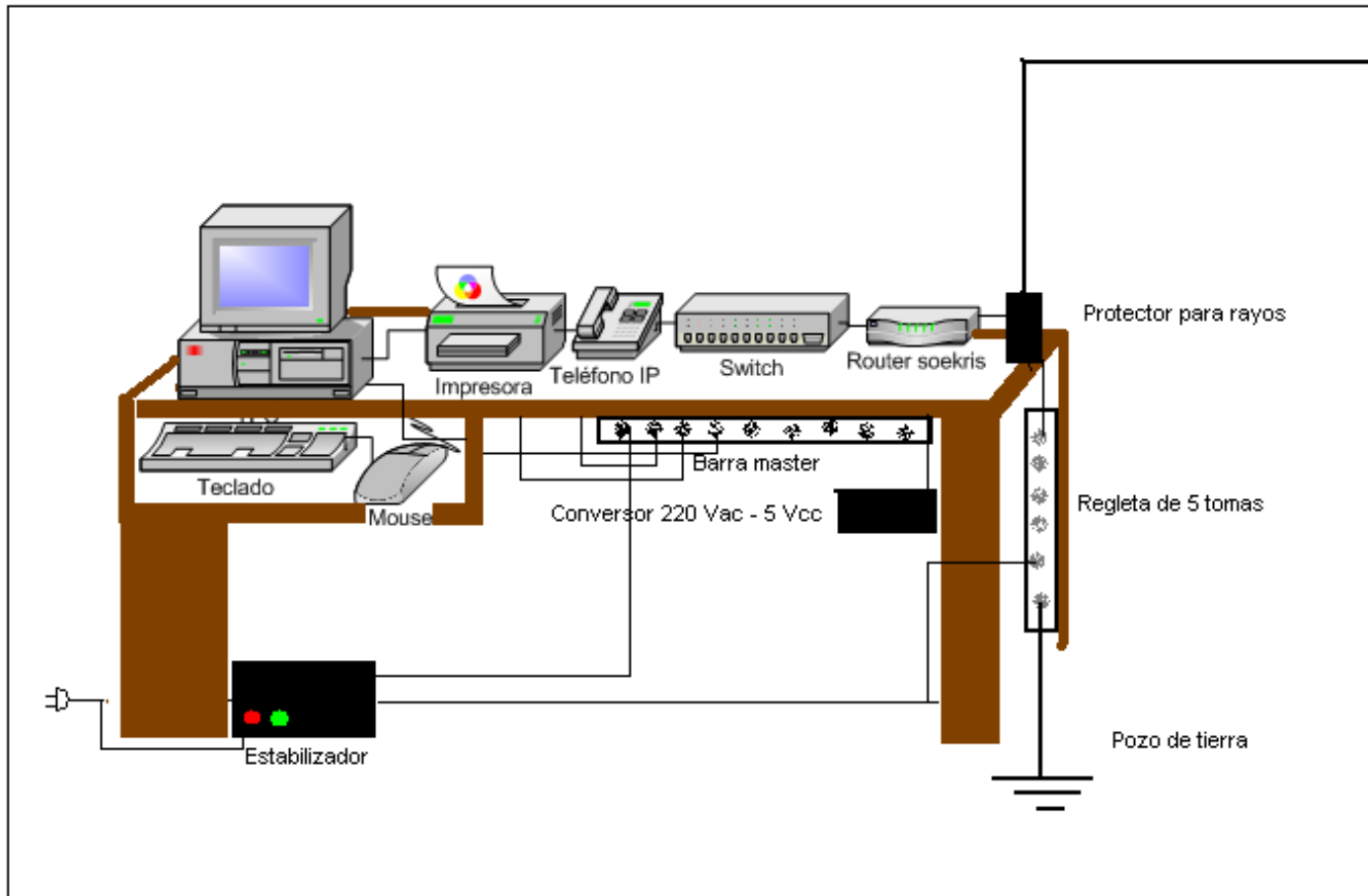
### CASETA DE LA ESTACION REPETIDORA



Fuente: EHAS Perú

