

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**SISTEMA DE COMUNICACIÓN RADIAL DIGITAL
DE ÁREA EXTENDIDA**

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

**PRESENTADO POR:
JORGE FEDERICO RONDÓN TRUJILLO**

**PROMOCIÓN
1990-I**

**LIMA-PERÚ
2010**

**SISTEMA DE COMUNICACIÓN RADIAL DIGITAL
DE ÁREA EXTENDIDA**

Dedico el presente esfuerzo
a mis padres y a mis hijos,
A los primeros por ser un aliento
constante y desinteresado,
y a mis hijos por ser una
fuente de inspiración constante

SUMARIO

El presente trabajo describe el diseño e implementación de un sistema alternativo de comunicaciones radiales denominado SICORA o Sistema de Comunicación Radial Digital de Área Extendida para el Ministerio de Relaciones Exteriores.

El sistema está basado en el estándar DMR, siglas Digital Mobile Radio. DMR es un estándar abierto de radio digital para usuarios PMR (Professional o Private Mobile Radio). El estándar DMR es especificado por el ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones)

SICORA fue diseñado para comportarse cómo una red de emergencia en caso de colapso de comunicaciones, pero que su vez sirva cómo una red privada para las diversas labores del Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE) en el ámbito de Lima Metropolitana.

El sistema es implementado mediante la colocación estratégica de repetidoras en la banda de VHF con potencias de 45 vatios, a fin de que se asegure la cobertura deseada, en este caso en particular, para Lima Metropolitana y cuyos detalles de cobertura son descritos en el presente documento.

El sistema ha sido diseñado basándose en los requerimientos planteados por el MRE, a fin de cubrir sus necesidades. SICORA viene siendo utilizado eficientemente desde su puesta en operación hace cuatro meses por sesenta usuarios.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Objetivos del trabajo	4
1.3. Evaluación del problema.....	4
1.4 Alcance del trabajo	5
1.5 Síntesis del trabajo	6
1.5.1 Planeamiento	7
1.5.2 Ejecución	7
CAPITULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	9
2.1 PMR	9
2.1.1 DMR	10
2.1.2 APCO 25	14
2.1.3 TETRA	15
2.2 Canopy	16
2.2.1 Componentes	17
2.2.2 Características	19
2.2.3 Configuraciones	19
2.3 Aspectos básicos sobre propagación	22
2.3.1 Ondas electromagnéticas	22
2.3.2 Zona de Fresnel.....	23
2.3.3 Ondas aéreas	24
CAPITULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	27
3.1 Antecedentes	27
3.2 MOTOTRBO	27
3.2.1 Descripción	27
3.2.2 Principales ventajas	28
3.2.3 Funciones avanzadas de señalización digital.....	30
3.2.4 Conexión de sitio vía IP	30
3.3 Descripción de la solución	32

3.3.1	El SICORA.....	32
3.3.2	Descripción de los elementos del sistema.....	34
CAPITULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....		39
4.1	Relación de equipos	39
4.2	Estimación de costos	40
4.3	Cronograma.....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		43
ANEXO A ESTACIONES REPETIDORAS, COORDENADAS Y FRECUENCIAS.....		45
ANEXO B DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN Y CONECTIVIDAD.....		47
ANEXO C DIAGRAMAS DE COBERTURA.....		58
ANEXO D DIAGRAMA DE GANTT		66
ANEXO E FOTOS DE INSTALACIONES		71
ANEXO F GLOSARIO DE TÉRMINOS		77
BIBLIOGRAFÍA		79

INTRODUCCIÓN

El trabajo surge por la necesidad de contar con un sistema de comunicaciones alternativo a las comunicaciones convencionales basado en operadores de telefonía fija y/o móvil existentes en el mercado, de manera que, ante un posible desastre o colapso de las comunicaciones que asegure las comunicaciones, el MRE pueda actuar coordinadamente entre sus dependencias utilizando este sistema de comunicación

Las alternativas para implementar una red digital de comunicaciones de área extendida, que se tomaron en consideración fueron los estándares DMR, APCO25 y TETRA. De las mencionadas se optó, por razones económicas mas que técnicas, por la solución basada en el estándar DMR y por equipos de marca Motorola.

El DMR utiliza dos técnicas de multiplexación, la TDMA (Time Division Multiplex Access) y FDMA (Frequency Division Multiplex Access). Para este diseño en particular, se aplica la técnica TDMA correspondiente a la marca Motorola.

