

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN  
TERRESTRE VHF DE AREA EXTENDIDA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**JAIME CESAR MARCAS CAMPOS**

**PROMOCIÓN  
1989-I**

**LIMA – PERÚ  
2003**

*A mi Hijo que es el motivo  
de mi superación, a mi Esposa  
por su constante apoyo, a mi Padre  
por su constante lucha y en memoria  
de mi Madre que en paz descanse.*

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN TERRESTRE VHF DE  
ÁREA EXTENDIDA EN LA OROYA**

## **SUMARIO**

El presente estudio tiene como objeto establecer los parámetros técnicos necesarios para la instalación y puesta en servicio de un sistema que permitirá la ampliación de cobertura de un actual sistema de radio VHF de cobertura limitada.

Dicho sistema permitirá establecer comunicaciones radiales hacia zonas distantes que están involucradas con la labor operativa del proceso metalúrgico de la empresa Doe Run Peru – La Oroya y que requieren mantener permanente comunicación para coordinaciones, operación y de seguridad.

En la actualidad su cuenta con repetidor VHF de área local ubicado en el cerro Zomi ubicado en un cerro cercano a una altura de 500 metros sobre el nivel de las operaciones, que opera en half duplex enlazando a 350 usuarios de diversas áreas operativas y de servicios, dichas comunicaciones, dada la accidentada geografía de esta ciudad tienen cobertura limitada (aproximadamente 5 Km) logrado cubrir en diversos frentes: hacia Lima hasta Santa Rosa de Saco, hacia Tarma hasta Mayupampa, hacia Huancayo hasta Huanchán.

El Objetivo es establecer comunicaciones hacia tres zonas muy importantes para nuestras labores operativas como son: Curipata (hacia Lima) zona de aparcamiento de camiones transportadores de Concentrados provenientes de nuestra mina de

Cobriza – Huancavelica; Toma de agua Tishgo (hacia Tarma), donde se cuenta con un sistema de reservorio de agua para suministro de las operaciones y viviendas de la empresa y finalmente Huari (hacia Huancayo), zona de trabajo de descargo de material recirculado en las plantas.

## **INDICE**

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA</b>	<b>3</b>
1.1 Estación repetidora local	3
1.2 Estaciones repetidoras remotas	4
1.3 Determinación de puntos remotos	4
<b>CAPITULO II</b>	
<b>ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE COMUNICACIÓN</b>	<b>5</b>
2.1 Comunicación inalámbrica troncalizada analógica en UHF y VHF	9
2.1.1 El Sistema SmarTrunk	9
2.1.2 Diferencias con los sistemas “trunking”	10
2.1.3 Formato de Señalización	11
2.1.4 Requerimientos base para un Sistema SmarTrunk	11
2.1.5 Tipo de arquitectura	12
2.1.6 Sistema de Control	13
2.1.7 Costos	14
2.2 Comunicación inalámbrica troncalizada en 800 Mhz	15
2.2.1 Antecedentes de los sistemas troncalizados	15
2.2.2 Enfoques de troncalización	16

2.2.3	Análisis de la eficiencia de troncalización	20
2.2.4	Características funcionales	21
2.2.5	Desempeño teórico de un sistema de 20 canales	23
2.2.6	Desempeño de un sistema real	27
2.3	Comunicación inalámbrica convencional analógica en VHF	29
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES VHF</b>		31
3.1	Arquitectura de la Red	31
3.2	Estudio de Radiopropagación	31
3.2.1	Método empleado para determinar las áreas de servicio	34
3.2.2	Cálculo del área de servicio	35
3.2.3	Altura de torres de antena	36
3.2.4	Cálculo de potencia efectiva radiada	36
3.3	Configuración del Equipamiento	38
3.4	Sistema de Energía Fotovoltaica	41
3.5	Sistema de Alarma de las Estaciones Repetidoras	44
3.6	Instalación	44
3.7	Programa de Ejecución y Costos	45
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		47
<b>ANEXO A : DIAGRAMA DE PERFILES</b>		49
<b>ANEXO B : DIAGRAMA DE COBERTURA</b>		59
<b>ANEXO C : ESPECIFICACIONES GENERALES</b>		72
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		99

## **PRÓLOGO**

Desde su origen, el hombre es un ser sociable, que se relaciona con sus semejantes mediante mensajes, que le han permitido establecer y organizar sus entornos natural y social, así como su cultura. Los hombres aprendieron a valerse de los gestos y la palabra para comunicarse entre si.

Con la escritura, se posibilita la comunicación a distancia y por esta vía nos han llegado las informaciones cultural e histórica. A los largo de la historia de la humanidad se han ido perfeccionando los sistemas de comunicación, lo que ha permitido la integración de las personas en comunidades, de estas en naciones y de ellas, en ultimo termino, en la sociedad universal.

Estamos asistiendo a una aceleración marcada del proceso de cambio tecnológico, participación intensa en el ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

El desarrollo que caracteriza al sector de las telecomunicaciones es fiel reflejo del gran adelanto que produce el progreso técnico. Este fuerte crecimiento se da en un sector complejo en el que se combinan aspectos diversos que ponen en relieve su carácter estratégico. Por una parte, los servicios de telecomunicaciones constituyen un punto crucial para el desarrollo de la actividad económica de un país en

condiciones de competencia, por otra parte, las telecomunicaciones son una herramienta básica para conseguir el desarrollo social y territorial de un país, hoy en día, la equidad social pasa por asegurar la igualdad de oportunidades para todos los ciudadanos y no cabe duda de que las telecomunicaciones juegan en este sentido un papel clave.

Los sistemas de radiocomunicaciones, han permitido brindar “acortar” distancias en el mundo, caracterizados por ser comunicaciones, rápidas y confiables, los sistemas VHF han logrado ocupar un lugar especial en el sector de Operaciones como son: el sector Industria, Comercio y Servicios.

## **CAPÍTULO I**

### **DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA**

El proyecto de comunicación VHF de área extendida proporcionará comunicación de voz del tipo half - duplex, y operará sobre la base de una estación repetidora instalada actualmente en uno de nuestros puntos de transmisión (cerro Zomi). Estas repetidoras (4 en total) estarán enlazadas de manera tal que la comunicación que se curse a través de una de ellas será retransmitida inmediatamente por las demás, de esta forma se asegura la comunicación de cualquier usuario de un extremo a otro de la nueva red a implementar.

Para lograr esto se ha previsto lo siguiente:

#### **1.1 Estación repetidora local - actual**

Esta estación funcionará de la siguiente manera: el repetidor VHF de cobertura local (actualmente instalado en cerro Zomi) es el que permitirá la comunicación entre usuarios; este estará acoplado a una repetidora de enlace UHF omnidireccional, que servirá para enlazar a las otras estaciones ubicadas en distintas zonas del área extendida y las cuales a su vez activan a un repetidor VHF local, estableciéndose una comunicación en distintas zonas.

## **1.2 Estaciones repetidoras remotas - futuras**

Los repetidores VHF de cobertura local remotos son los que permitirán la comunicación entre usuarios en la zonas de operación; el mismo que estará acoplado a un enlace UHF direccional, que estará orientada hacia el enlace UHF en el cerro Zomi, y este a su vez establece comunicación con los enlaces extendidos hacia distintas zonas del área total de influencia a cubrir mediante la activación de los repetidores locales de cada zona.

## **1.3 Determinación de puntos remotos**

La determinación de los puntos remotos han sido realizados utilizando Mapas Cartográficos con una escala de 1/100,000 editados por el instituto Geográfico Nacional Hoja 24 - I (Datum Horizontal: provisional la canoa 1956). Estos perfiles de terreno con un factor de curvatura de la Tierra de  $K = 4/3$  han sido procesados mediante un software especializado para los cálculos de Telecomunicaciones, denominado PATHLOSS. Posterior a ello se realizaron pruebas de campo para la confirmación de estos resultados.

Cada estación repetidora, será autónomo en la generación de energía a través de paneles solares y sistema de baterías, sistemas de protección como pararrayos y pozos de tierras, sistemas de seguridad con casetas de material noble y cercos enmallados con concertinas, sistemas de alarmas con sensores en los lugares de acceso que activarán alarmas identificables por estación y reportadas a través del mismo enlace, al centro de comunicaciones en La Oroya.

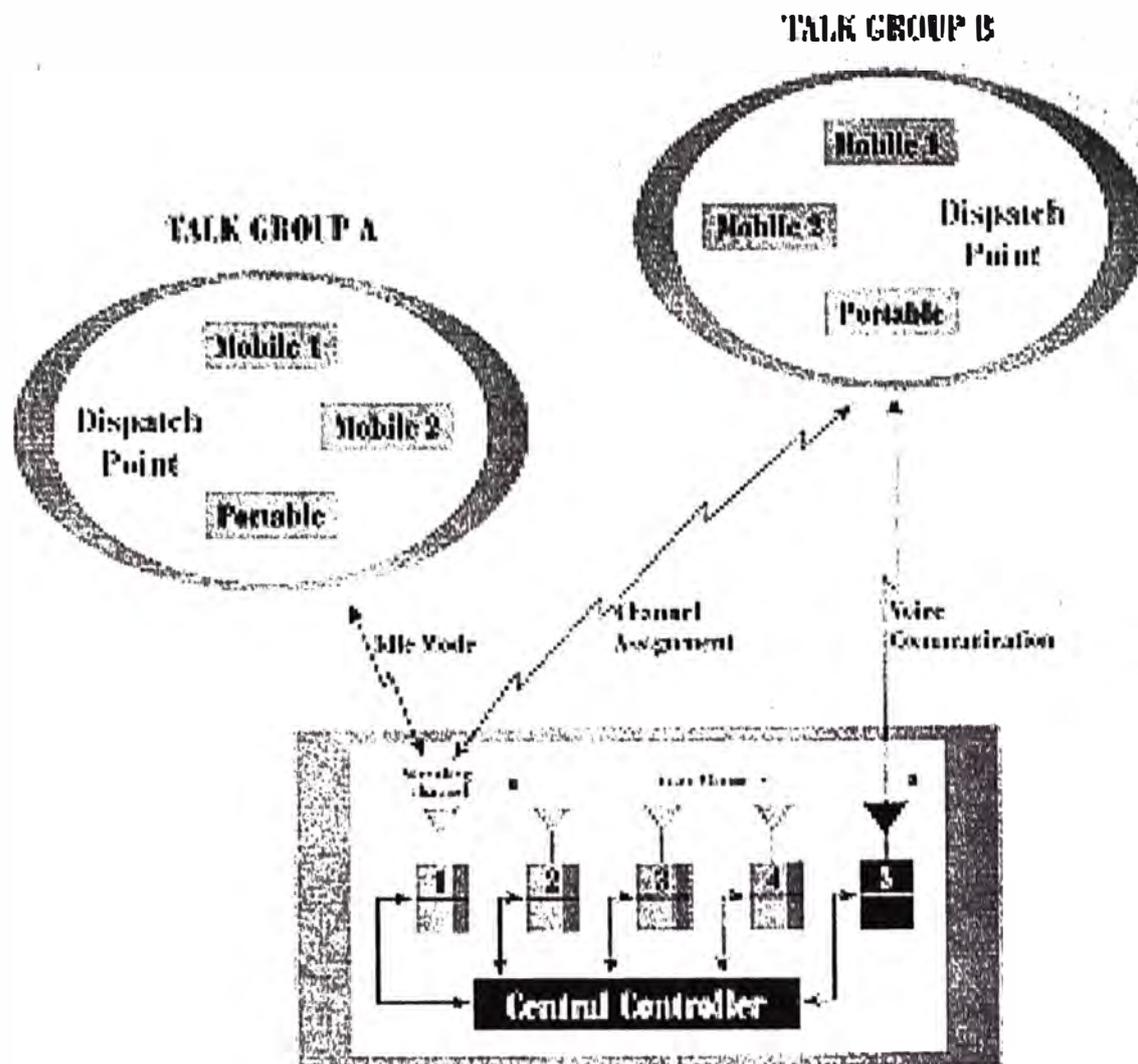
## **CAPÍTULO II**

### **ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE SOLUCIÓN DE COMUNICACIÓN**

Para las organizaciones en las que las comunicaciones deben ser instantáneas, efectivas y privadas para la actividad diaria, existen sistemas de radio troncalizado como una alternativa de solución; ya que éstos proporcionan la cobertura, la eficiencia, la seguridad y la flexibilidad necesaria.

Podemos explicar de manera simple, que la troncalización permite compartir un cierto número de canales de comunicación (troncales) entre un gran número de usuarios (ver diagrama 1). Las comunicaciones telefónicas fijas son un ejemplo alámbrico de troncalización; si queremos citar una analogía. Esta operación de compartir los canales o repartirlos según se requieran, además de otras decisiones, normalmente llevadas a cabo por los usuarios, es realizado por un switch computarizado, un controlador central del sistema. La asignación de canales es realizada de manera automática y es totalmente transparente para el usuario.

La troncalización en los sistemas de radio brindan muchos beneficios, incluyendo un acceso al sistema más rápido, una mejor eficiencia en el uso de los recursos (canales), mayor privacidad para el usuario y una gran flexibilidad para la expansión.



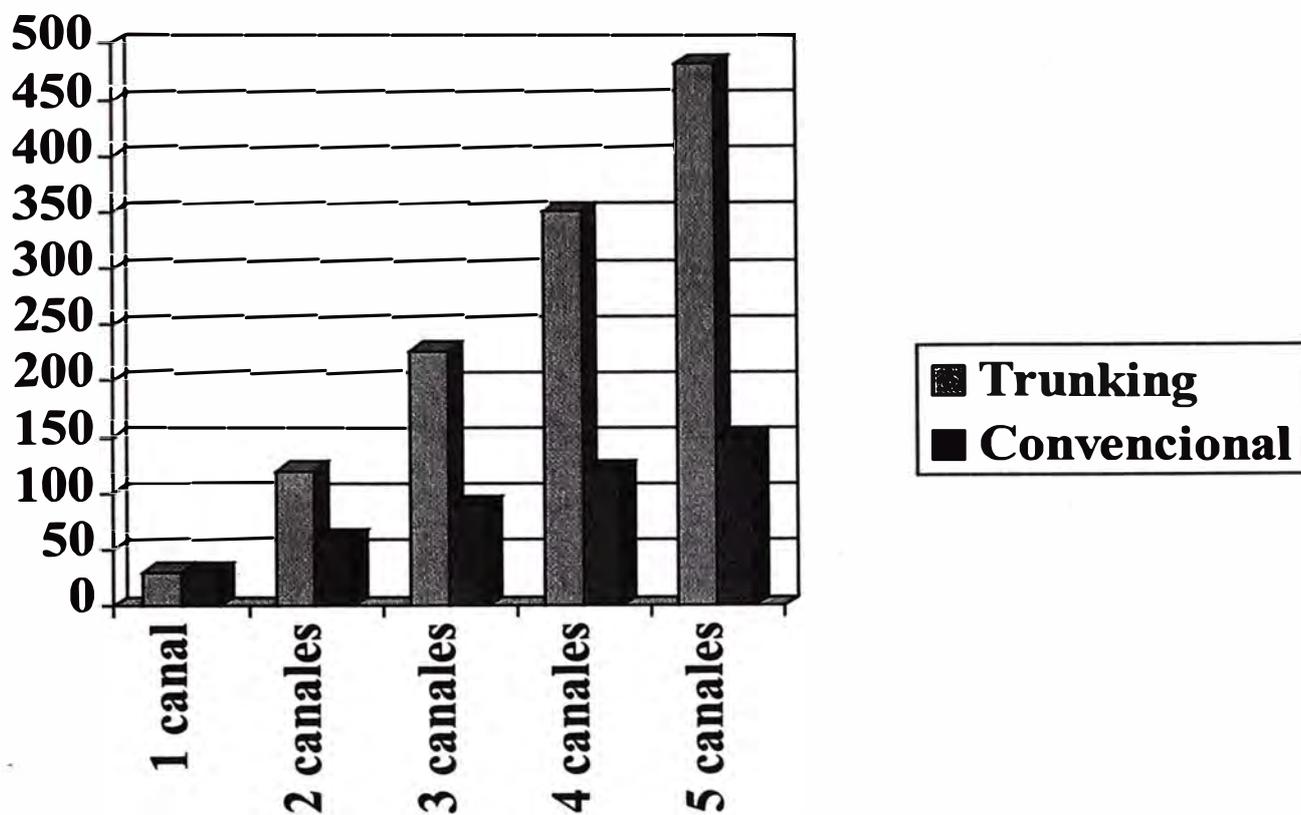
**Diagrama 1: Sistema Troncalizado**

Gracias a esta flexibilidad, un sistema troncalizado puede expandirse tanto como el usuario lo requiera.

En un sistema de radio troncalizado, una gran cantidad de usuarios no requieren competir por el uso de un canal de radio-frecuencia, además; los usuarios no requieren sintonizar ningún canal en sus terminales para poder empezar a transmitir.

Existe una gran variedad de soluciones para sistemas de radio troncalizado. Cada uno diseñado para los diferentes requerimientos que usted pueda tener tanto en cobertura, capacidad, funcionabilidad y complejidad.

La cantidad de usuarios que soporta un sistema troncalizado, depende de la cantidad de canales disponibles, accesos telefónicos disponibles, y la calidad de servicio que se desea manejar y la capacidad de administración de un sistema troncalizado crece exponencialmente con el incremento del número de canales, en comparación de un crecimiento lineal en un sistema convencional (ver diagrama 2).



**Diagrama 2: Capacidad de Administración de Usuarios.**

## **2.1 Comunicación Inalámbrica troncalizada analógica en UHF y VHF**

Para este caso vamos a describir un sistema Smartrunk, que es un sistema descentralizado que utiliza radios de dos vías convencionales para hacer trunking por debajo de 800 MHz.

### **2.1.1 El Sistema SmarTrunk**

El robusto protocolo de señalización digital SmarTrunk II funciona bien incluso bajo condiciones de débiles señales con alta inmunidad a hackers y piratas. Lo mejor de todo, SmarTrunk II puede ser agregado a repetidores existentes sin ser afectado por usuarios convencionales en el mismo canal. Esto permite una conversión gradual de su sistema convencional a un eficiente sistema multi-canal troncalizado.

Los controladores y plaquetas lógicas SmarTrunk II están disponibles para más de 40 marcas y modelos de radios portables de 10 diferentes fabricantes.

En las características del Sistema de Señalización Digital de SmarTrunk II™ se incluyen:

- Selección automática de un canal libre.
- Privacidad y exclusividad para cada usuario de grupo.
- Llamadas Selectivas (privadas) a individuales y grupos.
- Radio stun/kill para deshabilitar radios no autorizadas.
- Carga del sistema incrementada con un más alto nivel de servicio.
- Interconexión con las PABX de la compañía.

El Sistema Digital SmarTrunk II es un sistema inalámbrico de bajo costo, el cual soporta despachos de grupos, llamadas selectivas individuales y aplicaciones de

interconexión telefónica. Es ampliamente usado para aplicaciones abajo de 800 MHz, con más de 5,000 sistemas y 500,000 usuarios en 100 países por todo el mundo. Confiando en su bajo costo, equipamiento de radios convencionales y plaquetas lógicas, SmarTrunk II está disponible para ofrecer muchas ventajosas características típicamente encontradas en sistemas de alto costo.

### **2.1.2 Diferencias con los sistemas “trunking”**

La más reciente interpretación FCC de "trunking" en las nuevas reglas Parte 88 usa la palabra "centralizado" para describir un sistema de trunking el cual utiliza un canal de control dedicado para proveer control de los móviles. Desde que el Sistema SmarTrunk no utiliza un canal de control dedicado, nosotros hemos elegido llamar a un sistema SmarTrunk II como un sistema descentralizado o basado en el escaneo. Debido a que no hay un controlador central requerido, SmarTrunk II es generalmente es mucho menos costoso que sistemas de trunking centralizados.

- A diferencia de sistemas centralizados, sistemas basados en el “escaneo” no requieren canales de RF exclusivos. La inteligencia de selección de canales esta ubicada en los móviles. Cuando un usuario inicia una comunicación, la unidad móvil inicia una llamada, la unidad busca un canal libre basado en la ausencia del tono CTCSS o de la portadora. Cuando un canal libre es ubicado, la unidad móvil envía una solicitud de servicio. Luego de valida el código de usuario, el controlador completa la conexión y provee un camino para la realización de la comunicación.
- Para el procesamiento de las llamadas entrantes, cuando la unidad móvil esta en una condición libre, el audio de recepción y las funciones de PTT están

desconectadas. Durante este tiempo el móvil esta escaneando en busca de un tono de señalización del sistema. Cuando el tono de señalización es detectado, la unidad móvil frena su escaneo y recibe la trama de datos digital. Cuando la trama correcta es detectada, el audio de recepción y las funciones de PTT son conectadas y las operaciones de la radio comienzan. Al finalizar la comunicación el repetidor desconecta y todos los móviles vuelven a escanear.

### **2.1.3 Formato de Señalización**

SmarTrunk II es un formato digital de señalización propietario BPSK el cual no es compatible con cualquier otro protocolo de trunking o de señalización. Este es altamente inmune a "hackers" y a usuarios no autorizados.

A pesar de ser propietario, SmarTrunk II esta disponible en un amplio de rango de modelos de radios de 10 diferentes fabricantes de radios. A diferencia de otros formatos de trunking, Ud. no esta "encerrado" en un simple proveedor de infraestructura y radios para los usuarios.

El tiempo inicial de conexión es típicamente de 1 a 3 segundos, dependiendo del tipo de llamada requerida, el número de canales en el sistema y la disponibilidad de canales para solicitar el servicio. Radios equipadas con nuevas plaquetas lógicas "Omni" con "SmartScan" obtendrán un canal libre en menos tiempo. Una vez que un canal es obtenido, este es mantenido durante la conversación y subsecuentes PTT son instantáneos.

### **2.1.4 Requerimientos base para un Sistema SmarTrunk**

Un canal típico SmarTrunk debería consistir de los siguientes ítems:

- Un controlador SmarTrunk Modelo ST-853 por repetidor.

- Un repetidor VHF de UHF por canal - Alinco, Icom, Kenwood, Kyodo, Motorola, Standard, Tait, Yaesu/Vertex u otro repetidor compatible.
- Antena del sistema - duplexor o combinador dependiendo en el número de canales del sistema SmarTrunk. Cable Coaxial y conectores son requeridos.
- Una fuente de alimentación para los repetidores y los controladores SmarTrunk.

Cada controlador en el sistema SmarTrunk es capaz de proveer todos los servicios del sistema. Hay un controlador SmarTrunk ST-853 requerido para cada repetidor en el sistema, hasta un máximo de 16 canales por sistema.

### **2.1.5 Tipo de Arquitectura**

Posee arquitectura abierta, con diversos modelos y fabricantes para equipos móviles y portátiles disponibles que pueden operar con un sistema SmarTrunk

SmarTrunk se soporta sobre 40 modelos de radios móviles y portables de 10 diferentes fabricantes. Para programar los controladores e interfases en los equipos móviles y portátiles se requiere una computadora compatible, usando un programa de DOS suministrado por el fabricante. Las plaquetas lógicas de los radios son programadas desde el teclado de la radio o en algunos casos desde la PC.