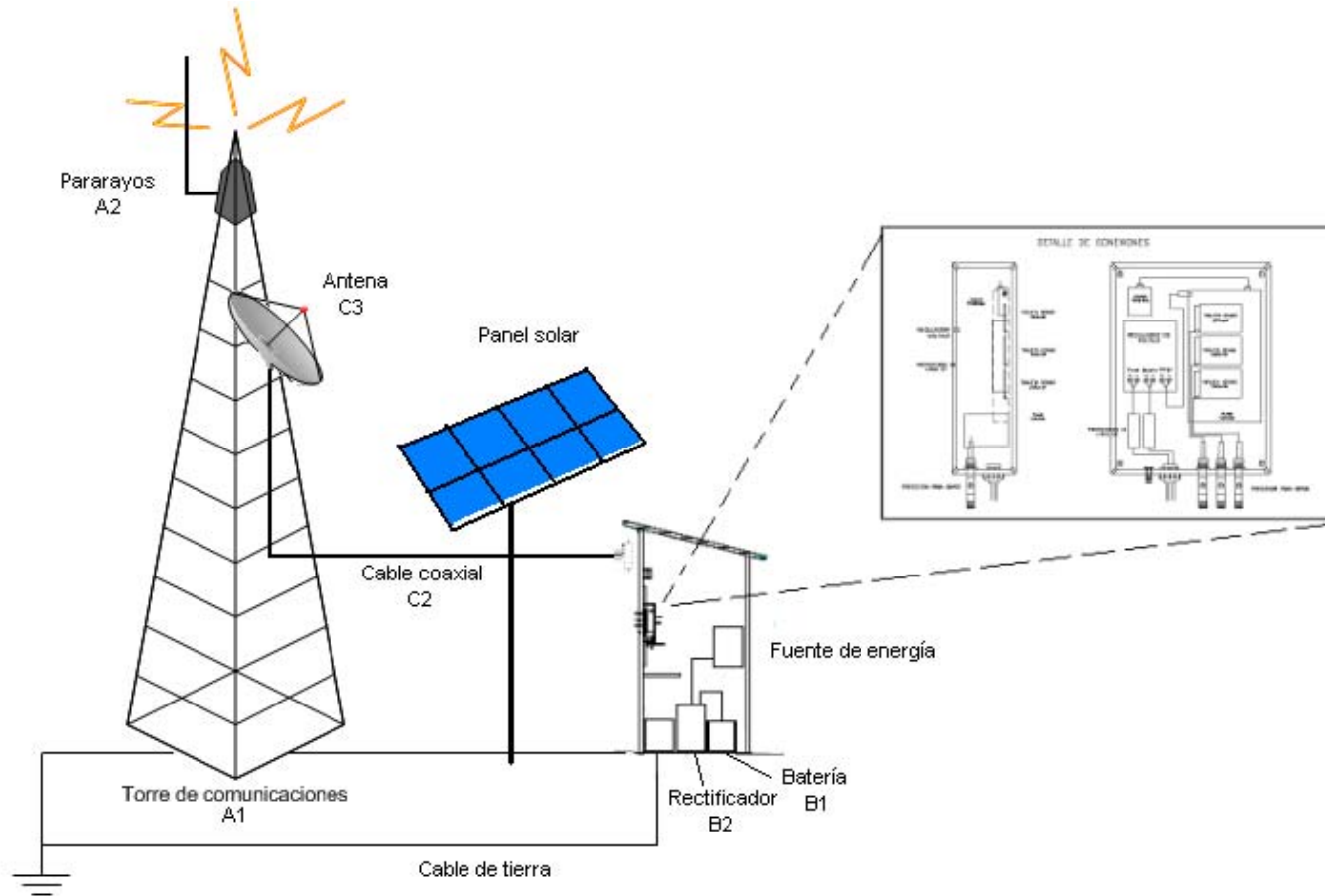
## ANEXO 4.5

### ESTACION TERMINAL DETALLE DE CONEXIONES



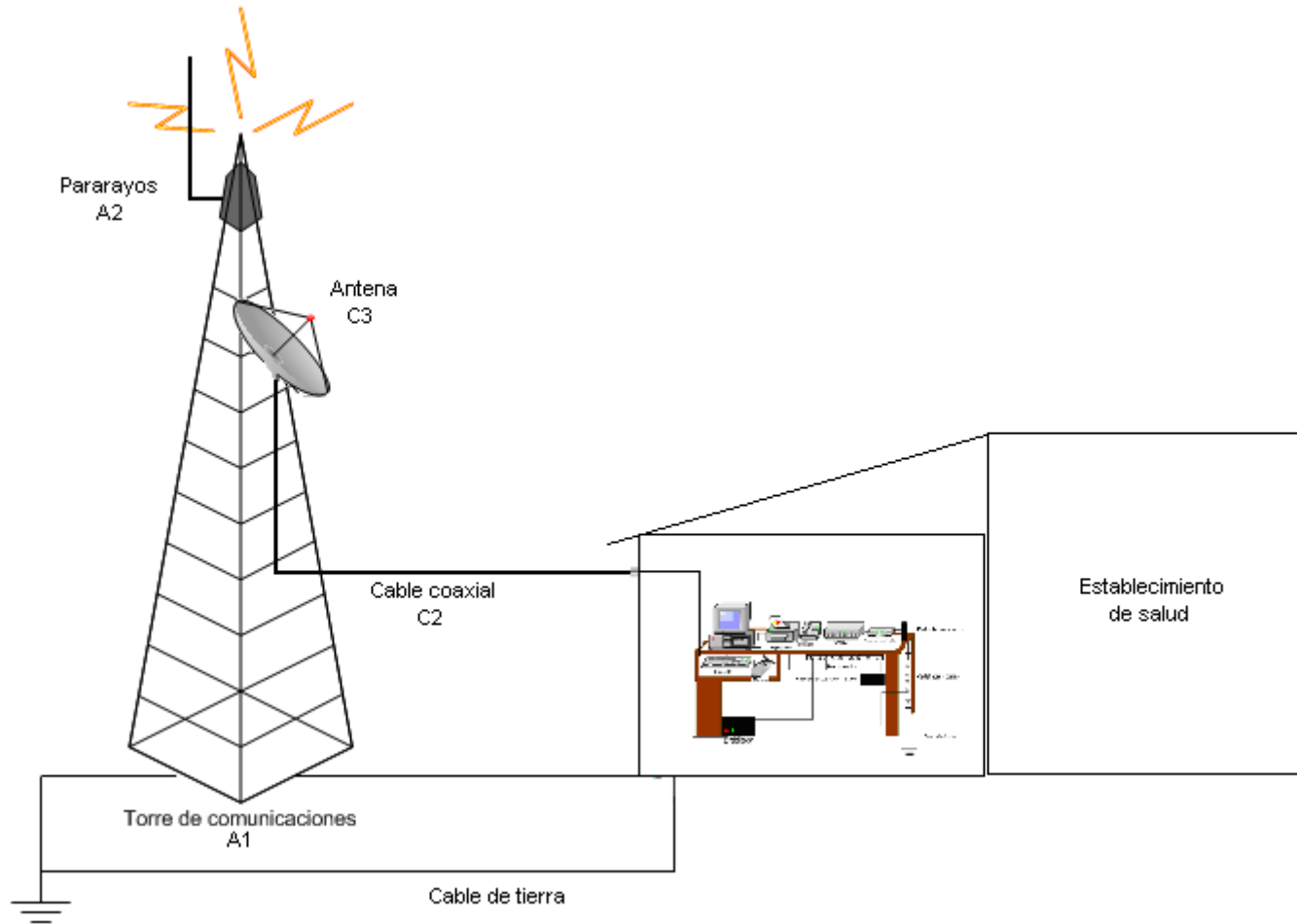