El diseño de la red consiste en la interconexión de estaciones repetidoras ubicadas estratégicamente de manera que se asegure la cobertura dentro del ámbito de Lima Metropolitana.

Las estaciones repetidoras son de marca Motorola. Estas trabajan conjuntamente con una cavidad resonante (duplexor) y una antena de transmisión/recepción en la banda VHF. Cada estación repetidora utiliza un par de frecuencias en VHF exclusivas para cada repetidora, de manera que para un número específico de repetidoras se requieren el doble número frecuencias organizadas en parejas de transmisión y recepción. Las frecuencias de transmisión y recepción de una estación repetidora están separadas en 5 Mhz.

Los radios de los usuarios, es decir los radios móviles y radios portátiles, poseen potencias de 45 y 5 vatios respectivamente. La red ha sido diseñada para el peor caso, es decir para los radios portátiles.

Estos radios para comunicarse deben suscribirse a una estación repetidora, que mayormente es la más cercana por presentar un mayor nivel de señal. Cada estación repetidora comunica a las demás estaciones que retransmitan el mensaje, pudiendo ser esto según la configuración predeterminada, es decir, para todos o solamente para el grupo al que pertenece dicho usuario.

Las estaciones repetidoras se comunican mediante un enlace especial

denominado Canopy, el cual se basa en la tecnología inalámbrica de banda ancha que permite un acceso de alta velocidad a Internet. El sistema Canopy ha sido diseñado para proporcionar un acceso económico de datos a alta velocidad en el tramo final para clientes residenciales y comerciales que en el pasado no contaban con este tipo de servicio o que vivían en localidades donde no existía la infraestructura necesaria. El sistema Canopy consta de tres componentes principales: Punto de Acceso (AP), Módulo suscriptor (SM) y Unidad Backhaul (BH).

El sistema Canopy opera en las frecuencias (900 Ghz, 2.4 Ghz, 5.2 Ghz y 5.7 Ghz). Para el SICORA se utiliza la banda de 5.7 Ghz. Las estaciones repetidoras se interconectan por medio de Canopy punto a punto pudiendo cualquiera de ellas estar enlazadas con más de un repetidor formando así una pequeña red.

El ámbito de cobertura es Lima Metropolitana. Para cumplir con la cobertura deseada se utilizan cinco repetidoras. La localización de las estaciones repetidoras y las gráficas de cobertura se indicarán en los capítulos siguientes.

El tiempo considerado para la implementación del SICORA fue de 90 días, de los cuales 60 fueron para la importación de los equipos necesarios, y 30 para la instalación y puesta en marcha.

Los costos para el SICORA fueron organizados de la siguiente manera: 1) costos de adquisición de los equipos; 2) costos de Instalación y puesta en marcha; 3) costos de soporte técnico y de alquiler de las locaciones (sólo cuatro locaciones consideradas).

El presente informe es desarrollado gracias a la experiencia adquirida en el campo de las telecomunicaciones en diversas empresas públicas y privadas en el territorio nacional, todas pertenecientes al ámbito civil.

Este documento está dividido en cuatro capítulos. En el primer capítulo "Planteamiento de Ingeniería del Problema" se describe el problema y los objetivos, se evalúa el problema y se exponen los alcances del trabajo, también se hace una síntesis del mismo.

En el segundo capítulo titulado "Marco Teórico Conceptual" se exponen las bases teóricas necesarias para la comprensión del sistema desarrollado. En el tercer capítulo titulado "Metodología para la Solución del Problema" se explican los pasos seguidos para el diseño y puesta en operación del SICORA. En el cuarto capítulo titulado "Análisis y presentación de resultados" se detalla el presupuesto y el tiempo de ejecución del proyecto.

La exposición del documento finaliza con la presentación de las conclusiones obtenidas durante el diseño e implementación del SICORA. Asimismo, se plantean ciertas recomendaciones que deben tenerse en cuenta para futuras implementaciones.

Es necesario mencionar un especial agradecimiento al Ministerio de Relaciones Exteriores por ofrecer las facilidades y autorización para la concreción del este documento, bajo el compromiso de cumplir los acuerdos de confidencialidad exigidos por tal entidad.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se realiza el planteamiento de ingeniería del problema, para ello primeramente se describe el problema y luego se expone el objetivo del trabajo, también se evalúa el problema y se precisan los alcances del informe, para finalmente presentar una síntesis del diseño presentado.