Todos los controladores ST-853 vienen completamente equipados con capacidad de interconexión telefónica. Cada controlador tiene 2 jack telefónicos estandar RJ-11 los cuales aceptan cables de dos hilos, líneas desde una PBX o de la PSTN. Solamente los usuarios que realizan comunicaciones telefónicas o llamadas selectivas a otros usuarios requieren una radio equipada con un teclado.

### 2.1.6 Sistema de Control

Existe una importante ventaja del protocolo SmarTrunk II, debido al concepto de sistema descentralizado, el sistema utiliza un método de control distribuido el cual esta disponible sobre cualquier canal en el sistema. Este elimina la necesidad de un canal de control dedicado para manejar el sistema. Las radios móviles tienen la responsabilidad de monitorear el canal antes de transmitir, lo cual es realizado automáticamente por las plaquetas lógicas. La función de monitor de SmarTrunk podría ser programada en la radio para detectar Portadora o un tono CTCSS como estado de canal ocupado.

Respecto a la cantidad de usuarios a ser administrado por canal, hay muchos factores los cuales determinan el numero practico de usuarios por canal en un sistema de trunking, incluyendo 1) El tipo de operación sobre el sistema, ejemplo, despachos, móvil a móvil, móvil a teléfono; 2) El nivel de servicio deseado; y 3) El numero de canales en el sistema. Por ejemplo, basados en nuestro análisis de trafico y entradas de nuestros operadores de sistemas, el siguiente cuadro podría aplicarse a un sistema típico de cinco canales:

<b>Sistema:</b>	cinco canales SmarTrunk II
<b>Grado de Servicio:</b>	10% (Uno de 10 intentos dará ocupado)
<b>Número de radios aproximados por canal:</b>	

<b>Operación:</b>	100% de móvil a teléfono = 25 a 40
<b>Operación:</b>	50% de móvil a teléfono, 50% despachos = 50 a 75
<b>Operación:</b>	100% despachos = 100

### **2.1.7 Costo aproximado de un típico sistema SmarTrunk II.**

El costo de los sistemas pueden variar ampliamente, dependiendo del tipo de equipamiento utilizado y la complejidad del sistema. Generalmente, el costo de la infraestructura base, como se describe abajo, será de \$7,000 a \$10,000 por canal, excluyendo costo del sitio (construcción, torre, costo de la electricidad y del aire acondicionado). El costo del equipamiento de radio será de \$500 a \$1,000 por radio. El costo de un sistema de cinco canales con 250 usuarios tendrá un rango de entre \$160,000 a \$300,000.

## **2.2 Comunicación Inalámbrica Troncalizada en 800 MHz**

En este tratado se revisa el diseño del sistema de radio troncalizado de Motorola, en la banda de 800 Mhz, en los Estados Unidos de Norte América. Se compara el desempeño de las estrategias de asignación de canal troncalizado, de Mensaje, de Transmisión y de Cuasi Transmisión. Se demuestra, basados en estudios de sistemas troncalizados operando en los Estados Unidos que la troncalización por transmisión y por casi-transmisión, son mas eficientes que la troncalización por mensajes. Se usa el canal de señalización del sistema troncalizado, para recibir pedidos de servicios, desde unidades móviles y portátiles, y para transmitir, de regreso, asignaciones de canal. Si todos los canales de voz están ocupados, los pedidos son puestos en listas de espera. Se muestra que los requerimientos de capacidad del canal de señalización, en sistemas basados en troncalización por transmisión, son más altos que de los sistemas troncalizados por mensajes.

### **2.2.1 Antecedentes de los Sistemas Troncalizados**

La Comisión Federal de Comunicaciones, de los Estados Unidos de Norte América (FCC), ha designado que ciertos canales en la banda de 800MHz deber ser troncalizados, y ha establecido licencias para servicios de radio móvil especializados (SMRS por sus siglas en Ingles), para empresarios, proveedores de servicios. El servicio primario de los sistemas de radio troncalizados, es un enlace de comunicación semi-duplex, entre el transreceptor de un despachador y un grupo de unidades móviles y portátiles. En forma similar provee un enlace semi-duplex de retorno, desde una unidad móvil al despachador y otros móviles dentro de un grupo. El enlace semi-duplex se establece ha través de un repetidor y utiliza un par de

canales de radio, uno para el móvil entrante, o despachador hacia la repetidora (enlace hacia arriba) y otro para la repetidora hacia el móvil, o el despachador (enlace hacia abajo). Estudios extensivos de tráfico de sistemas de radio troncalizados, en los Estados Unidos, muestran que una “conversación de despacho” típica consiste de cuatro transmisiones semi-duplex individuales, cada una de alrededor de cuatro segundos de duración, con un promedio de dos a tres segundos de pausa entre transmisión.

### **2.2.2 Enfoques de Troncalización**

En un sistema de radio de despacho multi-canal la “troncalización” se refiere a la asignación automática de un canal de radio disponible, a la unidad o grupo que lo solicita. Todos los sistemas troncalizados en uso, hoy en día, emplean un sistema de dirección selectivo con el objeto de mantener privacidad entre los diferentes grupos de usuarios, que comparten el sistema. Existen dos enfoques técnicos básico a la troncalización de canales de radio de despacho.

#### **2.2.2.1 Troncalización por Mensaje**

Al usar troncalización por mensaje, se asigna un canal de radio por la duración completa de la conversación de despacho descrita arriba. La troncalización por mensajes se logra, comúnmente mediante el uso de un temporizador de 6 a 10 seg en la “desactivación” de la repetidora (drop-out). Este temporizador comienza a contar en el momento que el móvil deja de transmitir (suelta le botón de PTT). Si otras unidades móviles, o el despachador, inician otra transmisión durante este tiempo, se mantiene el canal asignado originalmente. Si el tiempo expira antes de que otra

unidad de radio transmita, el canal se considera “libre” y disponible para ser reasignado a otro grupo. Esta técnica es ineficiente, ya que el canal permanece reasignado durante los intervalos entre transmisiones, cuando no hay comunicación de información, y también permanece asignado durante el periodo de 6 seg, del temporizador, al final de todo mensaje.

#### **2.2.2.2 Troncalización por Transmisión**

En la troncalización por transmisión, se asigna un canal de radio solo durante una sola transmisión de radio semi-duplex . En vista que la operación semi-duplex requiere, típicamente, que un operador móvil o despachador apriete y suelte un botón de PTT (push-to-talk); es posible enviar una señal de “fin de transmisión” definida y confiablemente detectable, hacia el controlador del repetidor, cuando el operador suelte el botón del PTT. Esta señal se puede usar para indicar que el canal está disponible para la reasignación. En esta disciplina de troncalización nos se pierde tiempo “en el aire” debido a las pausas de la conversación, ya que el canal se puede reasignar inmediatamente a otro usuario.

Existen razones para la eficiencia en Troncalización por Transmisión, los cuales pasamos a explicarlos de la siguiente manera: Los pedidos de servicio en el sistema troncalizado de Motorola, que no se pueden asignar debido a que todos los canales se encuentran ocupados se colocan en lista de espera. Cuando un canal quede disponible para ser reasignado, los pedidos en lista de espera son atendidos en orden de llegada. La teoría de Erlang C puede, por lo tanto, usarse para estimar los tiempos de espera para obtener servicio en sistemas de este tipo. La teoría establece lo siguiente, para un nivel fijo de tráfico (cantidad fija de utilización total del repetidor):

Tiempo de espera promedio para un canal =	Constante X Tiempo de servicio promedio del canal
---	---

Por supuesto, la constante de proporcionalidad debe cambiar en la medida que el nivel de tráfico varía.

La exposición de esta teoría tiene una implicación importante para la comparación de retardos, en las listas de espera, experimentados por sistemas troncalizados por mensaje y sistemas troncalizados por transmisión. Debido a que las transmisiones individuales que componen un mensaje en un sistema de radio troncalizado, son mucho más cortas que el mensaje mismo, los retardos de lista de espera para transmisiones individuales, en un sistema troncalizado por transmisión serán proporcionalmente menores que los retardos de lista de espera para mensajes enteros en un sistema troncalizado por mensaje. Con un tiempo promedio de mensaje de 20 seg. Y un tiempo de transmisión promedio de cuatro seg, observado arriba; esto significa que ,los tiempos de espera de canal, esperados para troncalización por trasmisión, son cuatro 4/20; osea, un quinto de los tiempos de espera de canal para troncalización por mensajes. Este efecto es por sobre la eficiencia alcanzada al reclamar tiempo “ en el aire”, no usado, debido a pausas y temporizadores dentro de los mensajes como se describía anteriormente. Ambos efectos se combinan para dar retardos de espera muy cortos para altos niveles de carga de unidades móviles.

### **2.2.2.3 Troncalización por Cuasi-Transmisión**

Sin embargo, a niveles de carga de canal muy altos, se corresponden a la hora de mayor tráfico del sistema, existe la posibilidad de retardos entre el mensaje mismo,

para los suscriptores de un sistema troncalizado por transmisión pura. Esto se debe a que cada transmisión individual de un mensaje debe obtener una nueva asignación de canal de voz. Estos retardos pueden llegar a ser molestos y producir una falta de continuidad en el mensaje. El sistema troncalizado de Motorola, por lo tanto, utiliza modificación de la troncalización por transmisión “pura”, llamada “troncalización por cuasi-transmisión”. La troncalización por cuasi-transmisión es un compromiso muy ventajoso entre la operación troncalizada por mensaje y por transmisión, el cual resulta de usar un retardo de desactivación (drop-out) muy corto en la repetidora; entre 0.5 y 1 seg, combinación con el envío desde la unidad móvil de una señal de fin de transmisión. Una vez que se consiga el acceso inicial al canal, y ambos operadores de radio tienen sus micrófonos en la mano se puede establecer un modo de conversación muy rápido sin “soltar” el canal de voz, y por lo tanto con una pequeña posibilidad de un retardo entre el mensaje.

La experiencia con un gran número de sistemas troncalizados por cuasi-transmisión, en los Estados Unidos de Norte América, ha demostrado lo práctico de este modo de operación. Si el canal de voz fuera liberado entre transmisiones, en un sistema troncalizado de cuasi-transmisión, se usa un mecanismo de “Prioridad al Usuario Reciente del Sistema”, con el objeto de reducir el retardo de acceso al canal, que el usuario, de otra forma, experimentaría. El controlador de troncalización, ubicado en el sitio de repetición, reconoce un pedido de canal para un grupo terminado recientemente, como una “continuación” de un mensaje corriente, y da prioridad al pedido del grupo que usó el canal recientemente por sobre pedidos de canal para “mensajes nuevos” que ya están en fila de espera. Se puede limitar el número de

veces que un grupo de usuarios pueda entrar a la fila de espera del usuario reciente del sistema, para evitar que unos pocos grupos acaparen el uso del sistema. La técnica de prioridad al usuario reciente del sistema, se puede usar tanto en las estrategias de asignación de canal de sistemas troncalizados por transmisión como por cuasi-transmisión.

### **2.2.3 Análisis de la eficiencia de Troncalización**

Las suposiciones y el método basado en la teoría de Erlang, que son usados para comparar la eficiencia de la troncalización por cuasi-transmisión y los sistemas troncalizados por mensaje, indicados más adelante. Los datos de llamadas han sido tomados de mediciones de sistemas troncalizados comerciales reales, en operación en los Estados Unidos de Norte América. El régimen de llamada por móvil, durante la hora de mayor tráfico, varía considerablemente de un grupo de usuarios de un sistema troncalizado a otro, basado en el tipo de negocio y método de despacho. Un “mensaje” por móvil, por hora, se toma como un régimen típico, y basta para mostrar las diferencias entre troncalización por mensaje y por transmisión.

La comparación entre los dos modos de troncalización requiere que se tomen ciertas suposiciones, las cuales son detalladas a continuación:

- Régimen de llamada por móvil: 1 mensaje /hora
- Duración de mensaje promedio: 22 segundos
- Tiempo promedio “en el aire” por mensaje (Troncalización por cuasi-transmisión, debido a pausas reclamadas): 18 seg.

- Tiempo promedio “en el aire” por mensaje (Troncalización por mensaje, debido a un tiempo de desactivación de 6 segundos): 28 seg.
- Tiempo promedio de retención de canal (Troncalización por cuasi-transmisión): 7 seg
- Se usa un canal de señalización dedicado, para retener los beneficios de las colas de llamada y los mensajes de datos bajo cualesquiera condiciones de carga. La utilización de los canales de voz se calcula, por lo tanto, para  $(N-1)$  canales; donde  $N$  = número total de canales en el sistema.
- Los tiempos de establecimiento de llamada y desconexión están incluidos en los datos de llamada. Los resultados suponen por lo tanto, un canal de control de suficiente capacidad y velocidad.
- Teoría de Erlang – C, sin colas con prioridad para el usuario reciente.

#### **2.2.4 Características funcionales de un Sistema Troncalizado**

Los sistemas de radio troncalizados ofrecen una serie de características a los usuarios, dentro de las cuales podemos citar:

- Sistema de Control
  - Terminal para el supervisor del Sistema
  - Expansión de repetidores
  - División del sistema en varios grupos
  - Registro automático de unidades
  - Reagrupación dinámica
  - Inhibición selectiva de unidades
  - Despliegue de identificación de unidades

- Base de datos para unidades y usuarios del sistema
- Tipos de llamadas
  - Llamada de emergencia
  - Múltiple niveles de prioridad
  - Llamada de grupo
  - Llamada a varios grupos
  - Modo de operación doble convencional y troncalizado
  - Llamadas privadas
  - Interconexión telefónica
- Características de acceso al sistema
  - Acceso rápido
  - Tonos para prohibir conversaciones
  - Indicadores para fuera de rango
  - Fila de espera y llamada automática
  - Reintento automático
  - Prioridad de usuarios recientes
  - Protección contra unidades en canal erróneo
  - Continua actualización de canales asignados
- Características de confiabilidad del sistema
  - Canales Múltiples
  - Canal e control dedicado con rotación
  - Inhabilitación del receptor debido a interferencia
  - Inhabilitación debido a baja potencia
  - Auto-diagnóstico del sistema

### **2.2.5 Desempeño teórico de un Sistema de 20 canales**

De acuerdo a los estudios realizados, si se especifica un retardo de lista de espera promedio de 1 seg, con el grado de servicio deseado, el sistema troncalizado, por mensaje puede servir a alrededor de 90 móviles por canal.

La eficiencia de canal que se alcanza al usar la troncalización por cuasi-transmisión es dramática puesto que se puede acomodar aproximadamente 160 móviles por cada canal para este grado de servicio.

Garry Hess en su tratado “Cargas y retardos en los sistemas móviles de comunicación troncalizadas” ha estudiado la variación de carga máxima exhibida en sistemas troncalizados existentes, e ilustra la necesidad de tener una reserva adecuada para los picos en la hora de más carga.

Los estudios antes mencionados arrojan los siguientes resultados:

- Un sistema troncalizado por cuasi-transmisión, de 20 canales, puede fácilmente acomodar un total de 2400 unidades (120 móviles por canal), con una capacidad de reserva adecuada, para absorber picos de carga de 25 % más altos que el promedio durante la hora de mayor tráfico (equivalente a 150 móviles por canal). Aún durante los picos de carga en la hora de mayor tráfico se mantienen un retardo promedio de lista de espera de un seg.
- Un sistema troncalizado por mensaje por otra parte, para mantener el mismo retardo de lista de espera con un factor de pico del 25 % , solo puede 1400 móviles (70 móviles por canal).

### **2.2.5.1 El Sistema de Control**

El canal de control, o de señalización, de un sistema de radio troncalizado debe, por lo menos, tener capacidad suficiente, para soportar los pedidos entrantes de canal de voz y las concesiones salientes de canal de voz, de un sistema de 20 canales totalmente cargado.

Una cierta cantidad de la capacidad se requiere también para soportar mensajes cortos, solo de datos, del tipo de “estados”. Un requerimiento adicional es de cualquier retardo por contención, que se experimente en el canal de control, no debe contribuir significativamente al retardo total que un usuario pueda experimentar mientras espera por un canal de voz.

#### **▪ Capacidad Entrante**

El número de paquetes entrantes de datos por seg, que deben manejarse es el total de lo siguiente:

a) Pedidos de canal de voz (Troncalización por cuasi-transmisión): Hemos puesto que un móvil genera un mensaje por hora durante la hora de mayor tráfico. En un sistema troncalizado por cuasi-transmisión, un mensaje se compone de aproximadamente tres accesos de canal, cada uno de los cuales debe ser pedido y asignado a través del canal de control. Así, un sistema de 20 canales totalmente cargado con 3000 unidades móviles, impondrá una carga de 2.5 pedidos de canal de voz por seg, en el canal de control entrante.

b) Paquetes de Datos de estados: Supongamos que las unidades móviles, con capacidad de datos en forma de estados y mensajes, generen un paquete de datos por hora durante el periodo de mayor tráfico. Una comunicación de estados consiste de una transmisión de un paquete de datos y un cause de recibo, en que ambos son

transportados en el canal de control entrante, por lo tanto un sistema troncalizado, totalmente cargado, con 3000 móviles equipados con estados, genera 1.7 paquetes por seg.

El promedio total de capacidad entrante durante la hora de mayor tráfico del canal de control debe, por lo tanto, exceder  $2.5 \text{ más } 1.7 = 4.2$  paquetes / seg para evitar que se sature el canal de control.

- **Capacidad del canal entrante basado en Aloha con ranura**

Un mecanismo modificado del “ALOHA con ranura” (slotted ALOHA), es usado por las unidades móviles para conseguir acceso al canal de control troncalizado entrante. El rendimiento del canal ALOHA con ranura clásico, es “modificado” por el hecho de que algunos paquetes entrantes requieren mas de una ranura para transmisión, y por el hecho que el efecto de “captura” que se produce en radios de FM, reduce el número de colisiones, lo que resulta en que ambos paquetes sean distribuidos. Tomando ambos factores en cuenta, la capacidad útil del canal entrante es muy cercana  $1/3e$  paquetes/seg , donde  $e=2.71$  (la base del logaritmo natural).

El número total de ranuras ALOHA entrantes (únicas) debe, por lo tanto exceder lo siguiente:

$4.2 \text{ paquetes/seg} \times (3e) = 34 \text{ ranuras entrantes / seg}$
---

- **Capacidad Saliente**

Usando un método similar al empleado en telefonía móvil celular, el sistema troncalizado de Motorola usa redundancia en el canal saliente de señalización, para

garantizar que las asignaciones de canal y los mensajes de datos lleguen a su destino con alta probabilidad, bajo condiciones de desvanecimiento de la señal de RF. Las siguientes reglas aplican al canal de control saliente:

a) Nuevas asignaciones de canal se repiten dos veces, a alta prioridad, tan pronto como se hace la asignación de canal. Ya que la velocidad de nuevas asignaciones de canal en un sistema totalmente cargado es de : 2.5 /seg, las nuevas asignaciones imponen una carga saliente de 5 paquetes/seg.

b) Cualesquiera paquetes de estado-mensaje se repiten 4 veces. A una velocidad, en la hora de mayor tráfico, de 1.7 mensajes/seg el tráfico de datos impone una carga saliente de alrededor de 6.6 paquetes/seg.

c) Asignaciones de canal, “de continuación”, son repetidos en el canal de control saliente por todo el tiempo que la asignación está en efecto. Esto permite que un móvil que haya experimentado un “desvanecimiento” largo y haya perdido el canal de voz, pueda recibir nuevamente la asignación en el canal de control, y reintegrarse así a la conversación. Esto también permite, que una unidad que haya sido recién encendida, pueda integrarse inmediatamente a cualquier conversación que está en progreso para su grupo de usuarios. Se desea actualizar hasta 19 asignaciones de canal aproximadamente cada seg, para una carga total de 19 paquetes / seg.

d) Paquetes, que indican que el sistema está ocupado, se envían también en el canal de control saliente, a las unidades cuyos pedidos de servicio no les pueden ser atendidos inmediatamente. Con un tiempo de espera promedio de 1 a 2 seg, habrá un promedio de 5 ocupados en el canal de control, que son repetidos continuamente, hasta que un canal sea finalmente asignado. Estos imponen una carga de aproximadamente 5 paquetes/se salientes. Una primera aproximación de la

capacidad total requerida del canal de control saliente, en un sistema troncalizado por Cuasi-transmisión es, por lo tanto, la suma de los items anteriores, o un mínimo de 35.8 paquetes/seg.

De lo anterior puede verse que la capacidad del canal de control entrante / saliente, debe aproximarse a los 40 paquetes/seg, para acomodar pedidos y concesiones de canal de voz, y paquetes de datos de estados. Este requerimiento es, en gran medida, un resultado del hecho que el canal de control debe hacer 3 asignaciones de canal, para un mensaje de despacho típico.

Como una primera aproximación, luego, los requerimientos capacidad, para el canal de señalización, en un sistema troncalizado por mensaje, sería de 1/3 del de un sistema troncalizado por transmisión, o aproximadamente 15 paquetes/seg.

### **2.2.6 Desempeño de un Sistema Real**

Los principios de diseño resumidos anteriormente, forman la base de los sistemas de radio troncalizados Motorola, en operación en la banda de 800 MHz, en los Estados Unidos de Norte América. Una amplia experiencia, con más de 600 sistemas troncalizados en operación, ha ratificado estos principios de diseño.

La siguiente tabla resume los datos de desempeño obtenidos de un sistema troncalizado de 20 canales, en operación en Huston, Texas. Los resultados de desempeño detallados se dan en la obra de la referencia: “desempeño de los sistemas troncalizados con interconexión telefónica”. En el día que se recogieron estos, el sistema troncalizado estaba soportando aproximadamente 100 móviles por canal. El tiempo de desactivación, (drop out), de las repetidoras estaba fijo en 0.5 segundos, de

tal manera que estaba en efecto, la disciplina de asignación de canal con Troncalización por Cuasi-transmisión. Los datos de desempeño, en la hora de mayor tráfico, indican 6305 asignaciones de canal para 2057 móviles, o alrededor de 3 asignaciones de canal por móvil por hora, lo que corresponde a 21 llamadas segundos por móvil hora. El corto tiempo de retención de canal, de 7 segundos es típico de la troncalización por cuasi-transmisión. El número de pedidos de canal de voz por segundo, de 1.75, realizados a través del canal de control, ilustran el rendimiento requerido en un sistema troncalizado por cuasi-transmisión.

La evaluación del desempeño de las filas de espera es complicada, por el hecho de que el sistema troncalizado estaba soportando alrededor de un Erlang de tráfico de interconexión telefónico, al momento de tomarse los datos. Se puede ver, sin embargo, que con sobre 2000 unidades móviles, los tiempos de espera durante la hora de mayor tráfico son consistentes con el desempeño esperado, tal como se describió anteriormente.