## ANEXO 4.6

### DETALLE INSTALACIÓN TÍPICO PARA ESTACION REPETIDORA



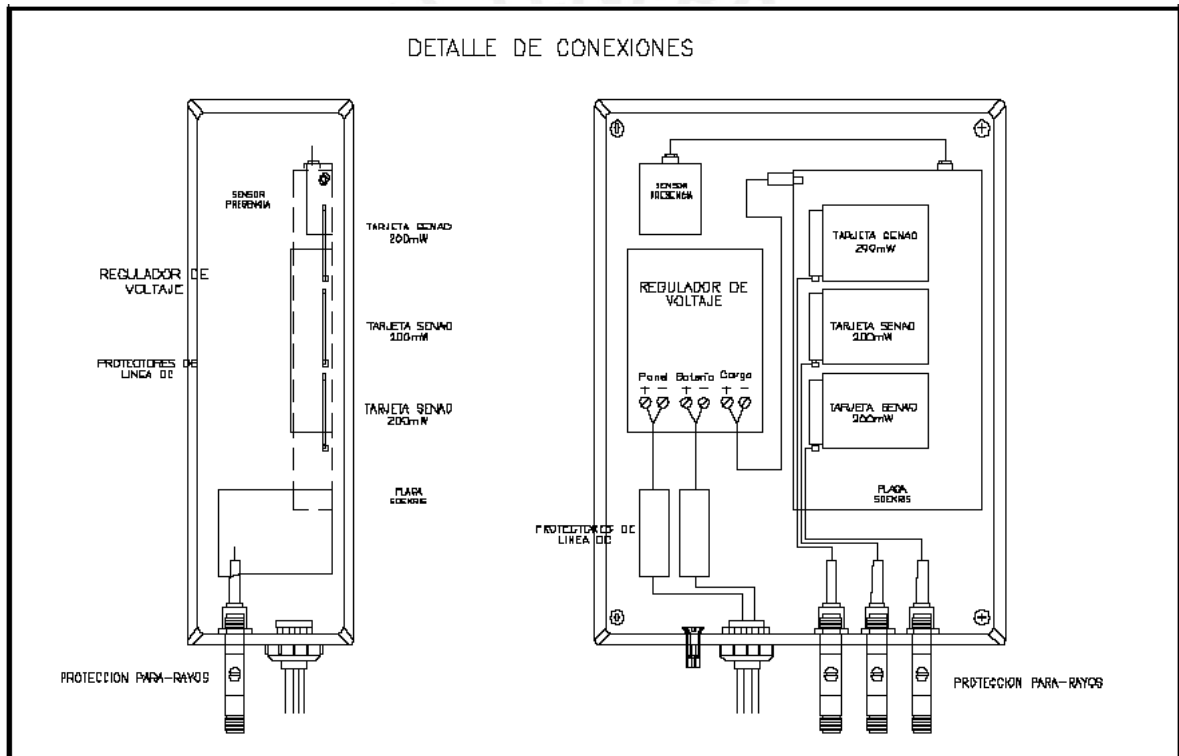