1.1 Descripción del Problema

La incapacidad de comunicaciones estratégicas por parte del Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE) en Lima Metropolitana, en caso de desastres, o ante el colapso de comunicaciones por la alta demanda de usuarios que pueda presentarse.

1.2 Objetivos del trabajo

Diseñar un sistema de comunicación radial digital de área extendida, que funcione como una red de emergencia paralela a las redes de los operadores de telefonía celular y/o radio troncalizado digital de comunicación personal de uso masivo. Esta red a su vez funcionará normalmente como una red privada del Ministerio de Relaciones Exteriores.

La red será implementada mediante la instalación de estaciones repetidoras basadas en el estándar Digital Mobile Radio (DMR) las que estarán interconectadas mediante enlaces inalámbricos en banda no licenciada. El Sistema de Comunicación Radial Digital de Área Extendida (SICORA), deberá tener una cobertura de Lima Metropolitana, cuyos límites se mencionan más adelante.

1.3 Evaluación del problema

La inexistencia de una red alternativa de comunicaciones es un peligro latente que afecta a la institución que debe permanecer comunicada cuando cualquier otro medio comercial ha colapsado.

Una red privada de comunicaciones permite a su vez un flujo de conversaciones ilimitada que justifica la inversión económica de mantenerla operativa para las labores comunes de una institución.

Diversas instituciones poseen redes privadas de comunicaciones en distintas bandas y que han sido implementadas como una alternativa de bajo costo a la telefonía fija o celular existente en el mercado actual.

Aunque las comunicaciones privadas pueden realizarse contratando a proveedores de telefonía y de radio troncalizado, estas presentaban la limitación, no sólo económica sino también la incapacidad de configurar grupos de trabajo o de administrar la propia red en caso de colapso de comunicaciones

La solución propuesta es importante por cuanto provee al MRE de una red alternativa de comunicaciones privadas orientada principalmente a servir cómo medio principal de comunicaciones cuando los demás proveedores son incapaces de brindar un adecuado servicio.

El reciente terremoto del 15 de agosto de 2007 fue una prueba de que la inexistencia de una red privada de comunicaciones de área extendida podía dejar sordos y mudos a las instituciones que requerían coordinar acciones de emergencia o de apoyo para otras instituciones.

Con el SICORA se da solución al problema descrito

1.4 Alcance del trabajo

El ámbito de cobertura del SICORA es Lima Metropolitana según se indica a continuación:

- Norte: Carretera Panamericana Norte hasta la altura del Distrito de Puente Piedra
- Sur: Kilómetro 40 de la carretera Panamericana Sur
- Este: Kilómetro 20 de la Carretera Central
- Oeste: 10 kilómetros mar adentro

El SICORA está diseñado para cubrir todos los distritos comprendidos dentro de este perímetro. Los de mayor relevancia son los distritos de San Isidro, Miraflores, San Borja, Surco, La Molina, y zonas importantes como el aeropuerto Jorge Chávez, centro de Lima, así como las carreteras hacia el sur, centro y norte hasta los límites indicados.

Para cumplir con la cobertura deseada se utilizan cinco repetidoras. La localización de las estaciones repetidoras y las gráficas de cobertura se indicaran en los capítulos siguientes.

El tiempo considerado para la implementación del SICORA fue de 90 días, de los cuales 60 fueron para la importación de los equipos necesarios, y 30 para la instalación y puesta en marcha.

Los costos para el SICORA fueron organizados de la siguiente manera:

- 1) costos de adquisición de los equipos;
- 2) costos de Instalación y puesta en marcha;
- 3) costos de soporte técnico y de alquiler de las locaciones por dos años (sólo cuatro locaciones consideradas). Adicionalmente se puso cómo meta económica una inversión máxima de S/.490,000.00 nuevos soles.

1.5 Síntesis del trabajo

En el presente documento se explica el diseño y la implementación del SICORA para funcionar cómo una red de comunicaciones privada y de emergencia haciendo uso de la banda VHF, el estándar DMR y equipos Motorola.

.En el SICORA, sólo una de las estaciones repetidoras se encuentran situadas en la sede principal del MRE, en la cuadra cinco del Jr. Lampa del Cercado de Lima. Las otras estaciones repetidoras están situadas en locaciones alquiladas. Estos se sitúan en los distritos de de Lince, La Molina, Chorrillos y la provincia del Callao (inmediaciones del aeropuerto).