Desempeño en la hora de mayor Tráfico: Los datos fueron obtenidos el 3 de agosto 1984, 10:30 –11:30 AM

- Pedidos totales por canal : 6305/hora
- Pedidos por segundo : 1.75 seg
- Tiempo de retención promedio/canal : 7 segundos
- Erlangs de despacho promedio : 12.2
- Erlangs Totales (incluye interconexión telefónica) : 13.1
- Porcentaje de pedidos de despacho demorados : 11%
- Espera de despacho promedio por canal (total) : 0.12 segundos

### **2.3 Sistemas de Radio Convencional Analógico VHF**

En la actualidad, se encuentran operando cientos de sistemas de radio convencionales alrededor de todo el mundo. Los sistemas convencionales son y seguirán siendo los más populares tipos de comunicación existentes para radios de Dos Vías. Los sistemas convencionales pueden ser destinados para sólo transmitir voz, como para poder transmitir voz y datos, tanto para áreas pequeñas (locales), como para áreas extensas (países o regiones).

Los Sistemas Convencionales que hoy en día existen son capaces de brindarle las ventajas tecnológicas y funcionales que usted busca. Como son: Identificación personalizada visible en su radio cada vez que usted recibe un mensaje; botón silencioso de emergencia para que en su base pueda saberse que requiere de ayuda; verificación constante de la operación de la radio por parte de su base (para saber si es que la radio sigue operando o no); capacidad de eliminación electrónica de una radio de su sistema en caso de robo, etc.

Los sistemas convencionales ofrecen otros beneficios. Primero, son económicos, cuando su sistema no posee un gran número de usuarios y la congestión de tráfico no le resulta una gran preocupación. Segundo, los sistemas convencionales pueden ser fácilmente mejorados o actualizados a los requerimientos tecnológicos del momento. Muchos usuarios comienzan su sistema como un sistema simple, pero gracias a las modificaciones que la tecnología desarrolla y mejora, usted puede migrar a

tecnologías de comunicación más complejas si así lo requiere. Y por si esto fuera poco, la cobertura de su sistema convencional puede expandirse con solo agregarle más repetidoras.

Algunas ventajas tecnológicas que le ofrecen los sistemas convencionales:

- La primera, es mayor eficiencia en el uso del espectro, gracias a la tecnología de transmisión de banda angosta (narrow band).
- La segunda, que cumplen con los estándares más exigentes del mercado.
- Y la tercera que en caso lo amerite, usted puede contar con encriptación digital para una completa privacidad en sus comunicaciones.

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES VHF**

#### **3.1 Arquitectura de la Red**

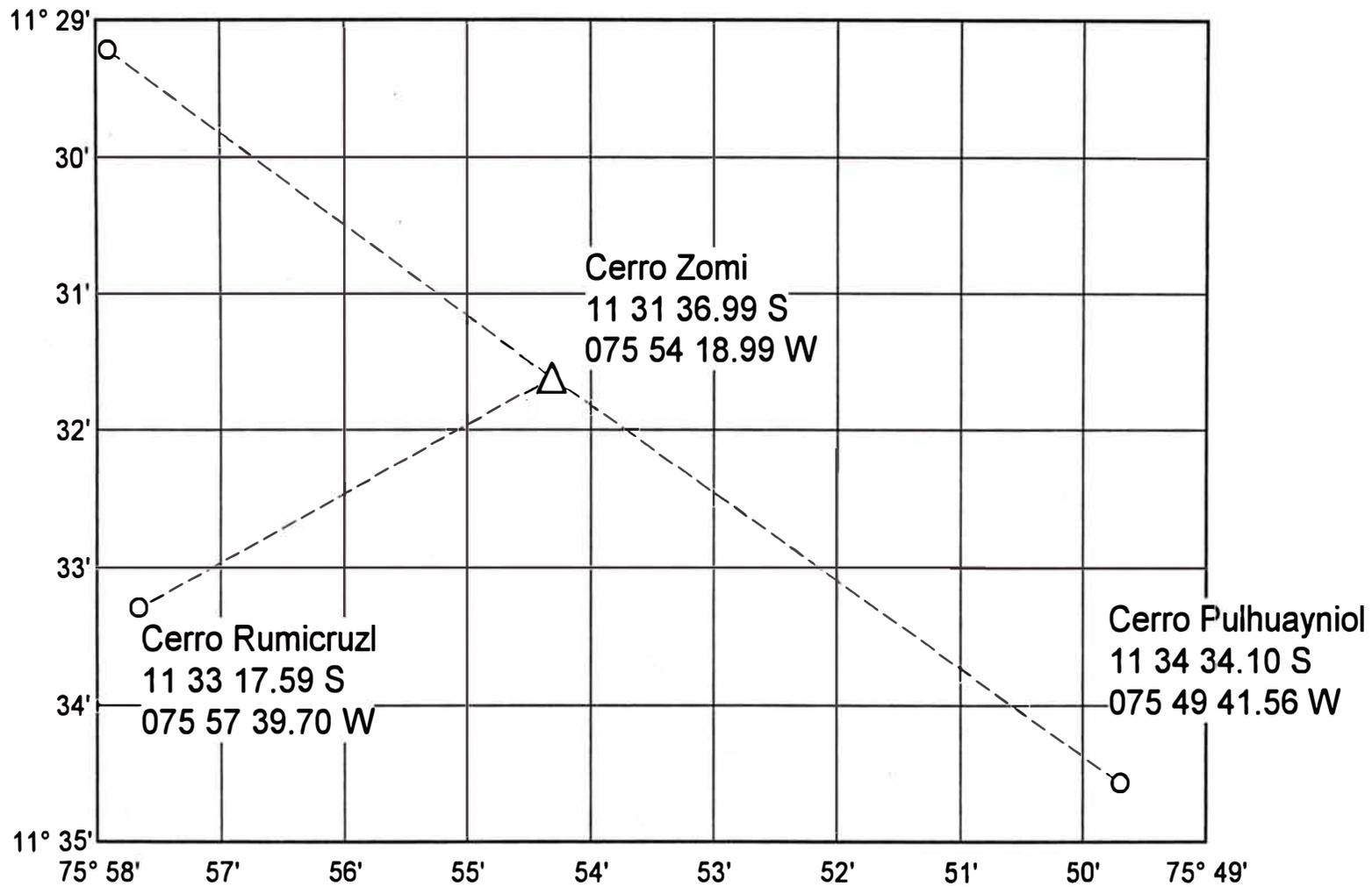
El enrutamiento de las comunicaciones será como se muestra en el gráfico adjunto. Cada una de las estaciones repetidoras es mostrada de acuerdo con sus respectivas coordenadas geográficas. Las ubicaciones de las estaciones repetidoras VHF y UHF se han determinado sobre las bases de los criterios siguientes:

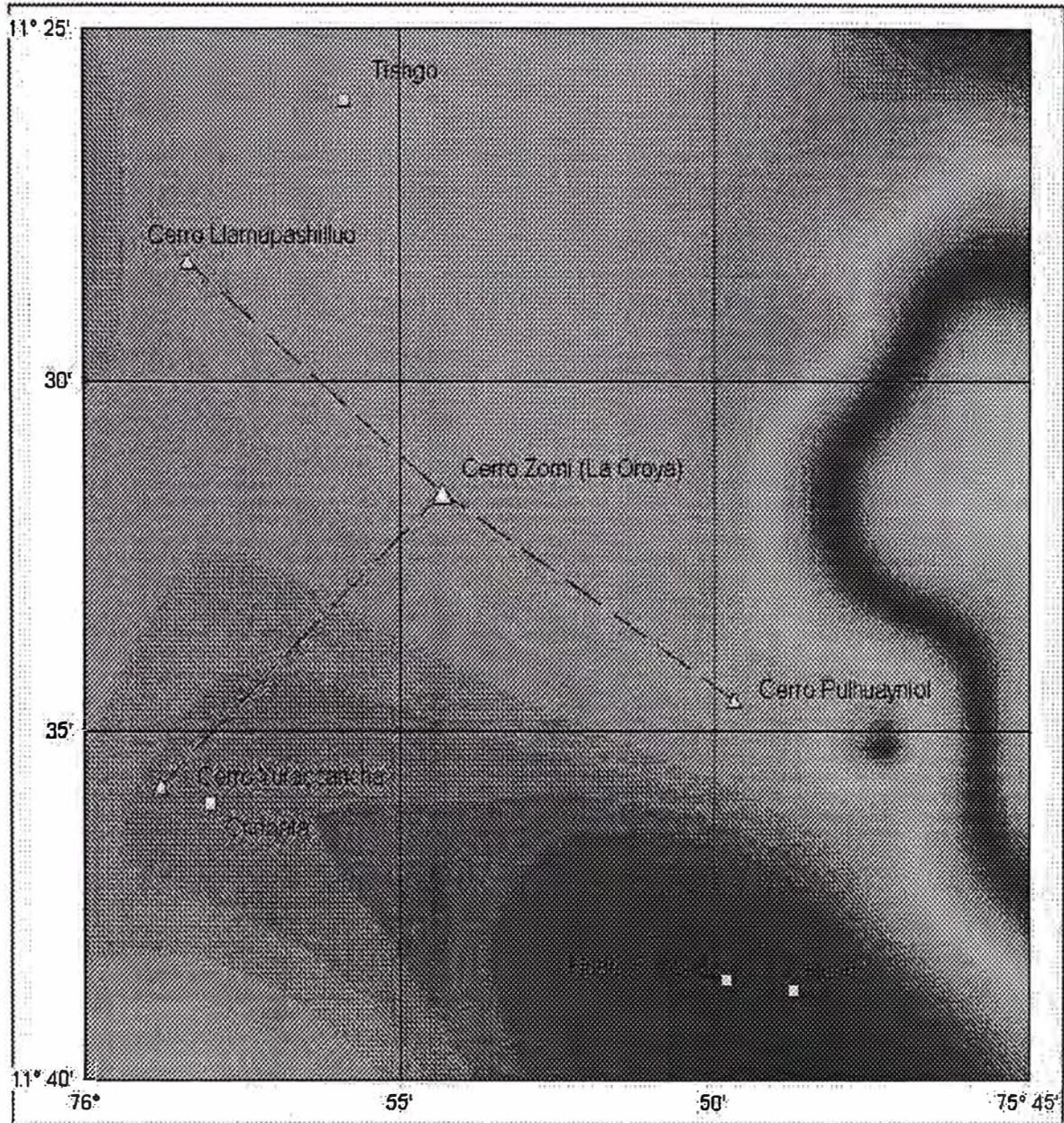
- Que el acceso a los sitios sea relativamente fácil y que no ocasionen problemas de servidumbre que sean difíciles de atender mas adelante.
- Que las tres repetidoras de enlace UHF estén equidistantes en lo posible, de la repetidora UHF del cerro Zomi para los fines del alcance de área extendida, de manera tal que se asegure que estas tengan un aceptable nivel de recepción de las señales transmitidas por el repetidor central.

#### **3.2 Estudio de Radiopropagación**

Para los propósitos del estudio de propagación se han ubicado previamente, mediante el uso de mapas cartográficos, los puntos geográficos que se consideran mas

**Cerro Ururruman**  
11 29 12.91 S  
075 57 54.05 W





apropiados para ser empleados como sitios para la instalación de las estaciones repetidoras. Los datos de ubicación geográfica se muestran en la tabla siguiente:

**TABLA NRO 1**

<b>LOCALIDAD ORIGEN</b>	<b>LOCALIDAD DESTINO</b>
<b>Cerro Zomi:</b> Latitud 011 31 37.00 S Longitud 075 54 19.00 W Altitud 3920 metros	<b>Cerro Yuraccancha</b> Latitud 011 35 46.30 S Longitud 075 58 48.30 W Altitud 4470 metros
<b>Cerro Zomi:</b> Latitud 011 31 37.00 S Longitud 075 54 19.00 W Altitud 3920 metros	<b>Cerro Llamapashilluo</b> Latitud 011 28 17.40 S Longitud 075 54 19.00 W Altitud 4100 metros
<b>Cerro Zomi:</b> Latitud 011 31 37.00 S Longitud 075 54 19.00 W Altitud 3920 metros	<b>Cerro Pulhuayniol</b> Latitud 011 34 34.10 S Longitud 075 54 19.00 W Altitud 4400 metros

### **3.2.1 Método empleado para determinar las Áreas de Servicio**

Para determinar el nivel de intensidad de la señal recibida (dBm) entre las estaciones a enlazar se trazaron los perfiles del terreno correspondientes a cada tramo de radiocomunicaciones con la finalidad de apreciar las características de la radio

propagación y determinar las posibilidades de comunicación en relación con la presencia de obstáculos elevados entre los puntos terminales.

Estos perfiles de terreno resultan de tomar las lecturas de distancias en Km y sus correspondientes alturas en metros sobre el nivel del mar, teniendo como punto de origen el sitio de transmisión previsto. Para tal efecto se han utilizado Mapas Cartográficos con una escala de 1/100,000 editados por el instituto Geográfico Nacional. Estos perfiles de terreno con un factor de curvatura de la Tierra de  $K = 4/3$  han sido procesados mediante un software especial para los cálculos de Telecomunicaciones, denominado PATHLOSS. En los anexos "A" se adjuntan los perfiles elaborados para los enlaces entre las diversas estaciones.

### **3.2.2 Cálculo del Área de Servicio**

De acuerdo a los resultados obtenidos en los cálculos de transmisión de las estaciones repetidoras VHF y de los enlaces UHF incluidos en los anexos "A" y "B", se aprecian que la probabilidad de servicio Raleigh es de prácticamente 100% para cada enlace previsto pudiendo observarse por los valores obtenidos que los alcances calculados pueden ser superados, en la práctica mantiene un aceptable nivel de intensidad de campo más allá de las estaciones en las zonas inmediatas a ellas, lo cual garantizará las comunicaciones con los equipos de radios móviles y portátiles. Además de los datos correspondientes a los perfiles de terreno para cada lugar de transmisión, se han introducido en el programa aquellos otros datos relativos a los parámetros de operación en los enlaces a fin de determinar el rendimiento en términos de niveles de intensidad de campo en los puntos extremos así como sus respectivos márgenes de desvanecimiento.

Los parámetros considerados han sido los siguientes:

- Tipo de antena y ganancia en dBd
- Altura de las antenas sobre el terreno en metros.
- Tipo y longitud de línea de transmisión entre la antena y el equipo de radio para establecer las pérdidas por atenuación en dB/100mts
- Pérdidas en la unidad Duplexer en el equipo repetidor en dB.
- Pérdidas misceláneas en dB.
- Frecuencia media de operación, en Mhz.
- Potencia de transmisión en vatios.

Así mismo se ha tomado en cuenta los aspectos referidos a las características de conductividad eléctrica del terreno, el mismo que para los fines del estudio se ha considerado “pobre”.

### **3.2.3 Altura de Torres de Antena**

Ha merecido especial atención lo referente a las alturas de las torres de antenas en cada lugar a fin de reducir al máximo posible las pérdidas por difracción para lograr los niveles de intensidad de campo que aseguren una eficiente comunicación. Esto ha sido considerado un factor crítico dentro del estudio efectuado.

Las torres de antena previstas a usar son del tipo auto-soportadas de 21 mts.

### **3.2.4 Cálculo de Potencia Efectiva Radiada**

La potencia efectiva radiada (PER) para las estaciones repetidoras tanto en VHF como en UHF han sido determinada sobre la base de los parámetros siguientes:

Pot. Total dBw =  $10 \log_{10}$  Potencia Total (watts)

PER dBw = Pot. Total dBw – Pérdidas + Ganancias en antena dBd

PER watts =  $\text{Antilog}_{10} (\text{PER dBw}/10)$

Las potencias efectivas radiadas (PER) que se indican más abajo expresan valores promedio ya que en la práctica la única variable que altera este valor es la pérdida por atenuación ocasionada por la longitud del cable coaxial de antena usado en cada estación lo que modifica muy ligeramente el valor del PER aquí mostrado.

El PER promedio según el tipo de las estaciones han sido determinado sobre la base de los parámetros siguientes:

***A: Estación repetidora VHF***

- Potencia Tx (vatios) : 10
- Pérdidas en cables, conectores y duplexores (dB) : 2.6
- Ganancia de antena dBd : 6
- Potencia Efectiva Radiada (dBw) : 13.44
- Potencia Efectiva Radiada (vatios) : 22.80

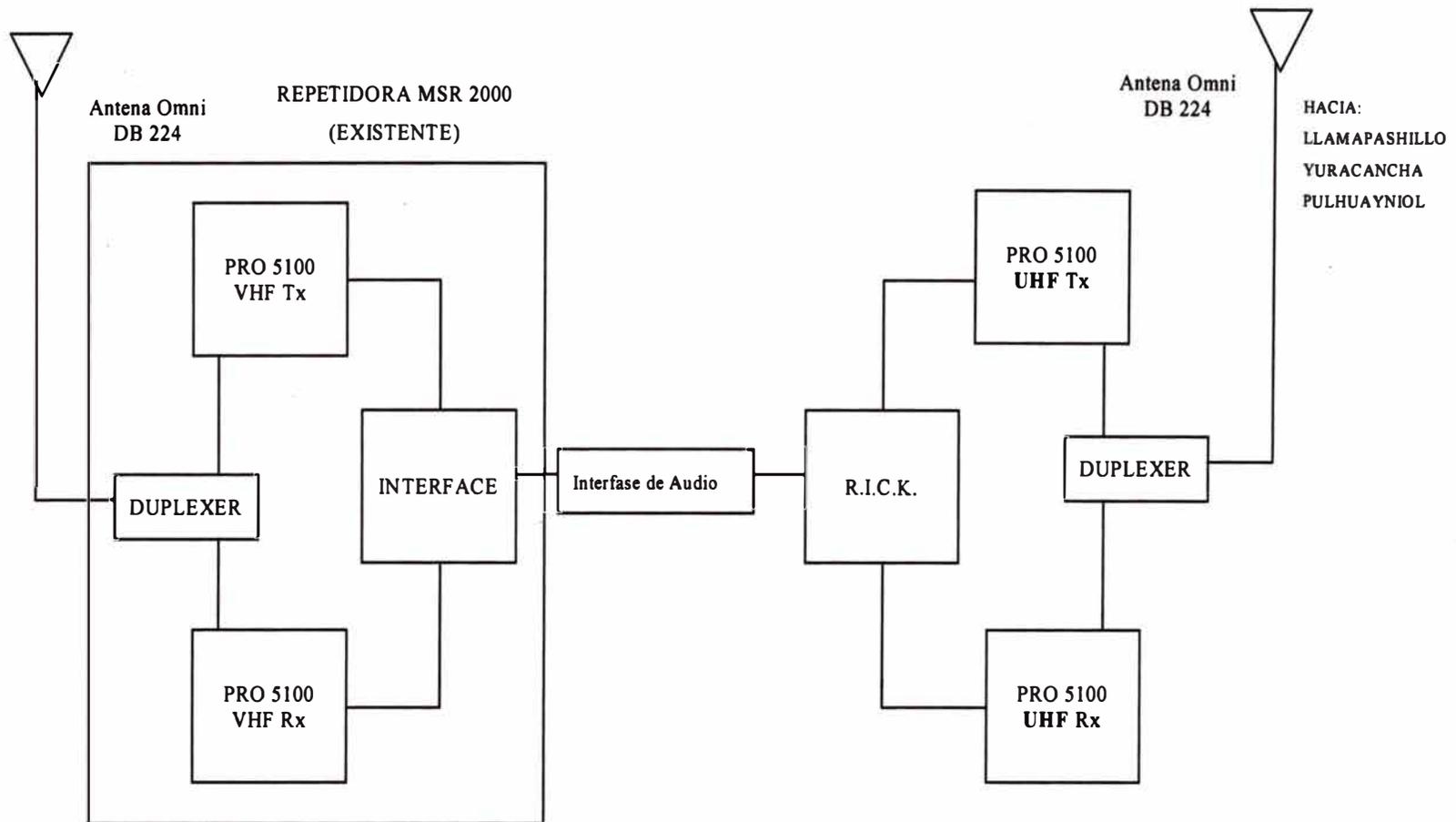
***B: Estación repetidora UHF de área extendida omnidireccional***

- Potencia Tx (vatios) : 10
- Pérdidas en cables, conectores y Duplexor (dB) : 2.6
- Ganancia de Antena dBd : 6
- Potencia Efectiva Radiada (dBw) : 13.44
- Potencia Efectiva Radiada (vatios) : 22.80

### **3.3 Configuración del Equipamiento**

La estación repetidora VHF – UHF omnidireccional, es aquella que consta de una repetidora VHF de cobertura local, lo que permitirá la comunicación entre unidades móviles, portátiles o bases; y un enlace UHF omnidireccional, el que permitirá el enlace entre las demás estaciones repetidoras. Esta estación tendrá la conformación que se muestra en el gráfico adjunto en el que el repetidor VHF de cobertura local, marca MOTOROLA, que empleará (2) dos equipos transceptores de radio VHF, con una potencia de salida de RF de 10 vatios, dentro del rango de frecuencia de 146 a 174 MHz, esta unidad repetidora incluye además una unidad Duplexer, la misma que permite utilizar los equipos de radio con una sola antena (la separación entre frecuencias transmisora y receptora debe ser 4.5 MHz) Además de esta unidad, se tiene el enlace UHF omnidireccional, en que la unidad principal es el equipo repetidor marcas MOTOROLA, que empleará (2) dos equipos transceptores de radio UHF, con una potencia de salida de RF de 10 vatios, dentro del rango de frecuencias de 450 a 470 MHz. Esta unidad incluye además una unidad Duplexer, la misma que permitirá utilizar los equipos de radio con una sola antena. (La separación mínima de frecuencias transmisora y receptora debe ser 4.5 MHz). Además de estas unidades, se tiene el siguiente equipamiento:

- a) Una antena VHF de banda ancha del tipo fija con patrón de mediación sectorial privilegiada marca Decibel, modelo DB224, la misma que está compuesta por (4) cuatro dipolos espaciados en un mastil. La ganancia de esta antena es de 6 dBd.
- b) Una antena UHF omnidireccional del tipo fija, marca Decibel, banda de frecuencia 450 a 470 Mhz. La ganancia de esta antena es de 6 dBd.



**DIGRAMA DE BLOQUES DEL EQUIPAMIENTO DE RADIO EN ESTACION CENTRAL CERRO SOMI / SISTEMA SEMI - DUPLEX**

ANT. VHF OMNI DB 224



DUPLEXER

PRO 5100 VHF Rx

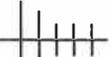
PRO 5100 VHF Tx

R.I.C.K. J4

R.I.C.K. J5

PRO 5100 UHF Tx/Rx

HACIA REPETIDORA UHF



ANT. UHF YAGI ASP-760

7 GND  
11 Rx.AUDIO  
13 +A  
14 COR

14 13 11 7

8 PTT  
5 MIC  
7 GND  
11 Rx  
14 COR

3 PTT  
5 MIC  
7 GND  
11 Rx  
8 COR

14 COR  
11 Rx  
7 GND  
13 +A  
2 MIC  
3 PTT

14 COR  
11 Rx  
7 GND  
13 +A  
2 MIC  
3 PTT

2 MIC  
3 PTT  
7 GND  
5 FLAT  
8 PTT

2 3 7 5 8

PROYECTO DOE RUN			
DIAGRAMA DE BLOQUES DE ESTACION REPETIDORA VHF CON ENLACE UHF SEMI-DUPLEX			

- c) Conectores y cables coaxiales.
- d) Una torre ventada para antena, de sección triangular, formada por secciones embonables de 3 metros, cada una de 30 metros.
- e) Un sistema de pararrayos, tipo Franklin, con captor pentapuntal, el mismo que incluye sus respectivos accesorios de instalación.