## ANEXO 4.7

### DETALLE INSTALACIÓN TÍPICO PARA ESTACION TERMINAL



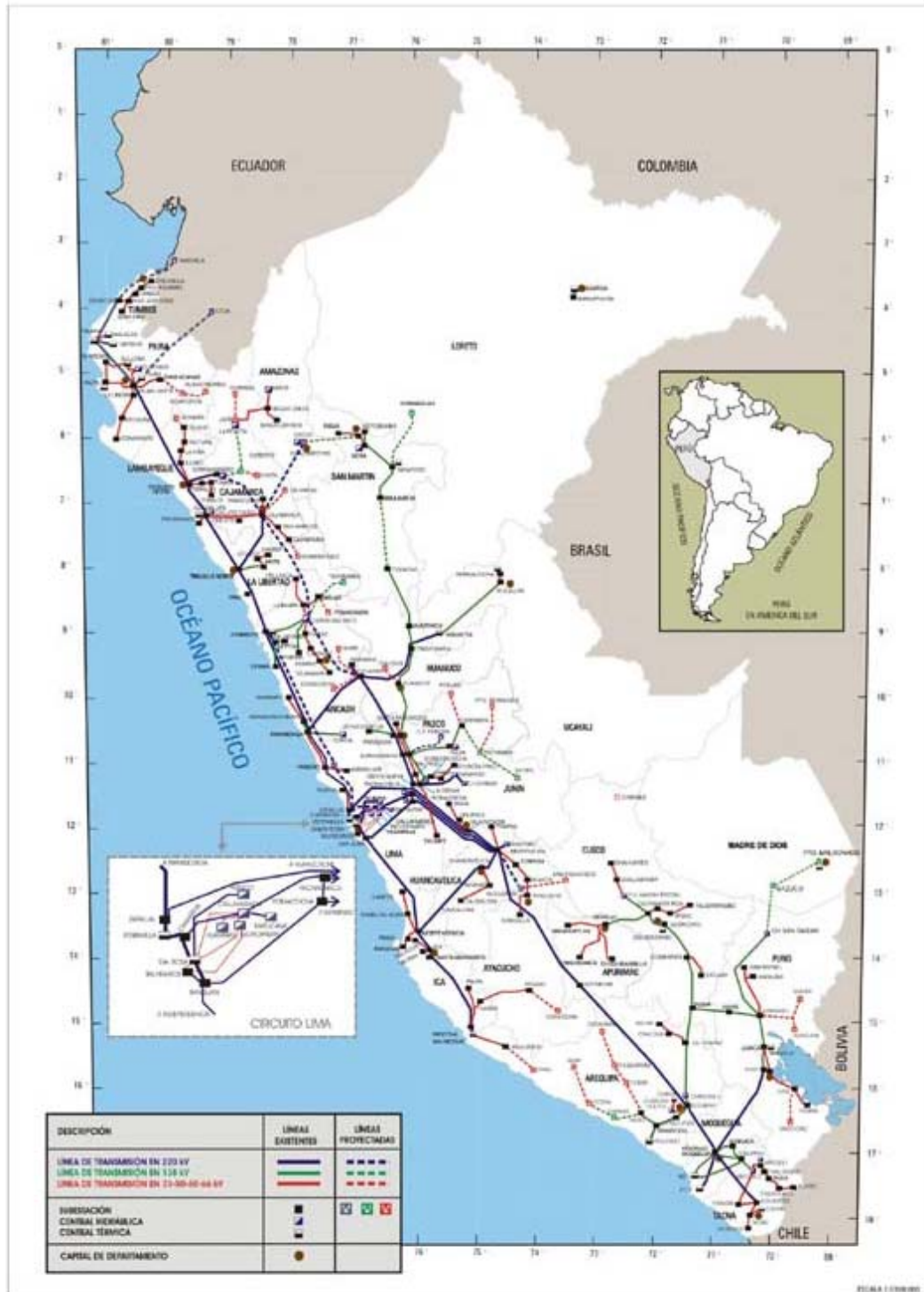
ANEXO 4.8