Cada locación cuenta con el siguiente equipamiento:

- Repetidor Motorola
- Duplexor
- Switch de Red LAN
- Gabinete metálico
- Antena de RX / TX en VHF
- Enlace Tipo Canopy de Motorola
- Cables y accesorios.

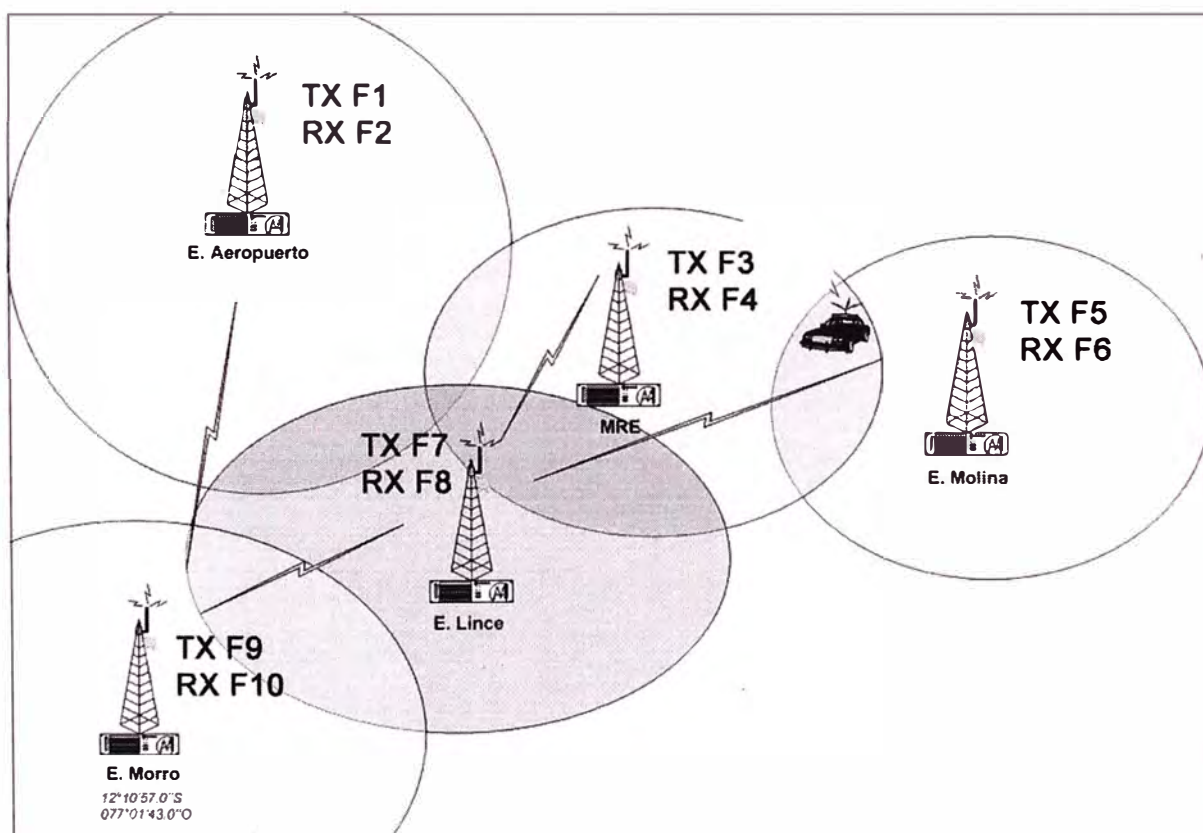


Figura 1.1 Diagrama simplificado de estaciones repetidoras

La interconexión de las estaciones repetidoras, a efectos de indicar la retransmisión del mensaje del suscriptor, es lograda mediante la tecnología Canopy en la

frecuencia de 5.7 Ghz. La topología de las estaciones repetidoras se puede ver en el gráfico reducido de la Figura 1.1. Una gráfica en mayor detalle se muestra en el Anexo A “Estaciones repetidoras, coordenadas y frecuencias”.

El diseño establece la posición final de las estaciones, el cálculo de la cobertura, los equipos necesarios, la adecuación de las locaciones. Los pasos para el diseño de implementación se resumen en los ítems que se describen a continuación.