### **3.4 Sistema de Energía Fotovoltaica**

El sistema de energía fotovoltaica para el funcionamiento de las estaciones repetidoras se ha dimensionado tomando en cuenta los factores de cálculo siguientes:

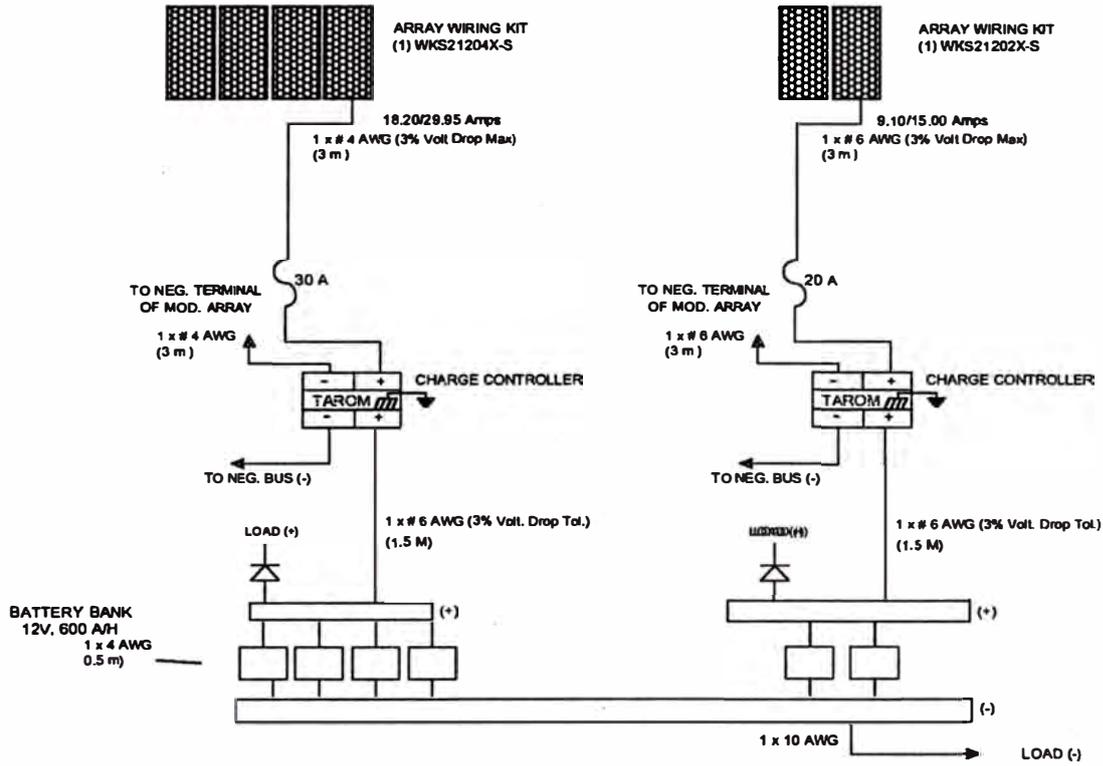
- a) El régimen de insolación está expresado como la potencia generada en Kwh/m<sup>2</sup> en función de los datos de los valores de radiación solar promedio mensual registrada en la zona de San Ramón, tomada como referencia.
- b) Para la utilización de los datos compilados estadísticamente por la Universidad de Massachusetts-Lowell (USA). Se ha configurado un sistema de energía solar de 12 voltios para todas las estaciones repetidoras.
- c) El ángulo de inclinación (Tilt) del conjunto de módulos solares respecto al plano horizontal del terreno, orientado hacia el norte es de 10 grados según la latitud de la zona. Sin embargo, para reducir el riesgo de bloqueo de la radiación solar por la acumulación de nieve sobre la superficie de los módulos en determinadas épocas del año, se recomienda utilizar un ángulo de 20 grados. Con tal ángulo, la nieve se deslizará y no ocasionará mayores problemas.
- d) La relación entre el conjunto de módulos/carga (array/load Ratio) está dentro de un valor promedio de 1.5 de manera de no sobredimensionar el sistema y encarecerlo innecesariamente. La salida de corriente en Ah/día producida por el

conjunto de módulos fotovoltaicos es variable según la época del año. La mayor relación A/L se produce en el mes de Octubre cuando precisamente hay mayor radiación solar en la zona. La menor ocurre en el mes de Febrero, que es la época de lluvias. Por tal razón, el estado de carga promedio del banco de baterías por lo general va a esta por encima del 95%.

- e) El tiempo estimado de transmisión acumulado por día: 6 horas
- f) La autonomía de operación. Esto es necesario y conveniente para asegurar la disponibilidad de energía y la continuación del funcionamiento de la estación durante los días de insuficiente radiación solar. Esta autonomía se ha estimado en (5) días para lo cual se ha previsto disponer de los bancos de baterías con la suficiente capacidad de A/h para garantizar dicho periodo de autonomía.

Los módulos solares a emplear en estas estaciones serán de la marca BP Solar (USA), modelo SX-80, con un voltaje nominal o típico de 16.8 voltios y con 80 vatios de potencia a máximo régimen de insolación. Las baterías serán de la más alta calidad para este tipo de aplicaciones basados en nuestra experiencia. Las unidades de carga de batería serán del modelo Tarom 245, marca Steca, de Alemania. Las cantidades calculadas de módulos y baterías a usar en todas las estaciones se basan en el número de equipos a alimentar, ello se aprecia en los cálculos y esquemas correspondientes a los tipos de estaciones, determinados para comunicación Semi-Duplex.

BP SOLAR BP 380 PHOTOVOLTAIC MODULE ARRAYS



REMARK: ELECTRICAL CABLES ARE SIZED FOR A 3% VOLTAGE DROP MAX. BASED ON OPEN CIRCUIT VOLTAGE AND SHORT CIRCUIT CURRENT PER ARRAY STRING. FUSED MUST BE THOSE RATE FOR USE IN DC CIRCUITS

INSTALLATION NOTES:  
 ARRAY TILT ANGLE : 10 DEGREES  
 ARRAY ORIENTATION ANGLE : 275 DEGREES

PROYECTO: PROYECTO DOE RUN			
PLANO: DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 12 V PARA LAS ESTAC. REPETIDORAS VHF Y ENLACES UHF HALF DUPLEX			
DISEÑO	ESCALA	FECHA	DISTRIBO

### **3.5 Sistema de Alarma de las estaciones Repetidoras**

Cada sitio de repetición contará con un sistema de alarma para prevenir y poner en aviso a la Estación Central de cualquier ocurrencia de intento de ingreso no autorizado al sitio o al equipamiento de radio. Se empleará el sistema de seguridad fabricado por Digital Security Control (DSC), serie Power 864, con panel de control PC 5020.

El sistema permitirá monitorear las situaciones anormales siguientes:

- Corte del cerco perimetral de la Estación.
- Apertura de la puerta del cerco perimetral.
- Apertura de la puerta de la caseta de equipos.
- Apertura de la puerta del Gabinete de radio.
- Intrusión de personas dentro del área cerrada, mediante cuatro sensores infrarrojos ubicados convenientemente.

Una vez monitoreada la situación anormal el sistema activa una alarma sonora oral y simultáneamente transmite una señal de alarma, acompañada del ID de la Estación hacia el Centro de Control en La Oroya, mediante la activación del botón de emergencia que poseen los equipos de radio Motorola.

### **3.6 Instalación**

Las instalaciones de los equipos y accesorios en las Estaciones Repetidoras se ejecutarán en los sitios que el estudio preliminar ha determinado.

Dadas las características de los lugares de instalación de las estaciones repetidoras, se ha previsto la utilización de casetas construidas de material noble.

Para el Sistema de Energía, los paneles de celdas solares estarán montados en un bastidor metálico de aluminio y serán colocados debidamente orientados hacia el Norte y manteniendo una inclinación angular de 20 grados, respecto al nivel de terreno, como se ha indicado anteriormente. La unidad de control de carga, el tablero de distribución y el banco de baterías estarán instalados dentro de la caseta de equipos para su debida protección.

### **3.7 Programa de Ejecución y Costos**

Luego de realizado la etapa de diseño, estudios de banco y pruebas de campo, que fueron materia de este informe, posterior a ello podemos mencionar que el cronograma de ejecución del proyecto está constituido en cinco partes, de las cuales algunas de ellas pueden realizarse en paralelo o al mismo tiempo que otras:

- Solicitud y obtención de autorizaciones en los cerros donde se ubicarán las estaciones.
- Solicitud y obtención de licencias de operación con la correspondiente asignación de frecuencias, ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC.
- Adquisición de los equipos de radiocomunicaciones
- Ejecución de obras civiles, consistente en construcción de casetas, pozos de tierra, cercos de seguridad, bases para las torres auto-soportadas, etc.
- Instalación, puesta en funcionamiento, calibración y pruebas de coberturas finales.

El tiempo estimado para la ejecución estimado para este proyecto se ha considerado: 90 días. Se considera estimado dado que podrían existir contingencias debido a aspectos como:

- Retrasos en la obtención de las autorizaciones de las Comunidades para la instalación de las estaciones repetidoras.
- Retrasos en la asignación de frecuencias y obtención de licencias de operación por parte del MTC.
- Problemas climatológicos que podrían impedir el acceso a los cerros producto de intensas lluvias, granizo, etc.
- Movilizaciones políticas por parte de las comunidades aledañas, provocando cierre de carreteras, etc.

El costo calculado para este proyecto, incluyendo autorizaciones, licencias, obras civiles, adquisición de equipos, instalación y puesta en operación es: \$ 80,000.00  
sin IGV

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- a) La red de radiocomunicaciones VHF, es una tecnología bastante utilizada en la operaciones productivas, ya sea en sectores de Industria, Comercio y Servicios, tales como: Policía, Municipios, Bomberos, Aeropuertos, Escuelas, Maquiladoras, Construcción, Minerías, Petroleras, etc.
- b) Para el caso de operaciones minero metalúrgicas cumple un rol preponderante, en las comunicaciones de coordinación de las plantas, oficinas administrativas y equipos móviles y así como también en aspectos de seguridad. Al mismo tiempo dada su versatilidad y sencillez, su implementación es sencilla y poco costosa, especialmente en comunicaciones VHF convencionales de simplex o half-duplex.
- c) A la fecha existen sistemas troncalizados en VHF tales como el Smartrunk, descrito anteriormente, tecnología que proviene de Europa, que gobiernan hasta 4096 usuarios como máximo, con capacidad de interconexión telefónica, etc. Desde luego la filosofía de troncalización creada y usada en otras bandas (Ejm: 800 Mhz) es la misma, la de compartir el uso de una gama de repetidores, pero con un principio diferente, el “escaneo” y mínimas limitaciones.

d) Lamentablemente dentro de nuestra regulación, la actual Ley de Telecomunicaciones en el país no autoriza ni prohíbe el uso de este tipo de troncalización en VHF creando un vacío, que debe ser solucionado a fin de que las empresas que poseen sistemas convencionales puedan a un bajo costo poder migrar a un sistema troncalizado y poder aprovechar al máximo las bondades de este tipo de plataformas.

**ANEXO A**  
**DIAGRAMA DE PERFILES**



	Cerro Zomi	Cerro Llamapashilluo
Latitude	11 31 37.00 S	11 28 17.15 S
Longitude	075 54 19.00 W	075 58 20.49 W
True azimuth (°)	309 59 32.01	130 00 20.16
Calculated Distance (km)		9.554
Profile Distance (km)		9.554
Ellipsoid	South American 1969	
UTM zone	18S	18S
Easting (km)	401.280	393.943
Northing (km)	8725.595	8731.710
Elevation (m)	3920.00	4100.00

Distance (km)	Elevation (m)	Ground	Structure (m)
0.000	3920.00	PG	
0.500	3900.00	AG	
0.700	3800.00	AG	
2.350	3800.00	AG	
2.600	3900.00	AG	
3.000	3800.00	AG	
4.200	3800.00	AG	
4.800	3900.00	AG	
6.100	3800.00	AG	
7.100	3800.00	AG	
8.100	3950.00	AG	
9.000	4000.00	AG	
9.554	4100.00	AG	

Ground Elevations - AMSL, Structure & Antenna Heights - AGL

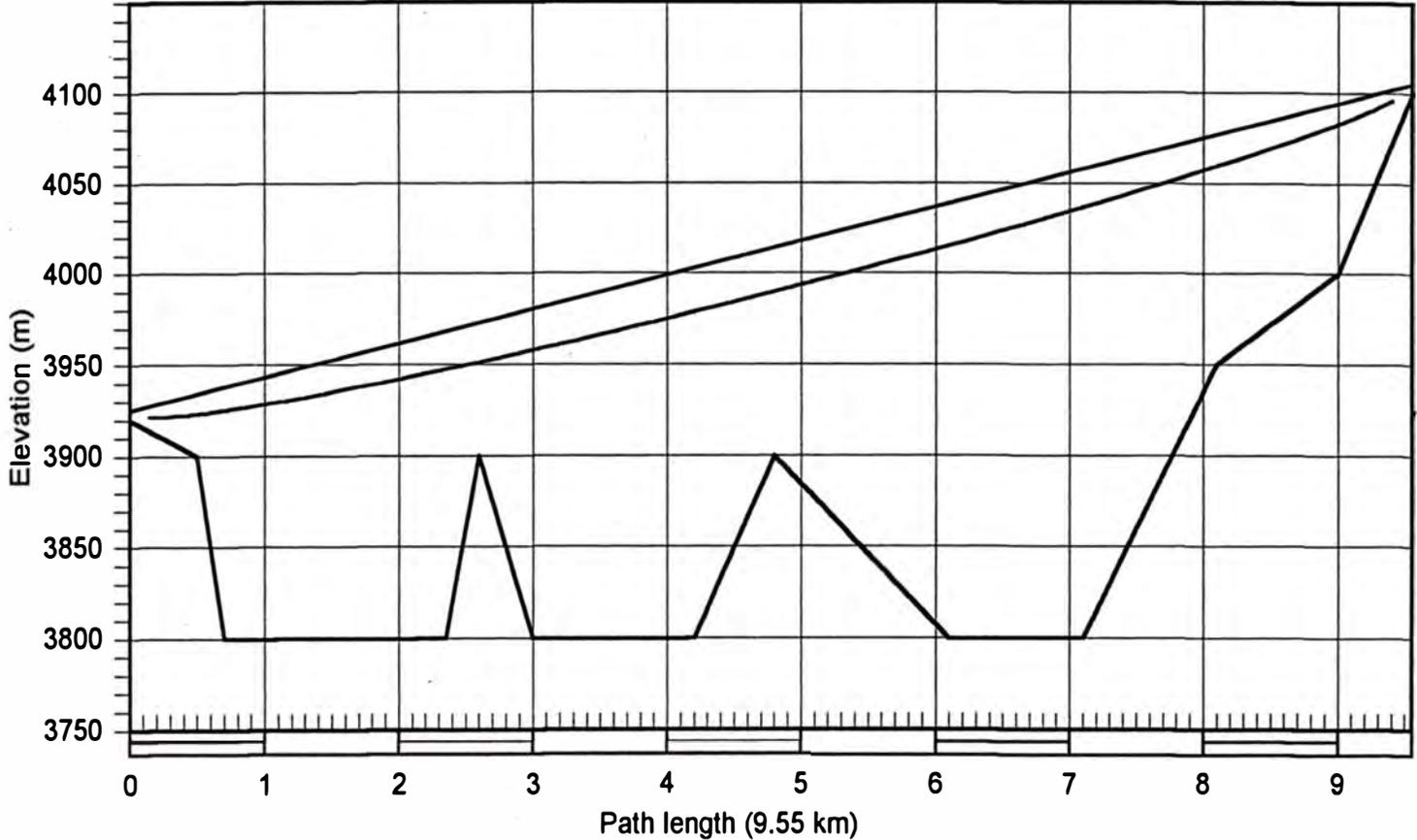
Ground Type

PG - Poor, AG - Average, GG - Good, FW - Fresh Water, SW - Salt Water

**Cerro Zomi**  
 Latitude 11 31 37.00 S  
 Longitude 075 54 19.00 W  
 Azimuth 309.99°  
 Elevation 3920 m ASL  
 Antenna CL 5.0 m AGL

Frequency (MHz) = 436.5  
 K = 1.33  
 %F1 = 60.00

**Cerro Llamapashilluo**  
 Latitude 11 28 17.15 S  
 Longitude 075 58 20.49 W  
 Azimuth 130.01°  
 Elevation 4100 m ASL  
 Antenna CL 5.0 m AGL



Proyecto DOE RUN		Dic 15 02
Enlace UHF hacia Repetidora VHF Remota		Llamapashil.pl4

	Cerro Zomi	Cerro Llamapashilluo
Elevation (m)	3920.00	4100.00
Latitude	11 31 37.00 S	11 28 17.15 S
Longitude	075 54 19.00 W	075 58 20.49 W
True azimuth (°)	309.99	130.01
Vertical angle (°)	1.05	-1.11
Antenna model	Offset DB404	Yagi P457-3 (Cuscraft)
Antenna height (m)	5.00	5.00
Antenna gain (dBi)	7.15	8.15
(dBd)	5.00	6.00
TX line type	RG-8/U	RG-8/U
TX line length (m)	35.00	15.00
TX line unit loss (dB /100 m)	16.00	16.00
TX line loss (dB)	5.60	2.40
Connector loss (dB)	0.50	0.50
Duplexer loss (dB)	1.20	
Frequency (MHz)	436.50	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	9.55	
Free space loss (dB)	104.87	
Field margin (dB)	1.00	
Diffraction loss (dB)	0.00	
Net path loss (dB)	100.77	100.77
Radio model	CDR500	CDR500
TX power (watts)	10.00	5.00
(dBm)	40.00	36.99
Effective Radiated Power (Watts)	5.89	10.21
(dBm)	37.70	40.09
RX Sensitivity Criteria	12 dB Sinad	12 dB Sinad
RX Sensitivity (µv)	0.22	0.22
(dBm)	-120.14	-120.14
RX Signal (µv)	144.70	204.63
(dBm)	-63.78	-60.77
RX Field Strength (µv/m)	2091.15	1588.18
Fade Margin (dB)	56.36	59.37
Rayleigh Fade Probability (%)	2.31E-04	1.16E-04
Log Normal Fade Probability (%)	0.00	0.00

Sáb, Dic 14 2002

Cerro Zomi-Cerro Llamapashilluo.pl4

Location - Open Terrain (sigma = 4 dB)



	Cerro Zomi	Cerro Pulhuayniol
Latitude	11 31 37.00 S	11 35 14.24 S
Longitude	075 54 19.00 W	075 49 54.16 W
True azimuth (°)	129 45 45.52	309 44 52.46
Calculated Distance (km)	10.438	
Profile Distance (km)	10.500	
Ellipsoid	South American 1969	
UTM zone	18S	18S
Easting (km)	401.280	409.322
Northing (km)	8725.595	8718.946
Elevation (m)	3950.00	4400.00

Distance (km)	Elevation (m)	Ground	Structure (m)
0.000	3950.00	PG	
0.600	4000.00	PG	
1.000	4000.00	AG	
1.400	3800.00	AG	
3.900	3800.00	AG	
4.650	4000.00	AG	
6.000	3800.00	AG	
6.800	4000.00	AG	
7.100	4100.00	AG	
7.300	4100.00	AG	
7.550	4000.00	AG	
8.500	3950.00	AG	
9.100	4000.00	AG	
10.000	4200.00	AG	
10.500	4400.00	AG	

Ground Elevations - AMSL, Structure & Antenna Heights - AGL

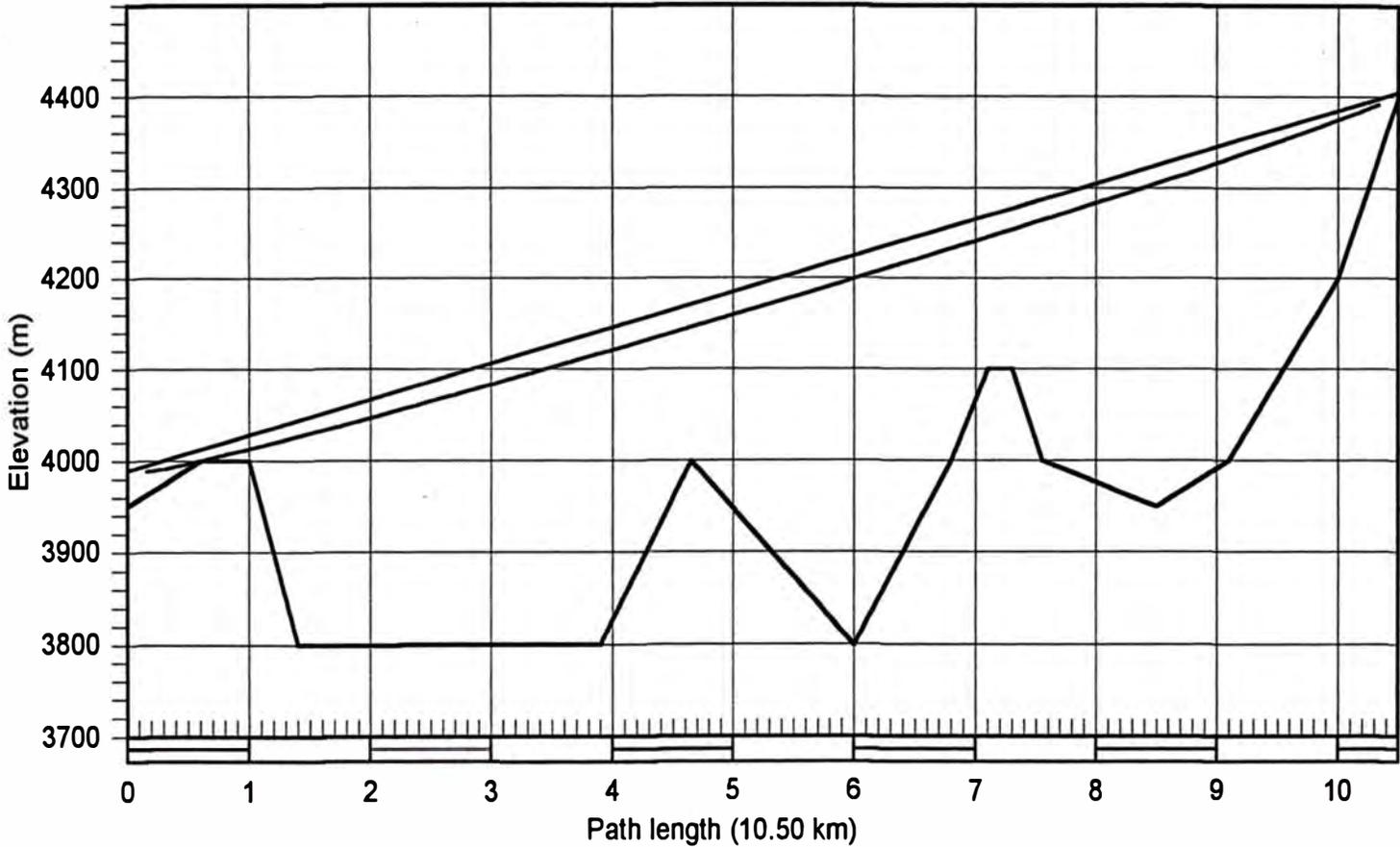
Ground Type

PG - Poor, AG - Average, GG - Good, FW - Fresh Water, SW - Salt Water

<b>Cerro Zomi</b>	
Latitude	11 31 37.00 S
Longitude	075 54 19.00 W
Azimuth	129.76°
Elevation	3950 m ASL
Antenna CL	38.4 m AGL