ESTACION REPETIDORA  
 DETALLE DE CONEXIONES



## ANEXO 4.9

### MAPA NACIONAL DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

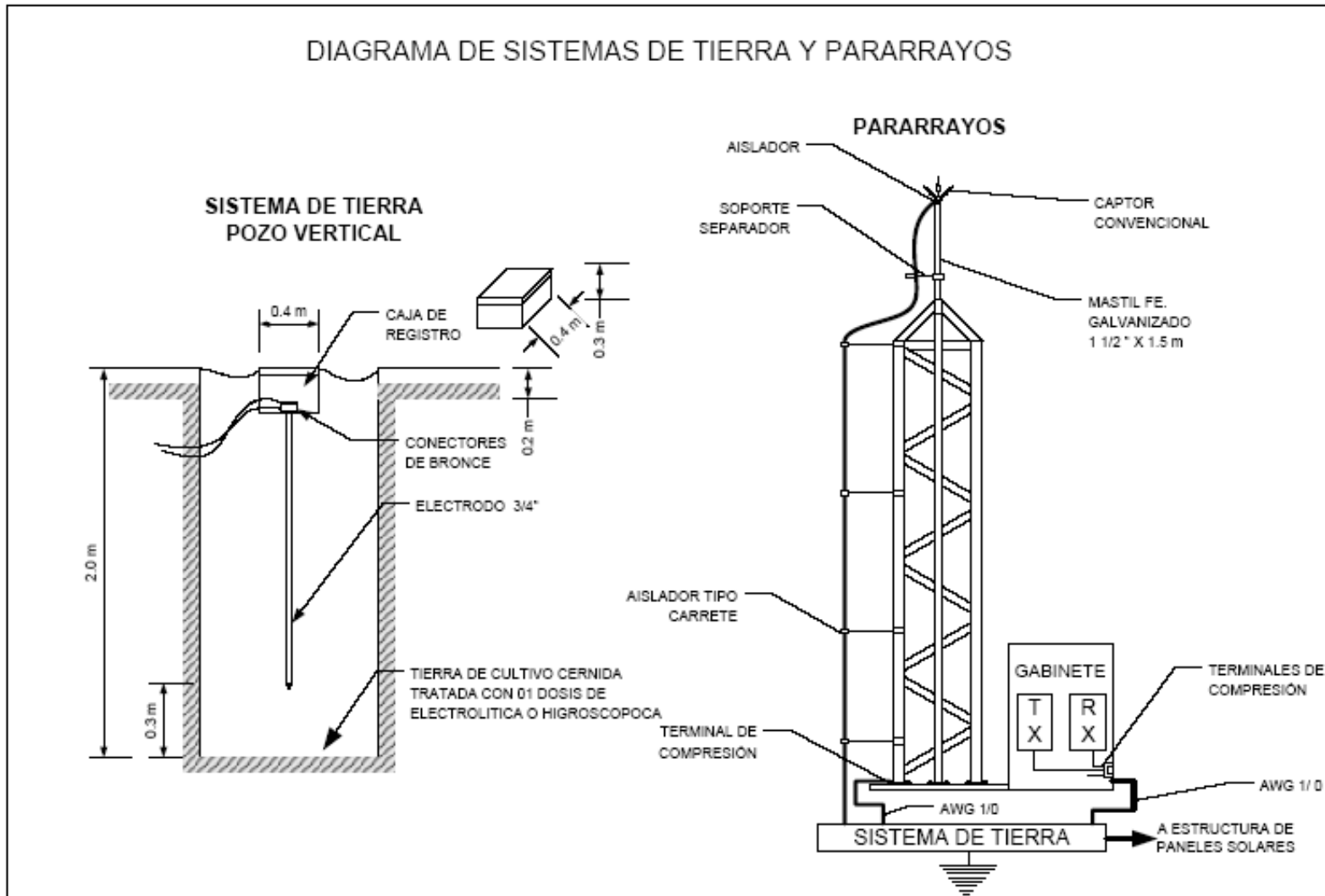


Email: [promodg@mem.gob.pe](mailto:promodg@mem.gob.pe)