1.5.1 Planeamiento

En la etapa de planeamiento están considerados los siguientes aspectos:

- Determinación del equipamiento y accesorios.
- Validación de los puntos de repetición
- Visita de inspección a las locaciones (Lince, La Molina, Aeropuerto, Morro Solar. MRE).
- Importación de equipos (MOTOTRBO, Times, Canopy).
Importación de equipos (Pre-selector).
- Compras de equipamiento local.

1.5.2 Ejecución

Esta parte del proyecto se agrupa en dos módulos principales: a) la instalación del sistema, y b) Las pruebas de cobertura.,

a. Instalación del sistema

Para cada uno de las locaciones de las cinco estaciones repetidores, los siguientes son los aspectos considerados:

- Estación repetidora Lince:
 - Acondicionamiento de la locación.
 - Instalación del sistema a tierra
 - Instalación de la estación repetidora
 - Configuración de equipo repetidor
 - Instalación de enlace Canopy: “Lince - La Molina”
- Estación repetidora La Molina:
 - Instalación de torre de 30 metros.
 - Acondicionamiento de la locación.
 - Instalación del sistema a tierra.
 - Instalación de estación repetidora.
 - Configuración de equipo repetidor.
 - Instalación de enlace Canopy “La Molina – Lince”

- Estación repetidora Aeropuerto:
 - Acondicionamiento de la locación.
 - Instalación del sistema a tierra.
 - Instalación de la estación repetidora.
 - Configuración del equipo repetidor.
 - Instalación del enlace Canopy “Aeropuerto – Morro Solar”.
- Estación Repetidora Morro Solar:
 - Acondicionamiento de la locación.
 - Instalación de estación repetidora.
 - Configuración del equipo repetidor.
 - Instalación del enlace Canopy “Morro Solar – Aeropuerto”.
 - Instalación del enlace Canopy “Morro Solar – Lince”.
- Estación Repetidora MRE.
 - Acondicionamiento de la locación.
 - Instalación de la estación repetidora.
 - Configuración del equipo repetidor.
 - Instalación del enlace Canopy “MRE – Lince”

Las tareas complementarias a las mostradas líneas arriba, son las siguientes:

- Programación de los radios portátiles.
- Acondicionamiento de los servidores.
- Configuración del sistema de localización y grabación.
- Reinstalación del sistema de radio analógico.
- Instalación de la interconexión análoga - digital

b. Pruebas de cobertura

Las pruebas de cobertura estuvieron organizadas de la siguiente manera:

- Pruebas de cobertura y roaming.
- Pruebas de los enlaces Canopy.
- Pruebas del sistema de localización y grabación.
- Pruebas del sistema de interconexión análogo - digital

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe.

Los temas a tratar son las PMR (Professional o Private Mobile Radio), la tecnología Canopy y los enlaces y propagación VHF.

2.1 PMR

Sus siglas provienen de Professional Mobile Radio. En Reino Unido se denomina conocido Private Mobile Radio (PMR) y en Norteamérica Land Mobile Radio (LMR).

El PMR son sistemas de radiocomunicaciones la cuales utilizan radios 1) Portátiles, 2) móviles, 3) Estación base, 4) Consola de despacho

La operación del equipo de radio del PMR esta basado en el estándar analógico MPT-1327 (Radio troncalizado), y los estándares digitales DMR (Motorola), TETRA y APCO 25. Aplicaciones típicas de estos sistemas de radio son lo que usan las fuerzas policiales y de bomberos. Los aspectos básicos de un PMR pueden incluir los siguientes elementos:

- Comunicaciones Punto a Punto
- PTT (Push-to-talk) que es apretar para hablar y soltar para escuchar. La simple presión de un botón activa la comunicación sobre in canal de radio frecuencia
- Grandes áreas de cobertura.
- Grupos abiertos o cerrados
- Usan las bandas de VHF o UHF

Si bien la radio analógica es una herramienta comercial esencial, tal como demuestran cada día los incontables despliegues de esta tecnología en todo el mundo, la radio bidireccional analógica llegó al límite de sus posibilidades de innovación, dado que, prácticamente, todas las aplicaciones de la radio analógica que cabe imaginar ya se han intentado implantar o se han implantado a lo largo de más de 50 años de experimentación e implementación. Se ha llegado a un punto en el que se necesitaba una nueva plataforma para lograr nuevos niveles de rendimiento y productividad.