Frequency (MHz) = 436.5
K = 1.33
%F1 = 60.00

<b>Cerro Pulhuayniol</b>	
Latitude	11 35 14.24 S
Longitude	075 49 54.16 W
Azimuth	309.75°
Elevation	4400 m ASL
Antenna CL	5.0 m AGL



Proyecto DOE RUN	Dic 15 02
Enlace UHF hacia Repetidora VHF Remota	Pulhuayniol.pl4

	Cerro Zomi	Cerro Pulhuayniol
Elevation (m)	3950.00	4400.00
Latitude	11 31 37.00 S	11 35 14.24 S
Longitude	075 54 19.00 W	075 49 54.16 W
True azimuth (°)	129.76	309.75
Vertical angle (°)	2.24	-2.31
Antenna model	Offset DB404	Yagi P457-3 (Cuscraft)
Antenna height (m)	38.36	5.00
Antenna gain (dBi)	7.15	8.15
(dBd)	5.00	6.00
TX line type	RG-8/U	RG-8/U
TX line length (m)	49.00	15.00
TX line unit loss (dB /100 m)	16.00	16.00
TX line loss (dB)	7.84	2.40
Connector loss (dB)	0.50	0.50
Duplexer loss (dB)	1.20	
Frequency (MHz)	436.50	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	10.50	
Free space loss (dB)	105.69	
Field margin (dB)	1.00	
Diffraction loss (dB)	0.00	
Net path loss (dB)	103.83	103.83
Radio model	CDR500	CDR500
TX power (watts)	25.00	5.00
(dBm)	43.98	36.99
Effective Radiated Power (Watts)	8.79	10.21
(dBm)	39.44	40.09
RX Sensitivity Criteria	12 dB Sinad	12 dB Sinad
RX Sensitivity (µv)	0.22	0.22
(dBm)	-120.14	-120.14
RX Signal (µv)	101.73	227.47
(dBm)	-66.84	-59.85
RX Field Strength (µv/m)	1902.66	1765.41
Fade Margin (dB)	53.30	60.29
Rayleigh Fade Probability (%)	4.68E-04	9.35E-05
Log Normal Fade Probability (%)	0.00	0.00

Sáb, Dic 14 2002

Cerro Zomi-Cerro Pulhuayniol.pl4

Location - Open Terrain (sigma = 4 dB)



	Cerro Zomi	Cerro Yuraccancha
Latitude	11 31 37.00 S	11 35 46.22 S
Longitude	075 54 19.00 W	075 58 48.29 W
True azimuth (°)	226 48 25.65	046 49 19.62
Calculated Distance (km)	11.190	
Profile Distance (km)	11.190	
Ellipsoid	South American 1969	
UTM zone	18S	18S
Easting (km)	401.280	393.148
Northing (km)	8725.595	8717.912
Elevation (m)	3920.00	4470.00

Distance (km)	Elevation (m)	Ground	Structure (m)
0.000	3920.00	PG	
0.300	3950.00	PG	
0.600	3900.00	PG	
2.100	3950.00	PG	
3.500	4000.00	PG	
3.700	4050.00	PG	
4.150	4100.00	PG	
4.500	4050.00	PG	
4.850	4025.00	PG	
5.200	4050.00	PG	
5.600	4150.00	PG	
6.850	4100.00	PG	
7.100	4000.00	PG	
8.000	3800.00	PG	
8.550	4000.00	PG	
9.000	4150.00	PG	
10.300	4200.00	PG	
11.190	4470.00	PG	

Ground Elevations - AMSL, Structure & Antenna Heights - AGL

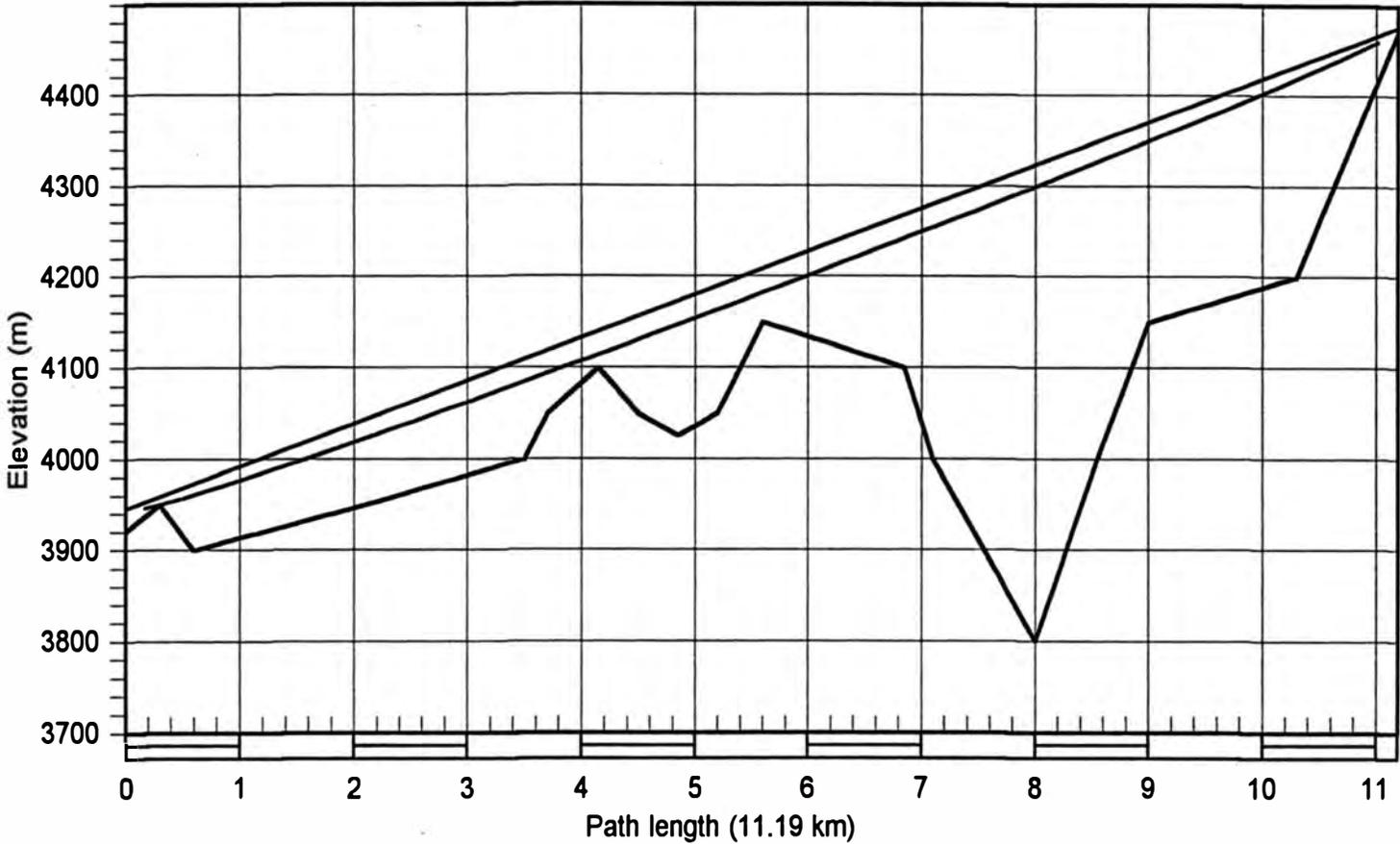
Ground Type

PG - Poor, AG - Average, GG - Good, FW - Fresh Water, SW - Salt Water

**Cerro Zomi**  
 Latitude 11 31 37.00 S  
 Longitude 075 54 19.00 W  
 Azimuth 226.81°  
 Elevation 3920 m ASL  
 Antenna CL 24.5 m AGL

Frequency (MHz) = 436.5  
 K = 1.33  
 %F1 = 60.00

**Cerro Yuraccancha**  
 Latitude 11 35 46.22 S  
 Longitude 075 58 48.29 W  
 Azimuth 46.82°  
 Elevation 4470 m ASL  
 Antenna CL 5.0 m AGL



Proyecto DOE RUN	Dic 15 02
Enlace UHF hacia Repetidora VHF Remota	Yuraccan.pl4

	Cerro Zomi	Cerro Yuraccancha
Elevation (m)	3920.00	4470.00
Latitude	11 31 37.00 S	11 35 46.22 S
Longitude	075 54 19.00 W	075 58 48.29 W
True azimuth (°)	226.81	46.82
Vertical angle (°)	2.68	-2.75
Antenna model	Offset DB404	Yagi P457-3
Antenna height (m)	24.47	5.00
Antenna gain (dBi)	7.15	8.15
(dBd)	5.00	6.00
TX line type	RG-8/U	RG-8/U
TX line length (m)	35.00	15.00
TX line unit loss (dB /100 m)	16.00	16.00
TX line loss (dB)	5.60	2.40
Connector loss (dB)	0.50	0.50
Duplexer loss (dB)	1.20	
Frequency (MHz)	436.50	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	11.19	
Free space loss (dB)	106.24	
Field margin (dB)	1.00	
Diffraction loss (dB)	0.00	
Net path loss (dB)	102.14	102.14
Radio model	GR500	PRO5100
TX power (watts)	25.00	5.00
(dBm)	43.98	36.99
Effective Radiated Power (Watts)	14.72	10.21
(dBm)	41.68	40.09
RX Sensitivity Criteria	12 dB Sinad	12 dB Sinad
RX Sensitivity (µv)	0.22	0.22
(dBm)	-120.14	-120.14
RX Signal (µv)	123.54	276.23
(dBm)	-65.15	-58.16
RX Field Strength (µv/m)	1785.34	2143.90
Fade Margin (dB)	54.99	61.98
Rayleigh Fade Probability (%)	3.17E-04	6.34E-05
Log Normal Fade Probability (%)	0.00	0.00

Sáb, Dic 14 2002

Cerro Zomi-Cerro Yuraccancha.pl4

Location - Open Terrain (sigma = 4 dB)

**ANEXO B**  
**DIGRAMAS DE COBERTURA**



	Cerro Llamapashilluo	Portatil
Latitude	11 28 17.15 S	11 31 37.00 S
Longitude	075 58 20.49 W	075 54 19.00 W
True azimuth (°)	130 00 20.16	309 59 32.01
Calculated Distance (km)	9.554	
Profile Distance (km)	9.554	
Ellipsoid	South American 1969	
UTM zone	18S	18S
Easting (km)	393.943	401.280
Northing (km)	8731.710	8725.595
Elevation (m)	4100.00	3920.00

Distance (km)	Elevation (m)	Ground	Structure (m)
0.000	4100.00	AG	
0.554	4000.00	AG	
1.454	3950.00	AG	
2.454	3800.00	AG	
3.454	3800.00	AG	
4.754	3900.00	AG	
5.354	3800.00	AG	
6.554	3800.00	AG	
6.954	3900.00	AG	
7.204	3800.00	AG	
8.854	3800.00	AG	
9.054	3900.00	PG	
9.554	3920.00	PG	

Ground Elevations - AMSL, Structure & Antenna Heights - AGL

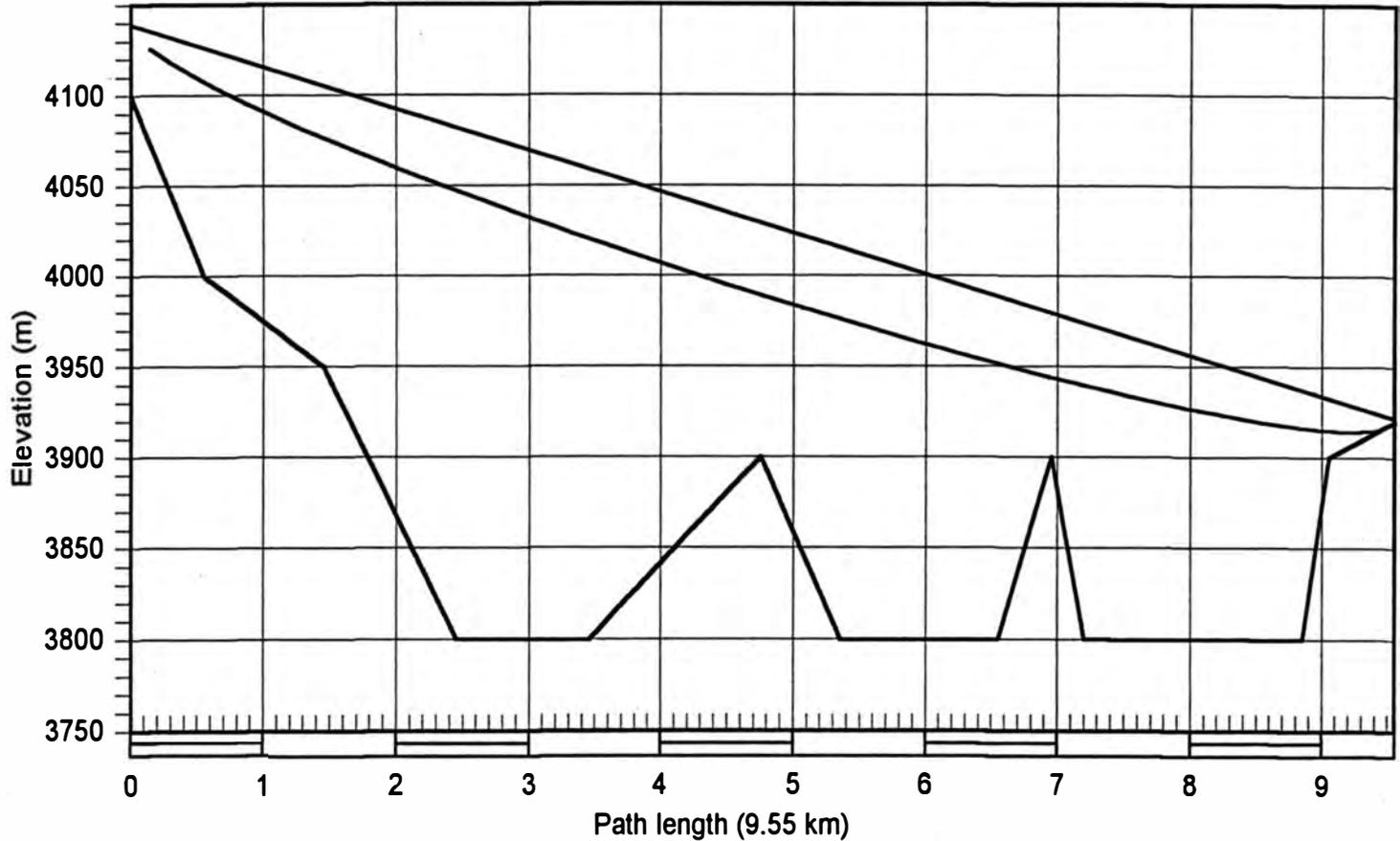
Ground Type

PG - Poor, AG - Average, GG - Good, FW - Fresh Water, SW - Salt Water

**Cerro Llamapashilluo**  
 Latitude 11 28 17.15 S  
 Longitude 075 58 20.49 W  
 Azimuth 130.01°  
 Elevation 4100 m ASL  
 Antenna CL 39.0 m AGL

Frequency (MHz) = 160.0  
 K = 1.33  
 %F1 = 60.00

**Portatil**  
 Latitude 11 31 37.00 S  
 Longitude 075 54 19.00 W  
 Azimuth 309.99°  
 Elevation 3920 m ASL  
 Antenna CL 1.5 m AGL



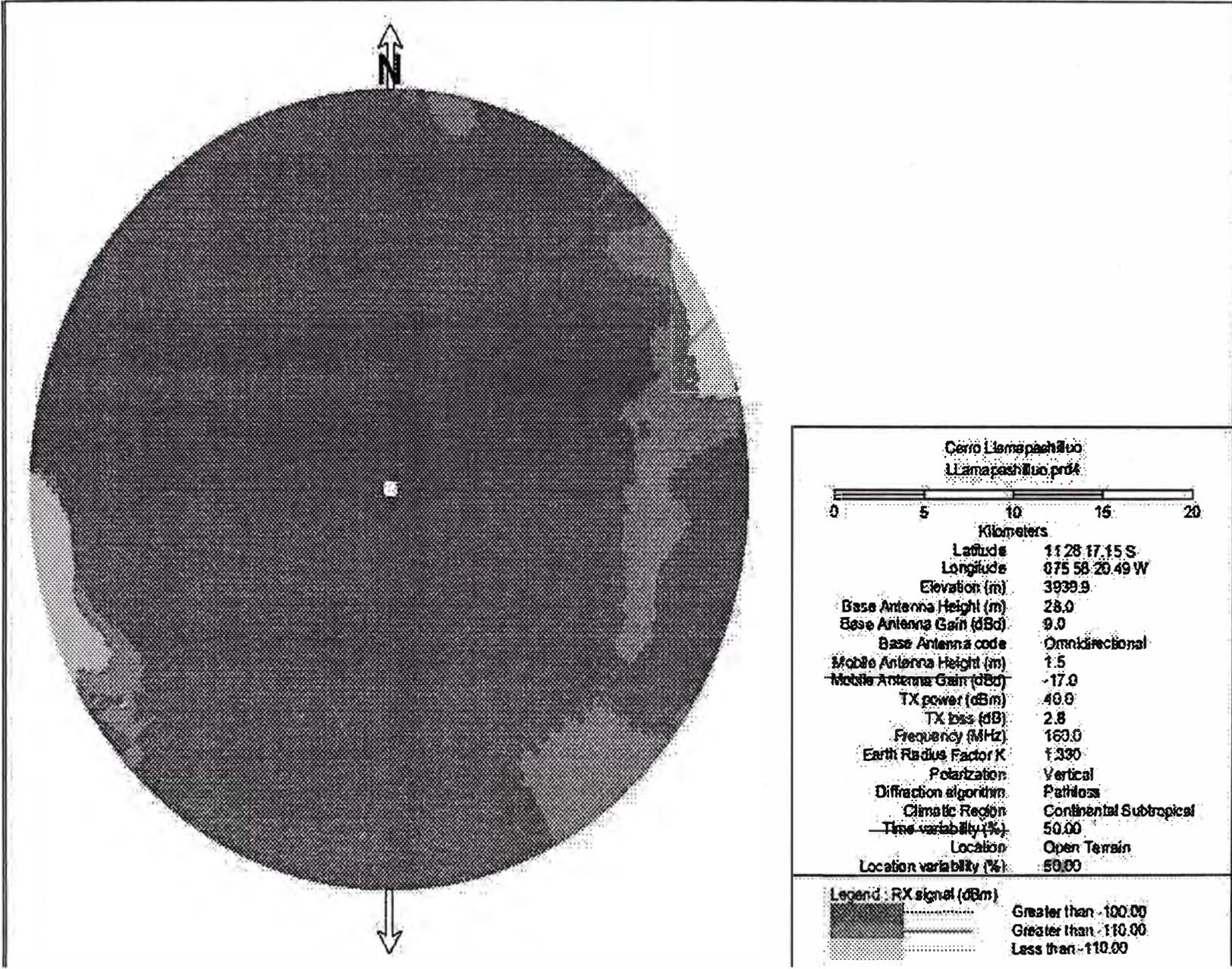
Proyecto DOE RUN	Dic 15 02
Enlace UHF hacia Repetidora VHF Remota	Ururuman.pl4

	Cerro Llamapashilluo	Portatil
Elevation (m)	4100.00	3920.00
Latitude	11 28 17.15 S	11 31 37.00 S
Longitude	075 58 20.49 W	075 54 19.00 W
True azimuth (°)	130.01	309.99
Vertical angle (°)	-1.34	1.27
Antenna model	Omnidireccional DB224	Whip
Antenna height (m)	39.00	1.50
Antenna gain (dBi)	11.15	-14.85
(dBd)	9.00	-17.00
TX line type	LDF4-50A	0
TX line length (m)	49.00	0.00
TX line unit loss (dB /100 m)	2.77	0.00
TX line loss (dB)	1.36	0.00
Connector loss (dB)	0.50	0.00
Duplexer loss (dB)	1.20	0.00
Frequency (MHz)	160.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	9.55	
Free space loss (dB)	96.15	
Field margin (dB)	1.00	
Diffraction loss (dB)	0.00	
Net path loss (dB)	103.91	103.91
Radio model	GR500	PRO5150
TX power (watts)	25.00	5.00
(dBm)	43.98	36.99
Effective Radiated Power (Watts)	98.22	0.10
(dBm)	49.92	19.99
RX Sensitivity Criteria	12 dB Sinad	12 dB Sinad
RX Sensitivity (µv)	0.22	0.25
(dBm)	-120.14	-119.03
RX Signal (µv)	100.80	225.39
(dBm)	-66.92	-59.93
RX Field Strength (µv/m)	206.72	6486.41
Fade Margin (dB)	53.22	59.10
Rayleigh Fade Probability (%)	4.76E-04	1.23E-04
Log Normal Fade Probability (%)	0.00	0.00

Sáb, Dic 14 2002

Cerro Llamapashilluo.pl4

Location - Open Terrain (sigma = 4 dB)



**Cerro Llamapashilluo  
Llamapashilluo.prd4**



Latitude	11 28 17.15 S
Longitude	075 58 20.49 W
Elevation (m)	3939.9
Base Antenna Height (m)	28.0
Base Antenna Gain (dBi)	9.0
Base Antenna code	Omnidireccional
Mobile Antenna Height (m)	1.5
Mobile Antenna Gain (dBi)	-17.0
TX power (dBm)	40.0
TX loss (dB)	2.8
Frequency (MHz)	160.0
Earth Radius Factor K	1.330
Polarization	Vertical
Diffraction algorithm	Pathloss
Climatic Region	Continental Subtropical
Time variability (%)	50.00
Location	Open Terrain
Location variability (%)	50.00

**Legend : RX signal (dBm)**

	Greater than -100.00
	Greater than -110.00
	Less than -110.00



	Cerro Pulhuayniol	Portátil
Latitude	11 35 14.24 S	11 31 37.00 S
Longitude	075 49 54.16 W	075 54 19.00 W
True azimuth (°)	309 44 52.46	129 45 45.52
Calculated Distance (km)	10.438	
Profile Distance (km)	10.500	
Ellipsoid	South American 1969	
UTM zone	18S	18S
Easting (km)	409.322	401.280
Northing (km)	8718.946	8725.595
Elevation (m)	4400.00	3950.00