URL: <http://www.mem.gob.pe>

## ANEXO 4.10

### DIAGRAMA DE SISTEMAS DE TIERRA Y PARARRAYOS



Anexo 5.1

LISTA DE COMPONENTES PARA LA ESTACION REP1.LOBOYOC

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(US\$)	TOTAL (US\$)
<b>1</b>	<b>Sistema de Transmisión</b>			
1.1	Soekris net4521 placa	1	230.00	230.00
1.2	SunDisk 128 Mb CompactFlash	1	50.00	50.00
1.3	Senao 200 mW WLAN NIC	2	65.00	130.00
1.4	Antena 24 dB y parrilla Hiperlink	3	130.00	390.00
1.5	Teléfono ip	1	70.00	70.00
1.6	3Com Power over Ethernet, RJLnxx pass-through bulkhead, RJLnxx field attach rj45 kit, RFI Nf to Nf bulkhead, RFI Nmale to MMCX pigtail, Stahlin outdoor enclosure	1	200.00	200.00
<b>2</b>	<b>Sistema de energía</b>			
2.1	Módulo fotovoltaico 75 Wp	2	350.00	700.00
2.2	Batería Trojan T105	2	80.00	160.00
2.3	Controlador de Corriente 20 A	1	62.00	62.00
2.4	Soporte de módulos fotovoltaicos	1	43.20	43.20
<b>3</b>	<b>Sistema de protección</b>			
3.1	Pararayos tetrapuntal, aislador 12 KV, aislador de carrete, cable de cobre desnudo 50 mm2, soporte separador de aislador de carrete, abrazadera soporte separador de aislador, Platina (barra master de cobre)	1	50.00	50.00
3.2	Estabilizador de tensión con aislamiento	1	100.00	100.00
<b>4</b>	<b>Interconexión y accesorios</b>			
4.1	Cable coaxial	50	3.93	196.50
4.3	Cable STP, Perno galvanizado 1 1/2" x 5/16", Prensa estopa nylon, cable NLT 2x14 AWG, cable TW 6, terminales U,O,AWG, Grilletes de 1/2" para torre, grilletes de 3/8" para anclaje, candados 3/16", templador 3/8", cable de acero 7 hilos, pintura Epoxi, catalizador.	1	100.00	100.00
Flete a Perú (3%)				74.45
Seguros (1%)				24.81
C.I.F. (valor del producto + flete + seguro)				<b>2,580.96</b>
Impuesto de Aduanas (8.75%)				225.83
I.G.V. (19% de la suma de C.I.F. + Impuesto de Aduanas)				690.40
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>3,271.36</b>
<b>5</b>	<b>Materiales e Instalación</b>			
5.1	Torre por metros	40	31.47	1,258.80
5.2	Caseta, instalación general, programación por punto	1	350.00	350.00
<b>TOTAL (US\$ Local)</b>				<b>4,880.16</b>

### Anexo 5.2

#### RESUMEN GENERAL CAPEX DE TODA LA RED

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(U\$)	TOTAL (U\$)
<b>1</b>	<b>Sistema de Transmisión</b>			
1.1	Soekris net4521 placa	11	230.00	2,530.00
1.2	SunDisk 128 Mb CompactFlash	11	50.00	550.00
1.3	Senao 200 mW WLAN NIC	22	65.00	1,430.00
1.4	Antena 24 dB y parrilla Hiperlink	26	130.00	3,380.00
1.5	Teléfono ip	11	70.00	770.00
1.6	3Com Power over Ethernet, RJLnxx pass-through bulkhead, RJLnxx field attach rj45 kit, RFI Nf to Nf bulkhead, RFI Nmale to MMCX pigtail, Stahlin outdoor enclosure	11	200.00	2,200.00
<b>2</b>	<b>Sistema de energía</b>			
2.1	Módulo fotovoltaico 75 Wp	10	350.00	3,500.00
2.2	Batería Trojan T105	28	80.00	2,240.00
2.3	Controlador de Corriente 20 A	11	62.00	682.00
2.4	Soporte de módulos fotovoltaicos	5	43.20	216.00
<b>3</b>	<b>Sistema de protección</b>			
3.1	Pararrayos tetrapuntal, aislador 12 KV, aislador de carrete, cable de cobre desnudo 50 mm2, soporte separador de aislador de carrete, abrazadera soporte separador de aislador, Platina (barra master de cobre)	11	50.00	550.00
3.2	Estabilizador de tensión con aislamiento	11	100.00	1,100.00
<b>4</b>	<b>Interconexión y accesorios</b>			
4.1	Cable coaxial	610	3.93	2,397.30
4.3	Cable STP, Perno galvanizado 1 1/2" x 5/16", Prensa estopa nylon, cable NLT 2x14 AWG, cable TW 6, terminales U,O,AWG, Grilletes de 1/2" para torre, grilletes de 3/8" para anclaje, candados 3/16", templador 3/8", cable de acero 7 hilos, pintura Epoxi, catalizador.	11	100.00	1,100.00
Flete a Perú (3%)				679.36
Seguros (1%)				226.45
C.I.F. (valor del producto + flete + seguro)				<b>23,551.11</b>
Impuesto de Aduanas (8.75%)				1,981.46
I.G.V. (19% de la suma de C.I.F. + Impuesto de Aduanas)				6,220.66
<b>SUB-TOTAL</b>				<b>29,771.78</b>
<b>5</b>	<b>Materiales e Instalación</b>			
5.1	Torre por metros	445	31.47	14,004.15
5.2	Caseta, instalación general, programación por punto	11	350.00	3,850.00
<b>TOTAL CAPEX GENERAL(U\$)</b>				<b>47,625.93</b>