Distance (km)	Elevation (m)	Ground	Structure (m)
0.000	4400.00	AG	
0.500	4200.00	AG	
1.400	4000.00	AG	
2.000	3950.00	AG	
2.950	4000.00	AG	
3.200	4100.00	AG	
3.400	4100.00	AG	
3.700	4000.00	AG	
4.500	3800.00	AG	
5.850	4000.00	AG	
6.600	3800.00	AG	
9.100	3800.00	AG	
9.500	4000.00	PG	
9.900	4000.00	PG	
10.500	3950.00	PG	

Ground Elevations - AMSL, Structure & Antenna Heights - AGL

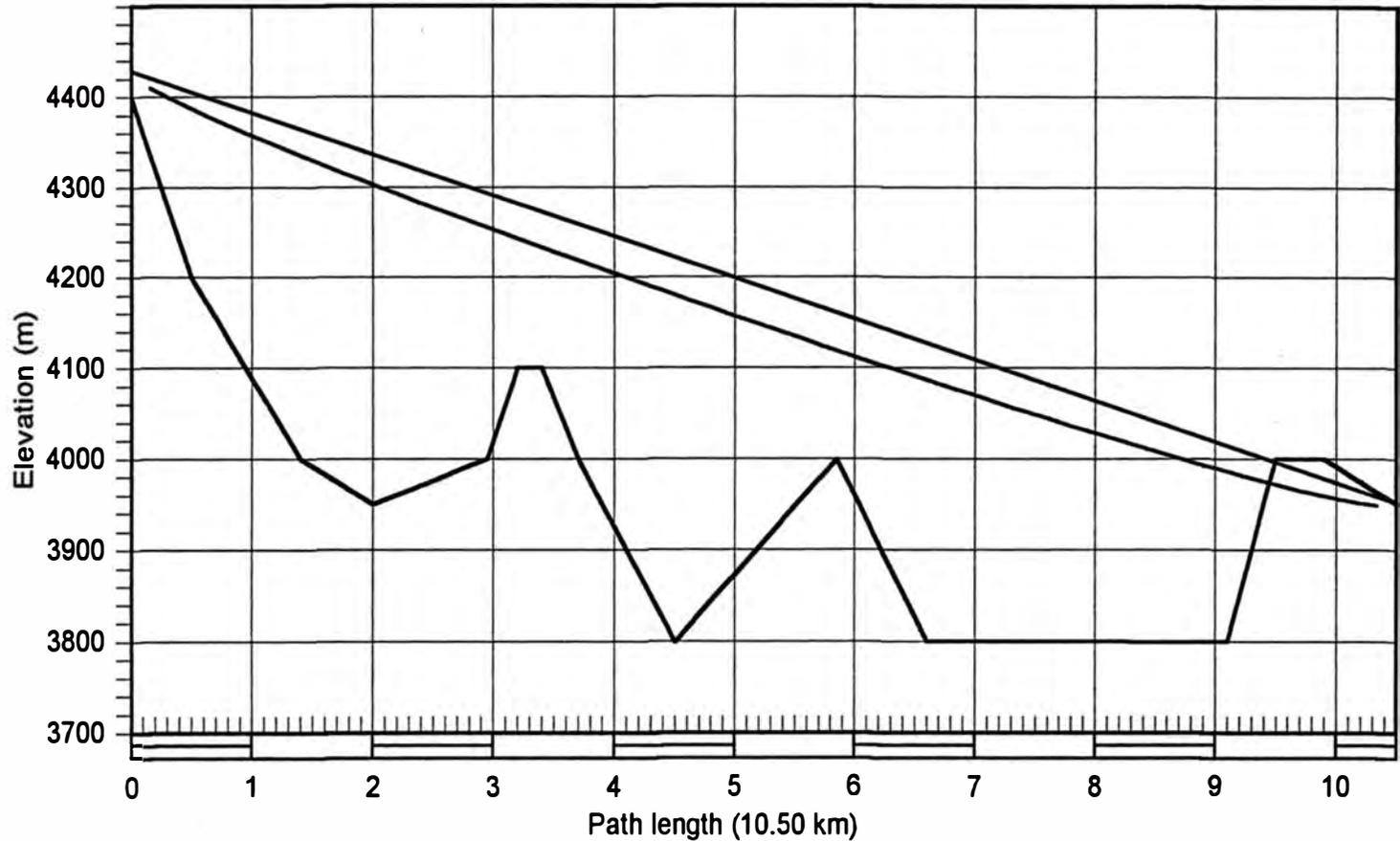
Ground Type

PG - Poor, AG - Average, GG - Good, FW - Fresh Water, SW - Salt Water

**Cerro Pulhuayniol**  
 Latitude 11 35 14.24 S  
 Longitude 075 49 54.16 W  
 Azimuth 309.75°  
 Elevation 4400 m ASL  
 Antenna CL 28.0 m AGL

Frequency (MHz) = 160.0  
 K = 1.33  
 %F1 = 60.00

**Portátil**  
 Latitude 11 31 37.00 S  
 Longitude 075 54 19.00 W  
 Azimuth 129.76°  
 Elevation 3950 m ASL  
 Antenna CL 1.5 m AGL



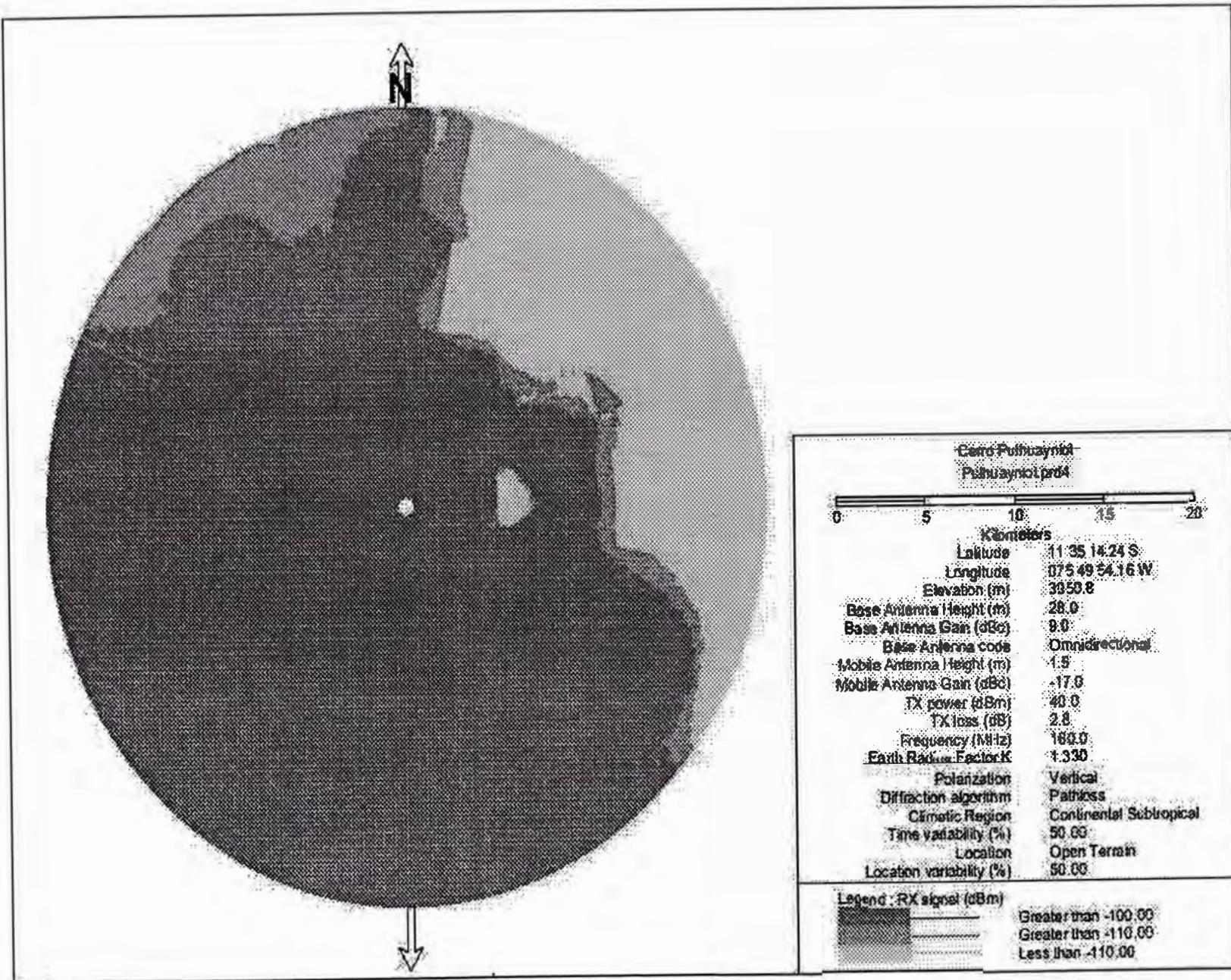
Proyecto DOE RUN	Dic 15 02
Enlace UHF hacia Repetidora VHF Remota	Pulhuayniol.pl4

	Cerro Pulhuayniol	Portátil
Elevation (m)	4400.00	3950.00
Latitude	11 35 14.24 S	11 31 37.00 S
Longitude	075 49 54.16 W	075 54 19.00 W
True azimuth (°)	309.75	129.76
Vertical angle (°)	-2.51	4.62
Antenna model	Omnidireccional DB224	Whip
Antenna height (m)	28.00	1.50
Antenna gain (dBi)	12.15	-14.85
(dBd)	10.00	-17.00
TX line type	LDF4-50A	LDF4-50A
TX line length (m)	38.00	0.00
TX line unit loss (dB /100 m)	2.77	0.00
TX line loss (dB)	1.05	0.00
Connector loss (dB)	0.50	0.00
Duplexer loss (dB)	1.20	0.00
Frequency (MHz)	160.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	10.50	
Free space loss (dB)	96.97	
Field margin (dB)	1.00	
Diffraction loss (dB)	0.00	
Net path loss (dB)	103.43	103.43
Radio model	GR500	PRO5150
TX power (watts)	25.00	5.00
(dBm)	43.98	36.99
Effective Radiated Power (Watts)	132.64	0.10
(dBm)	51.23	19.99
RX Sensitivity Criteria	12 dB Sinad	12 dB Sinad
RX Sensitivity (µv)	0.22	0.25
(dBm)	-120.14	-119.03
RX Signal (µv)	106.58	238.32
(dBm)	-66.44	-59.45
RX Field Strength (µv/m)	188.09	6858.30
Fade Margin (dB)	53.70	59.58
Rayleigh Fade Probability (%)	4.26E-04	1.10E-04
Log Normal Fade Probability (%)	0.00	0.00

Sáb, Dic 14 2002

Cerro Pulhuayniol.pl4

Location - Open Terrain (sigma = 4 dB)





	Cerro Yuraccancha	Portátil
Latitude	11 35 46.22 S	11 31 37.00 S
Longitude	075 58 48.29 W	075 54 19.00 W
True azimuth (°)	046 49 19.62	226 48 25.65
Calculated Distance (km)	11.190	
Profile Distance (km)	11.190	
Ellipsoid	South American 1969	
UTM zone	18S	18S
Easting (km)	393.148	401.280
Northing (km)	8717.912	8725.595
Elevation (m)	4470.00	3920.00

Distance (km)	Elevation (m)	Ground	Structure (m)
0.000	4470.00	PG	
0.890	4200.00	PG	
2.190	4150.00	PG	
2.640	4000.00	PG	
3.190	3800.00	PG	
4.090	4000.00	PG	
4.340	4100.00	PG	
5.590	4150.00	PG	
5.990	4050.00	PG	
6.340	4025.00	PG	
6.690	4050.00	PG	
7.040	4100.00	PG	
7.490	4050.00	PG	
7.690	4000.00	PG	
9.090	3950.00	PG	
10.590	3900.00	PG	
10.890	3950.00	PG	
11.190	3920.00	PG	

Ground Elevations - AMSL, Structure & Antenna Heights - AGL

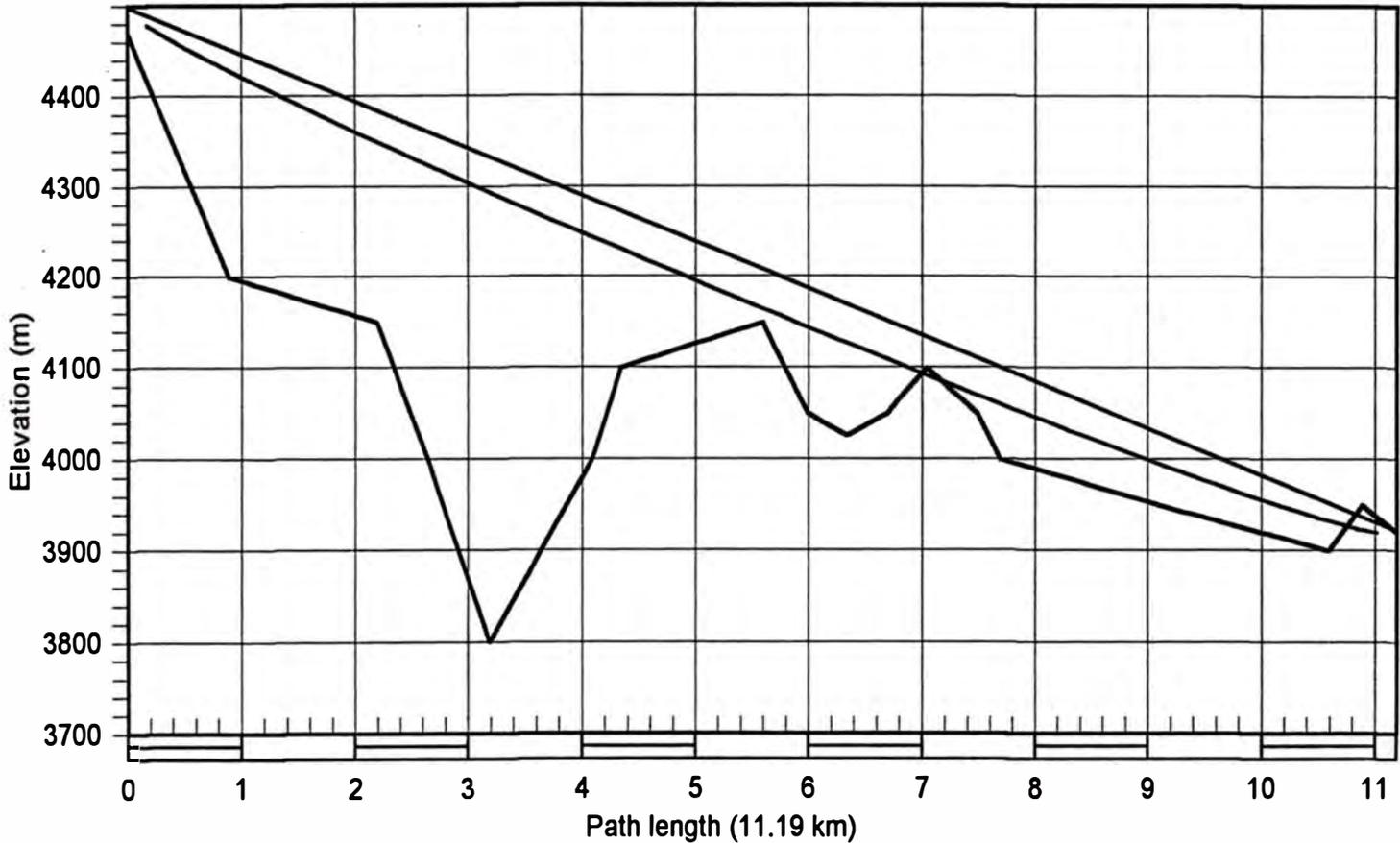
Ground Type

PG - Poor, AG - Average, GG - Good, FW - Fresh Water, SW - Salt Water

**Cerro Yuraccancha**  
 Latitude 11 35 46.22 S  
 Longitude 075 58 48.29 W  
 Azimuth 46.82°  
 Elevation 4470 m ASL  
 Antenna CL 28.0 m AGL

Frequency (MHz) = 160.0  
 K = 1.33  
 %F1 = 60.00

**Portátil**  
 Latitude 11 31 37.00 S  
 Longitude 075 54 19.00 W  
 Azimuth 226.81°  
 Elevation 3920 m ASL  
 Antenna CL 1.5 m AGL



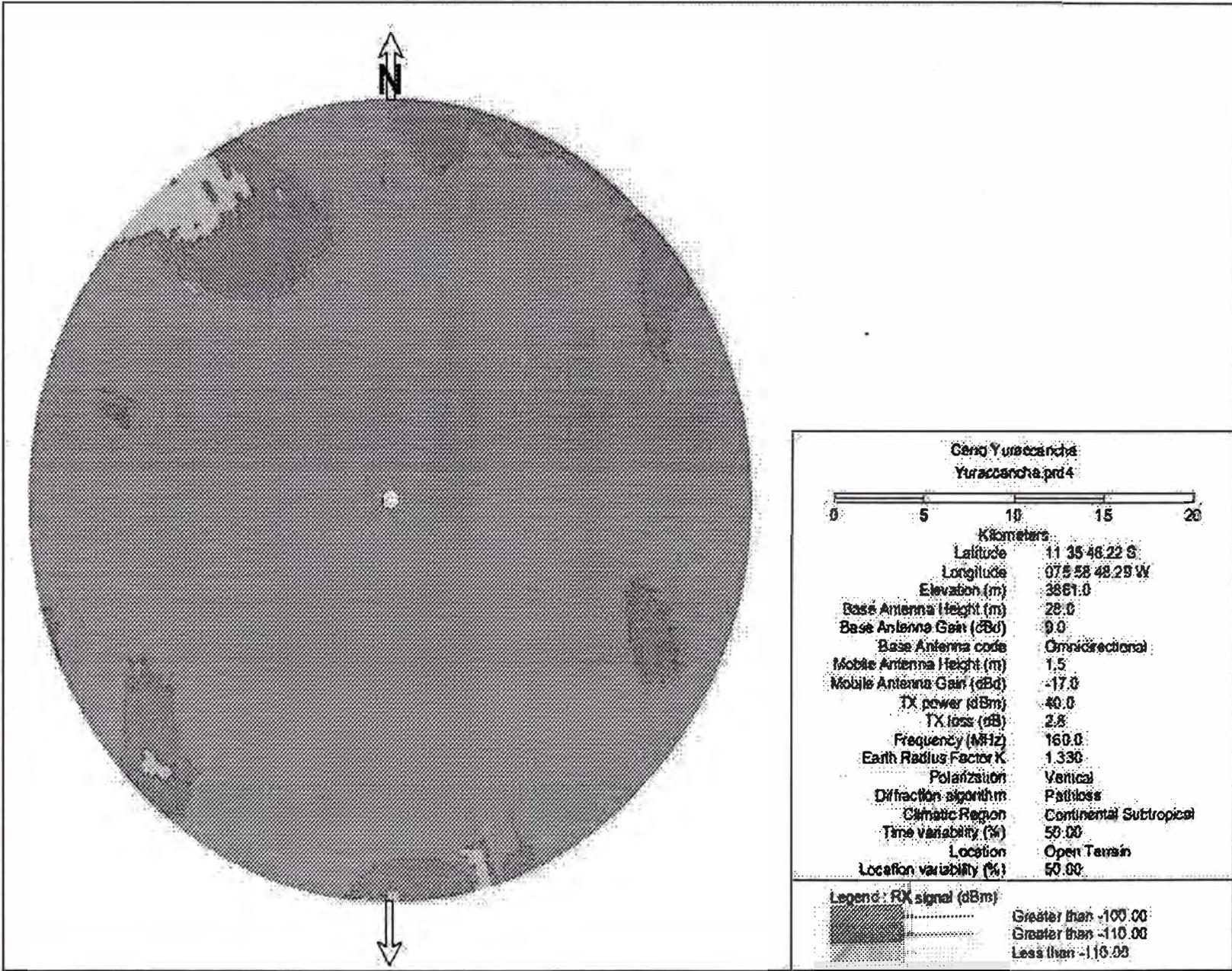
Proyecto DOE RUN	Dic 15 02
Enlace UHF hacia Repetidora VHF Remota	Rumicruz.pl4

	Cerro Yuraccancha	Portátil
Elevation (m)	4470.00	3920.00
Latitude	11 35 46.22 S	11 31 37.00 S
Longitude	075 58 48.29 W	075 54 19.00 W
True azimuth (°)	46.82	226.81
Vertical angle (°)	-2.92	5.43
Antenna model	Omnidireccional DB224	Whip
Antenna height (m)	28.00	1.50
Antenna gain (dBi)	11.15	-14.85
(dBd)	9.00	-17.00
TX line type	LDF4-50A	0
TX line length (m)	38.00	0.00
TX line unit loss (dB /100 m)	2.77	0.00
TX line loss (dB)	1.05	0.00
Connector loss (dB)	0.50	0.00
Duplexer loss (dB)	1.20	0.00
Frequency (MHz)	160.00	
Polarization	Vertical	
Path length (km)	11.19	
Free space loss (dB)	97.53	
Field margin (dB)	1.00	
Diffraction loss (dB)	0.00	
Net path loss (dB)	104.98	104.98
Radio model	GR500	PRO5150
TX power (watts)	25.00	5.00
(dBm)	43.98	36.99
Effective Radiated Power (Watts)	105.36	0.10
(dBm)	50.23	19.99
RX Sensitivity Criteria	12 dB Sinad	12 dB Sinad
RX Sensitivity (µv)	0.22	0.25
(dBm)	-120.14	-119.03
RX Signal (µv)	89.13	199.30
(dBm)	-67.99	-61.00
RX Field Strength (µv/m)	176.49	5735.55
Fade Margin (dB)	52.15	58.03
Rayleigh Fade Probability (%)	6.09E-04	1.57E-04
Log Normal Fade Probability (%)	0.00	0.00

Sáb, Dic 14 2002

Cerro Yuraccancha.pl4

Location - Open Terrain (sigma = 4 dB)



**ANEXO C**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

## **ESPECIFICACIONES GENERALES**

- a) Los equipos de radiocomunicaciones y las unidades accesorias cumplirán las especificaciones y normas establecidas por la industria bajo las recomendaciones del CCIR Y EIA (Electronic Industrial Association).
- b) Los circuitos electrónicos estarán totalmente conformados por componentes de estado sólido y ensamblados de manera modular para facilitar el acceso para el mantenimiento del equipo. Los equipos estarán protegidos por fusibles de energía de entrada. Los circuitos internos de funcionamiento crítico deberán tener la tolerancia necesaria a las variaciones de la temperatura de operación y a los voltajes transitorios.
- c) La construcción de los equipos de almacenamiento, serán de aluminio o acero inoxidable, ensamblado de manera compacta, debiendo cumplir las especificaciones dadas en las especificaciones Militares MIL, STD C,D y E para soportar baja presión, alta temperatura, choque térmico, radiación solar, lluvia, humedad, niebla, salinidad, polvo, vibración y choque. Los equipos correspondientes almacenarán también las unidades Duplexer y los dispositivos de interfases necesarias.
- d) Las antenas que se emplearán serán de dos tipos: omnidireccionales de banda ancha y direccionales tipo Yagi, fabricadas en aluminio y con la suficiente resistencia a un viento superior a los 100 Km/h.
- e) Las torres de antena serán del tipo autosoportada, de sección triangular. Los montajes y entramados serán construidos en tubería de fierro galvanizada en caliente. Los embones de las secciones serán efectuados en el campo mediante pernos de acero galvanizado. Las torres estarán diseñadas y construidas para soportar la carga

normal al instalar las antenas, los cables coaxiales y accesorios de montaje, más el peso propio de la torre. Así mismo las cargas originadas por la presión del viento sobre el área total de la torre. Soportará además las cargas sísmicas de tipo vertical tales como el peso de la torre, cables y accesorios multiplicado por un factor de 1.2 . Cargas transversales, igual a lo anterior multiplicados por un factor de 0.5 .Las torres serán pintadas con bandas alternadas de color blanco y rojo. La cimentación y el anclaje tendrán el necesario factor de seguridad mínimo. Todas las torres a instalar estarán dotadas de luces de balizaje estroboscópica.

f) Para el Sistema de Energía Solar, los paneles de celda solar son del tipo semiconductor de silicio policristalino, resistente al agua, granizo, abrasión, impactos y otros factores externos. El marco de los paneles es de aluminio anodizado. Se incluye el correspondiente soporte del conjunto de paneles. El sistema incluirá la Unidad de Control de Carga de tipo electrónico que asegure la recarga de las baterías dentro de los regímenes estipulados por sus fabricantes, evitando la sobrecarga que perjudique el rendimiento y la vida del banco de baterías. El banco de baterías estará conformado por unidades del tipo “Libre de Mantenimiento”, de larga duración totalmente selladas.

g) Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas: Siendo frecuente la ocurrencia de fenómenos atmosféricos en la zona de operación es necesario dotar a cada estación de radio de los dispositivos que aseguren la protección de las instalaciones, por ello se ha considerado la instalación de pararrayos del tipo pentapuntal conectados a un sistema de tierra. Estos pararrayos deberán ser diseñados para dar protección cónica a las instalaciones de radio. Los sistemas de tierra serán provistos por el cliente en cada lugar.

h) En las obras civiles correspondientes a las bases de soporte de las casetas así como de las torres de antena y sus anclajes se tendrá en cuenta lo siguiente: La composición del concreto será basada en cemento, agregados finos, agregados gruesos, agua y aditivos. Los componentes deberán ser bien mezclados y llevados a la consistencia en el sitio. El cemento a usar estará conforme a las normas Pórtland y nacional.

## **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN**

El sistema de repetidoras de VHF extendido constará de un sistema de alimentación basado en paneles solares. Este sistema es de gran utilidad, y podemos explicar su funcionamiento de la siguiente manera:

### **El efecto Fotovoltaico**

Para producir energía solar, es necesario contar con un panel solar compuesto por una o más celdas solares. Cuando la luz del sol cae sobre una celda solar, el material de la misma absorbe algunas de las partículas de luz, denominadas fotones. Cada fotón contiene una pequeña cantidad de energía. Cuando un fotón es absorbido, se da inicio a un proceso de liberación de un electrón en el material de la celda solar. Dado que ambos lados de una celda solar están eléctricamente conectados por un cable, una corriente fluirá en el momento en que el fotón es absorbido. La celda solar genera, entonces, electricidad, que puede ser utilizada inmediatamente o almacenada en una batería.

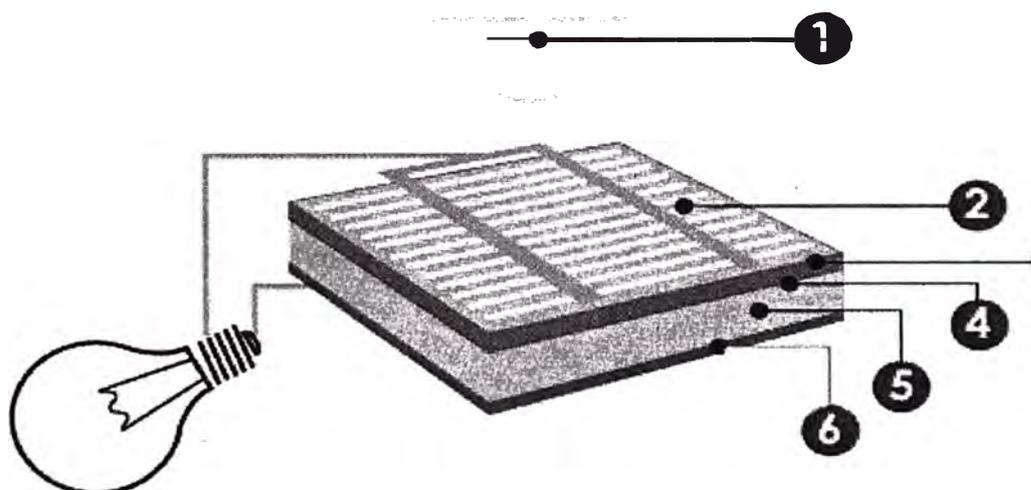
Mientras las celdas solares permanecen expuestas a la luz, este proceso de liberación de electrones continua y, por ende, el proceso de generación de electricidad. Los materiales capaces de generar este efecto fotovoltaico son los denominados semiconductores. En un proceso de producción especial, las celdas solares son fabricadas de estos materiales semiconductores.

Un panel solar puede producir energía limpia por un periodo de 20 años o más. El desgaste se debe, principalmente, a la exposición al medio ambiente. Un panel solar montado apropiadamente constituirá una fuente de energía limpia, silenciosa y confiable por muchos años.

## Celdas Solares

Las celdas solares son fabricadas a base de materiales que convierten directamente la luz solar en electricidad. Hoy en día, la mayor parte de celdas solares utilizadas a nivel comercial son de silicio (símbolo químico: Si). El silicio es lo que se conoce como un semiconductor. Este elemento químico se encuentra en todo el mundo bajo la forma de arena, que es dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), también llamado cuarcita. Otra aplicación del silicio semiconductor se encuentra en la industria de la microelectrónica, donde es empleado como material base para los chips.

**Fig.: Estructura de una celda solar**



1.Luz (fotones)

2.Contacto frontal

3.Capa negativa

4. Capa de desviación

5. Capa positiva

6. Contacto posterior

Las celdas solares de silicio pueden ser de tipo monocristalinas, policristalinas o amorfas. La diferencia entre ellas radica en la forma como los átomos de silicio están dispuestos, es decir, en la estructura cristalina. Existe, además, una diferencia en la eficiencia. Por eficiencia se entiende el porcentaje de luz solar que es transformado en electricidad. Las celdas solares de silicio monocristalino y policristalino tienen casi el mismo y más alto nivel de eficiencia con respecto a las de silicio amorfo.

Una celda solar típica está compuesta de capas. Primero hay una capa de contacto posterior y, luego, dos capas de silicio. En la parte superior se encuentran los contactos de metal frontales con una capa de antireflexión, que da a la celda solar su típico color azul.

Durante la última década, se ha estado desarrollando nuevos tipos de celdas solares de materiales diversos, entre las que encontramos, por ejemplo, a las celdas de película delgada y a las celdas de CIS (diseleniuro de indio de cobre) y CdTe (telururo de cadmio) están comenzado a ser comercializadas.

### **Paneles Solares**

Los paneles solares están compuestos por celdas solares. Dado que una sola celda solar no produce energía suficiente para la mayor parte de aplicaciones, se les agrupa en paneles solares, de modo que, en conjunto, generan una mayor cantidad de electricidad.

Los paneles solares (también denominados módulos fotovoltaicos o FV) son fabricados en diversas formas y tamaños. Los más comunes son los de 50 Wp (Watt pico), que producen un máximo de 50 Watts de energía solar bajo condiciones de luz solar plena, y que están compuestos por celdas solares de silicio. Dichos paneles

miden 0,5 m<sup>2</sup> aproximadamente. Sin embargo, usted puede escoger entre una amplia variedad de paneles más grandes y más pequeños disponibles en el mercado. Los paneles solares pueden conectarse con el fin de generar una mayor cantidad de electricidad solar (dos paneles de 50 Wp conectados equivalen a un panel de 100 Wp).

La eficiencia de los paneles solares disponibles en el mercado fluctúa entre 5-15%. Esto significa que 5-15% de la energía de toda la luz solar que llega a la celda será, en efecto, transformada en electricidad. Los laboratorios de investigación en todo el mundo están desarrollando nuevos materiales con eficiencias mayores (hasta 30%). Los costos de producción son igualmente importantes. Algunas nuevas tecnologías (tales como las celdas de película delgada) permiten la producción a gran escala, lo que reduciría significativamente su costo.

### **Radiación**

El sol emite constantemente enormes cantidades de energía; una fracción de ésta alcanza la tierra. La cantidad de energía solar que recibimos en un solo día resulta más que suficiente para cubrir la demanda mundial de todo un año. Sin embargo, no toda la energía proveniente del sol puede ser utilizada de manera efectiva. Parte de la luz solar es absorbida en la atmósfera terrestre o, reflejada nuevamente al espacio.

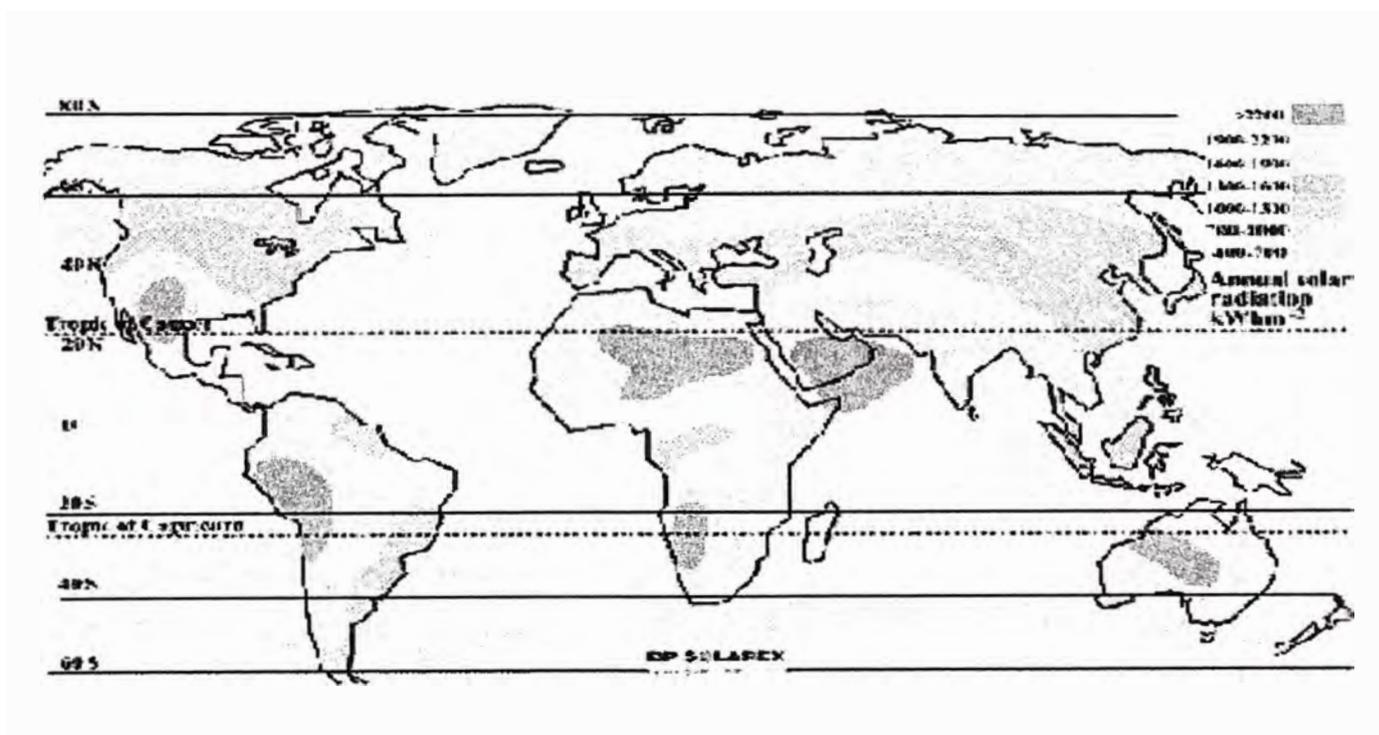
La intensidad de la luz solar que alcanza nuestro planeta varía según el momento del día y del año, el lugar y las condiciones climáticas. La energía total registrada sobre una base diaria o anual se denomina 'radiación' e indica la intensidad de dicha luz. La radiación se expresa en Wh/m<sup>2</sup> por día o, también, en kWh/m<sup>2</sup> por día.

Con el fin de simplificar los cálculos realizados en base a la información sobre radiación, la energía solar se expresa en equivalentes a horas de luz solar plena. La

luz solar plena registra una potencia de unos  $1,000 \text{ W/m}^2$ ; por lo tanto, una hora de luz solar plena equivale a  $1 \text{ kWh/m}^2$  de energía.

Ésta es, aproximadamente, la cantidad de energía solar registrada durante un día soleado de verano, con cielo despejado, en una superficie de un metro cuadrado, colocada perpendicular al sol.

La radiación varía según el momento del día. Sin embargo, también puede variar considerablemente de un lugar a otro, especialmente en regiones montañosas. La radiación fluctúa entre un promedio de  $1,000 \text{ kWh/m}^2$  al año, en los países del norte de Europa (tales como Alemania), y  $2,000$  a  $2,500 \text{ kWh/m}^2$  al año, en las zonas desérticas. Estas variaciones se deben a las condiciones climáticas y a la diferencia con respecto a la posición relativa del sol en el cielo (elevación solar), la cual depende de la latitud de cada lugar además de la orientación y ángulo de inclinación.



**Fig.:** Mapa de variaciones de radiación en el mundo

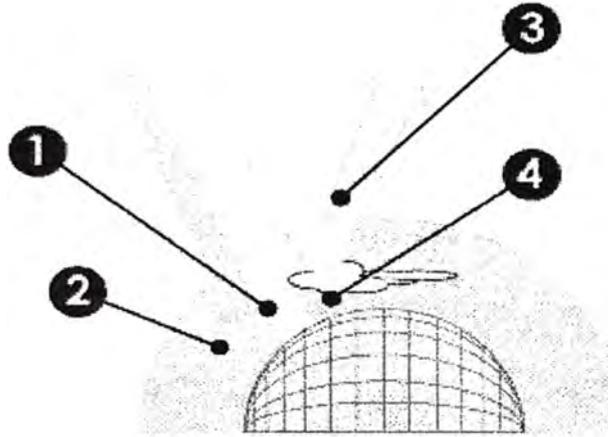
**Potencia pico**

Al ser expuesta a la luz, una celda solar produce electricidad. Dependiendo de la intensidad de la luz (la radiación en  $W/m^2$ ), una celda solar produce mayor o menor cantidad de electricidad: la luz solar plena es preferible a la sombra y, a su vez, la sombra es mejor que la luz eléctrica. Para hacer una comparación entre diferentes celdas y paneles solares es necesario conocer la llamada 'potencia nominal' de los mismos. La potencia nominal, expresada en Watts pico o Wp, es una medida que indica cuánta energía puede producir dicho panel solar bajo condiciones óptimas de operación.

**Orientación**

La luz solar viaja en línea recta desde el sol hasta la tierra. Al penetrar la atmósfera terrestre, una parte se dispersa y otra cae sobre la superficie en línea recta. Finalmente, una última parte es absorbida por la atmósfera. La luz solar dispersa se denomina radiación difusa o luz difusa. La luz del sol que cae sobre la superficie sin dispersarse ni ser absorbida, es, por supuesto, radiación directa. Como todos habrán constatado gracias a los baños de sol y al trabajo al aire libre, la radiación directa es la más intensa.

Un panel solar genera electricidad incluso en ausencia de luz solar directa.



**Fig.: Únicamente una pequeña fracción del total de luz solar alcanza, en efecto, la superficie de la tierra.**

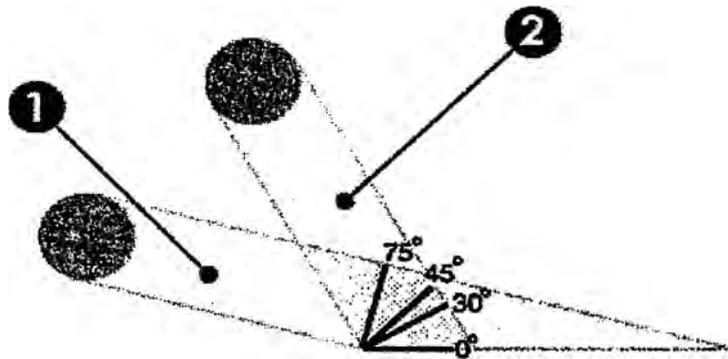
Por ende, un sistema solar generará energía aun con cielo nublado. Sin embargo, las condiciones óptimas de operación implican: la presencia de luz solar plena y un panel orientado lo mejor posible hacia el sol, con el fin de aprovechar al máximo la luz solar directa. En el Hemisferio Norte, el panel deberá orientarse hacia el sur y en el Hemisferio Sur, hacia el norte.

Por lo tanto, en la práctica, los paneles solares deberán ser colocados en ángulo con el plano horizontal (inclinados). Cerca del ecuador, el panel solar deberá colocarse ligeramente inclinado (casi horizontal) para permitir que la lluvia limpie el polvo. Una pequeña desviación en la orientación no influye significativamente en la generación de electricidad, ya que durante el día el sol se traslada en el cielo de Este a Oeste.

## **Ángulo de inclinación**

El sol se desplaza en el cielo de Este a Oeste. Los paneles solares alcanzan su máxima efectividad cuando están orientados hacia el sol, en un ángulo perpendicular con éste a mediodía. Por lo general, los paneles solares son colocados sobre un techo o una estructura y tienen una posición fija; no pueden seguir la trayectoria del sol en el cielo. Por lo tanto, no estarán orientados hacia el astro con un ángulo óptimo (90 grados) durante toda la jornada. El ángulo entre el plano horizontal y el panel solar se denomina ángulo de inclinación.

Debido al movimiento terrestre alrededor del sol, existen también variaciones estacionales. En invierno, el sol no alcanzará el mismo ángulo que en verano. Idealmente, en verano los paneles solares deberían ser colocados en posición ligeramente más horizontal para aprovechar al máximo la luz solar. Sin embargo, los mismos paneles no estarán, entonces, en posición óptima para el sol del invierno. Con el propósito de alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, los paneles solares deberán ser instalados en un ángulo fijo, determinado en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno. Cada latitud presenta un ángulo de inclinación óptimo. Los paneles deben colocarse en posición horizontal únicamente en zonas cercanas al ecuador.



**Fig.:Ángulo de inclinación óptimo en verano e invierno**

1. Sol de invierno

2. Sol de verano

Ligeras desviaciones de unos 5 grados con respecto del ángulo de inclinación óptimo tienen sólo un efecto menor en la producción de energía. Las diferencias a causa de las condiciones climáticas son más importantes en la producción de energía. En el caso de los sistemas autónomos, el ángulo de inclinación óptimo depende del patrón de demanda mensual.

### **Baterías**

Sistemas de generación de electricidad solar utilizados para generar electricidad cuando no hay (temporalmente) una red de distribución pública:



**Fig.: Baterías**

En los llamados sistemas solares autónomos o sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD), las baterías almacenan electricidad que será utilizada durante la noche para iluminación o para ver televisión. Asimismo, suministran electricidad durante periodos de escasez o ausencia de luz solar, necesaria para que el panel solar produzca energía. La duración del periodo que puede ser cubierto está determinada por la demanda de electricidad y el tamaño de la batería de almacenamiento.

En los sistemas solares de emergencia, las baterías son utilizadas para cubrir periodos de corte del fluido eléctrico de la red. Los sistemas conectados a la red más comunes (en los lugares donde la red de distribución pública es confiable) no usan baterías.

Las baterías están disponibles en diversas formas y tamaños. Las de 12V son las más utilizadas. Algunos sistemas solares están provistos de baterías solares especiales. Otros utilizan baterías para auto comunes. Sin embargo, debe preferirse las primeras, ya que están adaptadas para su uso en sistemas solares y su tiempo de vida será considerablemente más largo.

La demanda de electricidad y el tamaño de la batería de almacenamiento determinan la duración del periodo de escasez de luz solar que podrá ser cubierto, al que se

denomina "periodo de autonomía": tiempo máximo durante el cual las necesidades básicas de electricidad pueden ser cubiertas, cuando no se cuenta con suministro de corriente producida por el panel solar. El periodo de autonomía es un parámetro utilizado para el dimensionamiento del sistema.

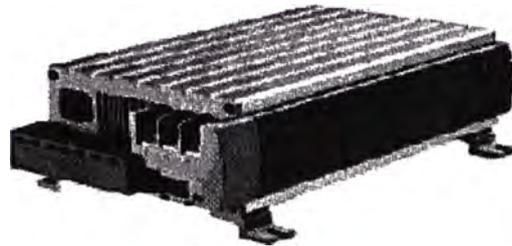
Por lo general, las baterías son la parte más delicada de un sistema solar y la primera en ser reemplazada. A continuación, se presentan algunas recomendaciones para ayudar a extender el tiempo de vida de una batería:

- El uso de un controlador de carga es altamente recomendable. Éste desconecta las cargas cuando la batería se encuentra casi completamente descargada. Todos los sistemas solares domiciliarios estándar cuentan con un controlador de carga.
- Asegúrese de que haya relación entre el número de paneles solares, el tamaño de las baterías y el número de cargas eléctricas (luces, artefactos eléctricos) y sus respectivos consumos. Consulte con su proveedor .

### **Controlador de Carga**

En los sistemas solares autónomos o sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD), los controladores de carga protegen a la batería de una descarga profunda (descarga extrema, demasiada energía consumida) o de sobrecarga (carga extrema, demasiada energía proveniente del panel solar).

El uso de un controlador de carga es altamente recomendable. Éste desconecta las cargas cuando la batería está casi completamente descargada.