Anexo 5.3

RESUMEN GENERAL DEL OPEX

	DESCRIPCIÓN	COSTO MENSUAL(U\$)	COSTO ANUAL (U\$)	CANTIDAD	TOTAL ANUAL (U\$)
<b>1</b>	<b>Operación y Mantenimiento</b>				
<b>1.1</b>	<b>Personal de Mantenimiento</b>				
1.1.1	Ingeniero Jefe de red	800	9600	1	9,600.00
1.1.2	Ingeniero supervisor de estación	600	7200	1	7,200.00
1.1.3	Técnico asistente de estación	300	3600	1	3,600.00
<b>1.2</b>	<b>Materiales</b>				
1.2.1	Alquiler mensual de vehículo (mantenimiento y combustible incluido)	600	7200	1	7,200.00
1.2.2	Instrumentos de medición		4000	1	4,000.00
1.2.3	Accesorios y herramientas		1000	1	1,000.00
<b>1.3</b>	<b>Canon de frecuencias</b>		2035	1	2,035.00
<b>1.4</b>	<b>Autorización para la operación</b>		246	1	246.00
<b>TOTAL OPEX GENERAL(U\$)</b>					<b>34,881.00</b>



### Anexo 5.4

#### FLUJO DE CAJA PROYECTADO

<b>FLUJO DE CAJA PROYECTADO</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>INGRESOS</b>						
Ahorro anual en gastos adm.		52,941	52,941	52,941	52,941	52,941
Aumento en demanda y mejora de servicios		22,500	22,500	22,500	22,500	22,500
<b>TOTAL INGRESOS</b>		75,441	75,441	75,441	75,441	75,441
<b>EGRESOS</b>						
Inversión	(41,405)					
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>						
<b>Personal de Mantenimiento</b>						
Ingeniero Jefe de red		(9,600)	(9,600)	(9,600)	(9,600)	(9,600)
Ingeniero supervisor de estación		(7,200)	(7,200)	(7,200)	(7,200)	(7,200)
Técnico asistente de estación		(3,600)	(3,600)	(3,600)	(3,600)	(3,600)
<b>Materiales</b>						
Alquiler de vehículo		(7,200)	(7,200)	(7,200)	(7,200)	(7,200)
Instrumentos de medición		(2,035)	(2,035)	(2,035)	(2,035)	(2,035)
Accesorios y herramientas		(246)	(246)	(246)	(246)	(246)
<b>Canon de frecuencias</b>		(34,881)	(34,881)	(34,881)	(34,881)	(34,881)
<b>TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN</b>		(64,762)	(64,762)	(64,762)	(64,762)	(64,762)
<b>FLUJO DE CAJA PROYECTADO</b>	(41,405)	10,679	10,679	10,679	10,679	10,679
	VAN (15%)	(5,607)				
	TIR	9%				