**Fig.: Controlador**

### **Estructura de soporte**

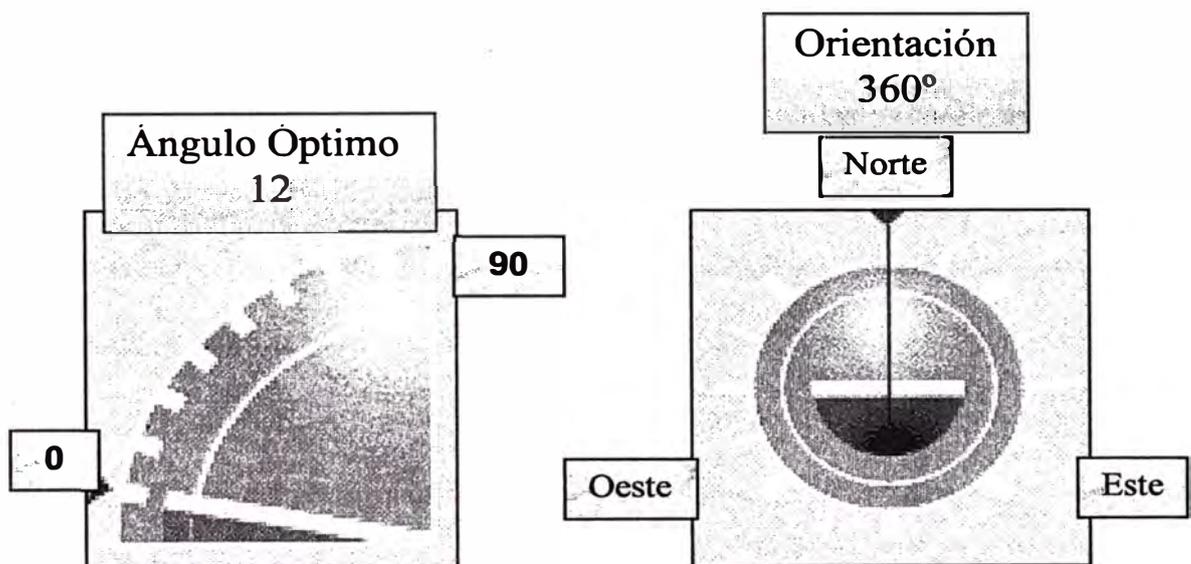
Una parte importante de un sistema de generación de electricidad solar es la estructura de soporte de los paneles. Ella asegura que los paneles puedan colocarse con el ángulo de inclinación correcto en dirección al sol y brinda seguridad a la instalación. El conjunto constituido por la estructura de soporte y los paneles deberá ser capaz de soportar vientos fuertes.

Existe una amplia variedad de estructuras de soporte disponibles, desde aquéllas que puede montar usted mismo hasta estructuras hechas a la medida, para sistemas solares más grandes. Las estructuras de soporte pueden ser fabricadas a base de un marco metálico o de un material sintético. Existen diversos tipos de sistemas de soporte, dependiendo del lugar donde se instalará el sistema solar y estos deben tener una posición fija.

Debe tomarse la siguiente consideraciones en toda instalación:

- El ángulo y la orientación de su sistema solar influyen en la producción de electricidad del mismo. Por tanto, es necesario que usted tenga conocimiento del ángulo de inclinación y de la orientación de sus paneles solares.

- Los valores óptimos dados se aplican en caso de que usted pueda elegir el lugar de instalación de su sistema.
- Una ligera desviación en la orientación y el ángulo estimados para su sistema solar no influye de manera significativa en la producción de electricidad del mismo, ya que el sol se desplaza a lo largo del día, cruzando el cielo de este a oeste. En consecuencia, los paneles solares no estarán en perpendicular al sol todo el tiempo. Además, las influencias estacionales (el sol alcanza un punto más alto en verano que en invierno) hacen que su sistema, sea menos susceptible a desviaciones ligeras. Por ejemplo, aun con una desviación de 45 grados en relación al punto óptimo (es decir, 45° sureste o suroeste, tomando al sur como dirección óptima), la instalación de paneles solares sigue siendo una buena opción.



**Fig.: Diagrama de la Posición Correcta del Soporte de Paneles**

## **SISTEMAS DE PROTECCIÓN**

### **Puesta a Tierra y Pararrayos**

El avance alcanzado por las empresas especializadas en el ramo de los servicios, ampliamente dependientes de la electricidad y la electrónica han alcanzado un elevado nivel de especialización y desarrollo, creando nuevos equipos, que operan mediante la transmisión y recepción de señales electromagnéticas; (teléfonos celulares, equipos de televisión, equipos de radio, comunicaciones VHF/UHF, transmisiones por satélite, equipos inalámbricos, etc.). Equipos que operan mediante la transmisión de señales en conductores eléctricos; (equipos de comunicación telefónica, fax, equipos de transmisión de datos, computadoras, sistemas diversos de control, etc.). Todos aquellos equipos que operan mediante electricidad (microondas, aires acondicionados, motores diversos, iluminación fluorescente, etc.), contribuyen a crear un vasto universo electromagnético que utiliza el espacio como medio de transmisión o dispersión de las señales.

Con el incremento en el consumo eléctrico de los grandes centros urbanos y la separación de estos con los centros de generación, han obligado a crear largos medios de transmisión de grandes bloques de potencia, creando una alta sensibilidad a las fallas, producto de los accidentes humanos con los diversos componentes de esa red; (de tránsito, fallas, disturbios, etc.) y las fallas inherentes del sistema. Todo esto nos proporciona un sistema bastante plagado de polución, que se requiere limpiar y depurar antes de su entrada a nuestras instalaciones.

A raíz de estas causas, fueron creados los sistemas de protección, que si bien no son el 100 % confiables, es cierto que disminuyen la probabilidad de daños a nuestros

sistemas. Entre ellos están los estabilizadores y/o reguladores de voltaje, UPS, filtros de línea, los retardadores de encendido, fusibles de alta velocidad, etc. Estas protecciones son los porteros ubicadas en las diferentes entradas ó salidas de nuestro sistema (suministro eléctrico, transmisión de datos), los cuales condicionan la calidad de la señal que dejan pasar. Luego de ubicar un elemento no deseado, simplemente lo conducen a un área donde pueda ser disipado o expulsado, sin causar ningún tipo de perturbación o modificación a las labores normales del conjunto de componentes del sistema. Esta área de desalojo o disipación de los entes no deseados no es más que el Sistema de Puesta a Tierra.

El gran neutralizador de todas las cargas y elemento de conexión más extenso, es el globo terráqueo cuyo potencial es único, invariable e independiente de la adición ó eliminación de cargas a la que se vea sometido. Por esta razón por convenio internacional el valor de referencia ó cero es el potencial de tierra, para todo el conjunto eléctrico-electrónico.

Todo sistema de generación necesita estar referido a tierra como medio de balance ó de equipotencialidad con los diferentes subsistemas, creando una condición estable de operación y un valor único de voltaje, donde cada uno de los sistemas de protección han de tener la misma referencia, por esto un buen equipo de protección sin una adecuada conexión a tierra es como no poseer protección alguna, dado que ésta será incapaz de proteger por tener una referencia, diferente con su fuente de generación.

Es importante conocer o entender que el ruido electromagnético no puede ser eliminado, solo puede ser confinado, aislado o conducido lejos de aquellos componentes sensibles a él, donde no pueda causar daño alguno. Actualmente se

realizan serios estudios sobre los efectos de campos electromagnéticos en seres humanos y su influencia sobre mutación genética a nivel celular en seres vivos.

Como podemos apreciar los sistemas de protección y puesta a tierra, requieren una dedicada revisión y diseño, por ser la base fundamental ó soporte de todos nuestros sistemas de referencias en operación, protección y único sumidero de perturbaciones no deseadas en nuestras instalaciones, único medio capaz de garantizar la operación adecuada de nuestras instalaciones eléctricas en resguardo de la estructura física y del personal, en pro de la calidad del servicio, en una sociedad altamente competitiva.

### **Protección contra descargas eléctricas atmosféricas**

La protección contra los efectos del rayo, comprende tanto la protección contra el impacto directo del rayo, como la protección contra las sobretensiones inducidas por dicha caída.

Es de gran importancia, en los sistemas de protección contra el rayo, disponer de un sistema de puesta a tierra de baja impedancia, único para todos los servicios, con el fin de evitar en el propio sistema de protección eléctrica, la formación de diferencias de tensión peligrosas.

Los valores de resistencia obtenidos mediante este conjunto, serán muy bajos, dependiendo de la resistividad del terreno. En general en terrenos de resistividades medias o bajas ( $< 50 \text{ Wm}$ ) los valores serán inferiores a  $2\omega$ .

Así pues les aconsejamos una equipotencialidad y puesta a tierra de masas en todas las estaciones de servicio.

### **Protección interna o contra sobretensiones**

La protección interna o contra sobretensiones inducidas por la descarga del rayo, se basa en la derivación a tierra de estas sobretensiones, a través de equipos específicos, capaces de responder muy rápidamente y frente a altas potencias.

La caída de un rayo genera un campo electromagnético, debido a sus características de alta potencia (200 KA, 200 KV), que afecta en las cercanías del punto de impacto (máximo 1 Km), a todos aquellos elementos metálicos o conductores, no puestos a tierra (Líneas de alimentación eléctrica, líneas de comunicación telefónica, de antenas, de informática, etc), induciendo una sobretensión en onda de choque, que por transmisión a lo largo de la misma, puede llevar a la destrucción de los equipos electrónicos conectados a las mismas, incluso dentro de edificios protegidos contra el impacto directo.

Los puntos de ubicación de los protectores serán los puntos de entrada y salida de líneas en edificaciones, y lo más cerca de los equipos electrónicos más sensibles.

Los equipos de protección deben ser colocados en forma de cascada, de forma que los residuales de tensión sean más bajos, cuanto más cerca estén de los equipos electrónicos, reduciendo paulatinamente, la onda de choque inducida por el rayo.

Si consideramos la información existentes en normas Internacionales, Nacionales, Publicaciones y Empresas Especializadas, llegaremos a las conclusiones siguientes para toda instalación de comunicaciones, informática, control y datos:

El caso más desfavorable es la disipación de la corriente de un rayo que impacta en nuestras instalaciones. Durante este fenómeno existe un gran desplazamiento de cargas eléctricas por el suelo (EFECTO CARSON), y sus relativas tensiones asociadas. La única forma de garantizar que estas cargas no deambulen

aleatoriamente en nuestros equipos, es proveerlas de un camino externo, que garantice su circulación fuera de nuestro sistema. Por esto las instalaciones deberán estar encerradas por un anillo de conductor enterrado, el cual estará conectado por dos lados diametralmente opuestos a un sistema de pararrayos, por dos bajantes debidamente aislados y alejados de las guías de ondas ó conductores de señal y cualquier otra estructura del sistema. El sistema de pararrayos deberá estar emplazado lo suficientemente alto, para que ofrezca la adecuada cobertura de las instalaciones. Nunca igual ó por debajo de las antenas.

Luego de apantallar todas nuestras instalaciones debemos colocar barreras de protección a todas aquellas conexiones galvánicas que entran ó salen de los equipos.

Las antenas de los equipos de radio, se encuentran instaladas sobre la estructura de una torre y a su vez están sólidamente conectadas a los equipos de radio mediante las guías de ondas, siendo de suma importancia conectar las grapas de conexión a tierra, a todas estas líneas como único medio de aislar las perturbaciones de origen atmosférico fuera de nuestras instalaciones.

Luego de filtrar todas las conexiones galvánicas y proteger las estructuras de los equipos de las instalaciones, se deberán instalar una barra principal de Puesta a Tierra, Master Ground Bar, de la cual en primer caso partirán todas aquellas conexiones a tierra para los diferentes servicios y equipos de la estación que lo requieran, proveyendo al sistema de una sola plataforma equipotencial, eliminando la posibilidad de corrientes circulantes por diferencias de tensión entre componentes, garantizando la integridad del conjunto.

Los equipos de energía deberán poseer una consideración especial al momento de su conexión a tierra en la MGB, de la cual en primer caso partirán todas aquellas

conexiones a los diferentes equipos, ofreciéndoles una referencia en su operación. Es importante resaltar el hecho de la importancia que reviste la conexión del borne respectivo de las baterías al sistema de puesta a tierra, como medio de obtener la tensión negativa (cuando se requiera). Las baterías operan como un amortiguador ó filtro para las perturbaciones electromagnéticas, a base de su comportamiento capacitivo para frentes de ondas escarpados.

Los equipos de energía producen un ruido electromagnético que ocasiona daños y errores a otros sistemas especializados, tales como los equipos de comunicaciones, control y datos, por esto han de estar aislados, razón por lo que se deberán interconectar todas las estructuras de sus chasis y estos estarán conectados a tierra, el aislamiento se logra con la sectorización de las barras de aterramiento. Esto garantiza el confinar el ruido en el área, donde los equipos han sido diseñados para soportarlo.

Todos los conductores de aterramiento y apantallamiento deberán ser los más rectos posibles, las curvas de ser necesarios serán de un diámetro no menor a 30 cm, no deberán poseer empalmes, no tendrán ninguna estructura metálica que les cree anillo, dado que esto aumentara la impedancia del conductor, las tuberías no serán metálicas y los conductores serán aislados pudiendo garantizar la integridad del sistema.

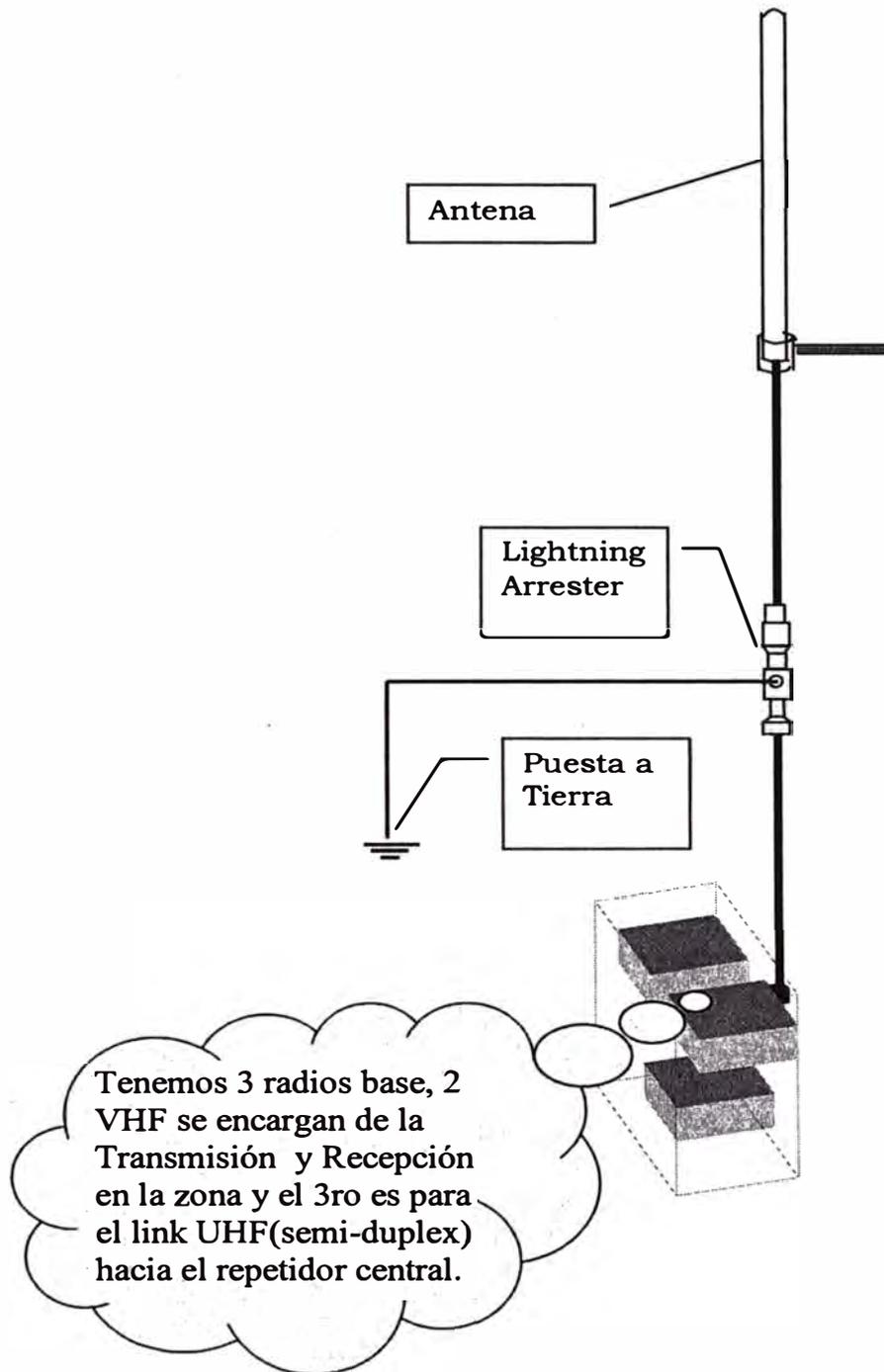
Una de las condiciones básicas de los sistemas de puesta a tierra es el de proveer de una referencia limpia, por esto el cableado nunca deberá viajar paralelo a líneas energizadas ó de transmisión de datos, sobre todo de altas frecuencias.

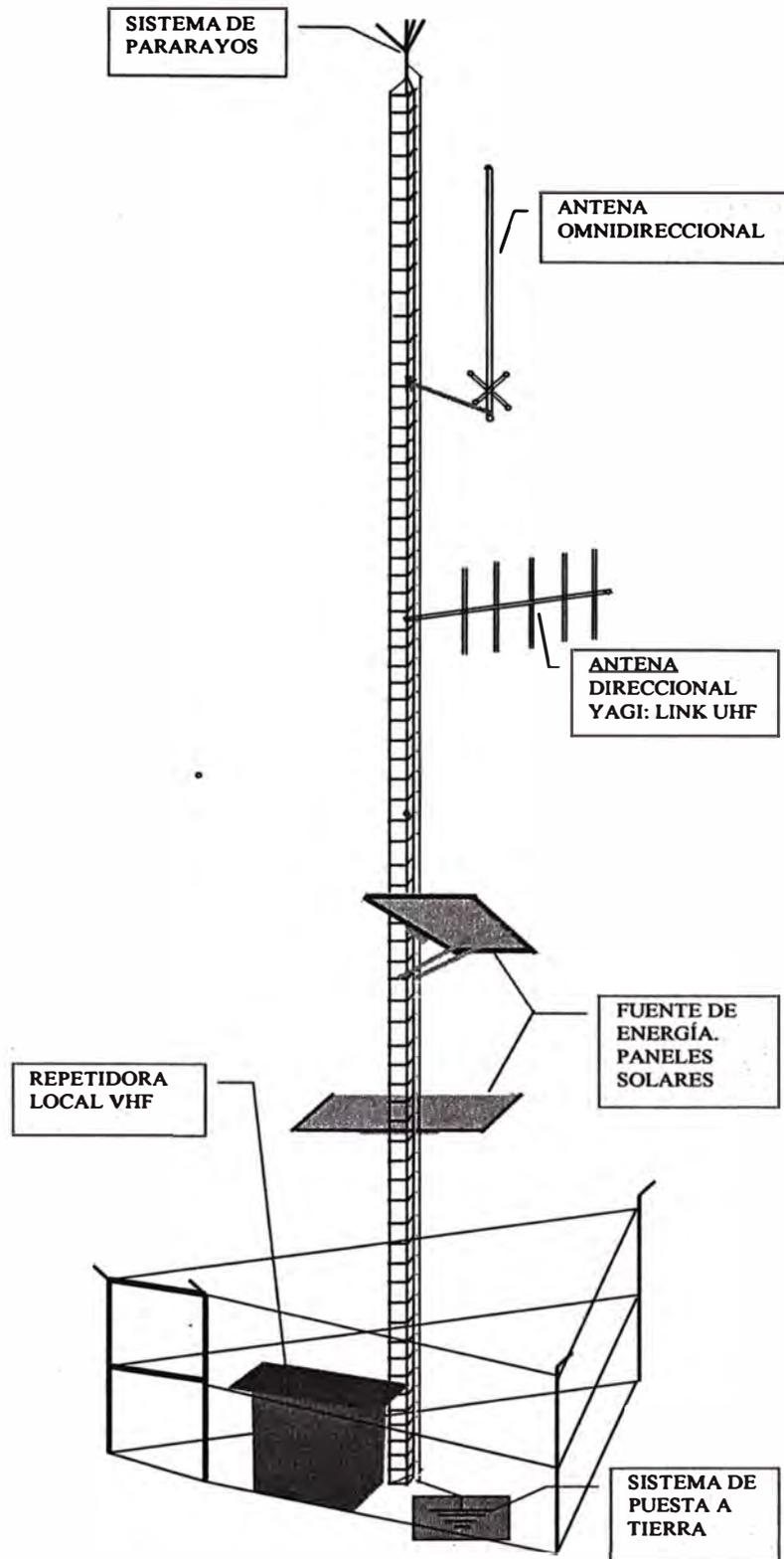
Básicamente sólo resta la conexión de los diferentes equipos de las instalaciones de las cuales se deberá considerar que los mismos en casos operan a altas ó muy altas frecuencias, utilizando los chasis y los sistemas de tierra como retornos ó referencias, lo que convierte al SPAT en una verdadera antena que no escapa de los fenómenos

resonantes. Por esta razón los diferentes dispositivos de conexión serán de un área de contacto de por lo menos de 2,50 veces la sección transversal del conductor, el cableado deberá ser continuo, no habrá empalmes ni cambios de calibres y cualquier conexión de ser necesaria será mediante reacción exotérmica que no es considerada empalme por las normas.

El sistema de puesta a tierra deberá estar diseñado en base a los requerimientos de los equipos más exigentes ( bajo valor de resistencia) y en base a los requerimientos de corrientes de los dispositivos de energía (capacidad de dispersión). Ambas condiciones garantizaran bajos valores de tensiones asociadas a una falla y un rápido despeje de la misma garantizando la integridad del conjunto.

Los siete puntos mencionados a grandes rasgos representan las características más importantes de operación, que define un sistema de protección y Puesta a Tierra para las instalaciones, de las estaciones de trabajo emplazadas en la oficina moderna, que cuenta con la integración de diferentes sistemas Eléctricos - Electrónicos, de comunicaciones, control y transmisión de datos.

**ESQUEMA DE PROTECCIÓN DE LA ANTENA**

**ESQUEMA DE UNA REPETIDORA**

## PLAN SUGERIDO DE FRECUENCIAS

### REPETIDORES VHF

SITIO	Tx (Mhz)	Rx (Mhz)
Yuracancha	152.200	157.500
Pulhuaynol	153.200	158.500
Llamapashillum	154.200	<b>159.200</b>

### ENLACES UHF

SITIO	Tx (Mhz)	Rx (Mhz)
Yuracancha	461.500	466.500
Pulhuaynol	461.500	466.500
Llamapashillum	461.500	466.500
Zomi	466.500	461.500

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Franz Peralta, “Redes Inalámbricas”, Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, Notas de Curso, 2001
- [2] Garry Hess and Jona Cohn, “Cargas y retardos en los sistemas móviles de comunicación troncalizadas” 31st IEEE VTC, April, 1981
- [3] Sistemas “troncalizados” en UHF y VHF, Smartrunk Systems Inc., 2002, [www.smartrunk.com](http://www.smartrunk.com)
- [4] Ian Angus, “An Introduction to Erlang B and Erlang C”. Telemanagement # 187, [www.angustel.ca](http://www.angustel.ca)
- [5] Westbay Engineers Limited, The world’s first online Erlang traffic calculators, [www.erlang.com](http://www.erlang.com)

- [6] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS UNION (ITU), Radio communications Sector (ITU-R) Reports and Recommendations Series M (Mobile Services).