Numerosas empresas se dieron cuenta de que era necesario prestaciones adicionales a las aplicaciones básicas que ofrece la radio bidireccional analógica. Entre

los ejemplos de las limitaciones posibles están: 1) Que los canales que tienen asignados estén empezando a congestionarse y necesiten más capacidad, 2) Que sea necesario mayor flexibilidad al momento de comunicarse con los usuarios, tanto dentro del equipo de trabajo como fuera del mismo; 3) Que sea necesario un acceso combinado a voz y datos para mejorar la productividad y capacidad de respuesta.

La radio digital ofrece una plataforma potente y flexible que permite a las organizaciones profesionales adaptarse a esas necesidades e incluso a otras. Al migrar la tecnología analógica a las radiocomunicaciones bidireccionales digitales, las organizaciones pueden responder inmediatamente a muchas de las necesidades mencionadas, que permitirán sentar las bases para incorporar en el futuro nuevas funcionalidades que les haga posible satisfacer nuevas necesidades.

En tal sentido, cabe señalar que las tecnologías evaluadas como posibles soluciones del SICORA son aquellas que están basadas en los estándares DMR, APCO 25 y TETRA. Estas serán descritas en las secciones siguientes. Dado que la solución utiliza la tecnología DMR, se hará mayor énfasis en el DMR al describir los estándares utilizados para las PMR:

2.1.1 DMR

Dado que el DMR (Radio Móvil Digital, por sus siglas en inglés) utilizado en el presente sistema es de Motorola. Se hará énfasis en sus características principales: La utilización de la técnica de multiplexación TDMA.

DMR está basado en un protocolo que utiliza dos intervalos de tiempo TDMA. Los estándares de telecomunicaciones basados en la tecnología TDMA ya se están utilizando ampliamente en todo el mundo (por ejemplo, GSM y TETRA) y, se puede afirmar casi con seguridad que, en el futuro, los requisitos de una eficiencia espectral aún mayor se basarán en la tecnología TDMA.

Tanto ahora como en el futuro, la tecnología TDMA ofrece ventajas como características flexibles, menos gastos de inversión en equipos, prolongación de la vida útil de la batería, disponibilidad en el futuro y una capacidad probada de incrementar la eficiencia espectral sin riesgo de aumentar la congestión o la interferencia en los canales de radio. El DMR proporciona muchas ventajas.

a. Mayor eficiencia espectral

Para numerosos usuarios de sistemas bidireccionales, la mayor ventaja de la radio digital es su mayor eficiencia en la utilización de los canales que tienen asignados. Las ondas aéreas están cada vez más congestionadas y las antiguas estructuras de asignación de canales, pensadas en un principio para dar servicio a los organismos de radiodifusión, ya no resultan adecuadas para hacer frente al aumento previsto del

volumen del tráfico de las entidades de radiodifusión y de los usuarios privados de equipos de radio.

El estándar DMR utiliza el ya consolidado método TDMA para mejorar la eficiencia espectral de un canal de 12,5 KHz. dividiendo el canal en dos intervalos de tiempo iguales. De esta manera, al tiempo que se mantienen las conocidas características de rendimiento de la señal de 12,5 kHz, es posible la comunicación, a través de los canales asignados a una organización, entre un mayor número de personas con flexibilidad y de acuerdo con las necesidades de dicha organización. Por ejemplo, dos intervalos de un canal podrían utilizarse para transportar dos conversaciones independientes y privadas o bien podría utilizarse un intervalo para datos o para señalización prioritaria y el otro intervalo para una conversación.

b. Disponibilidad de espectro

El estándar DMR se ajusta de forma transparente a las bandas PMR asignadas. Debido a que no existe necesidad de reasignar las bandas ni de modificar la licencia y al no haber riesgo de que se produzcan nuevas formas de interferencias en el canal de radio, el aumento de la eficiencia espectral se realiza con mayor rapidez y facilidad.

c. Prolongación de la vida útil de la batería

Uno de los mayores problemas asociados a los dispositivos móviles ha sido siempre la vida útil de la batería. Hasta ahora sólo existían dos opciones para prolongar el tiempo de conversación entre recargas. Una forma consiste en aumentar la capacidad de la batería.

Si bien los fabricantes de baterías ya han conseguido logros significativos con respecto a la capacidad de la batería, la única forma de aumentar más esta capacidad es aumentar el tamaño de la unidad de batería con la consiguiente reducción de la portabilidad del equipo.

La otra opción consiste en reducir la potencia de transmisión, que es la función de la radio que más energía consume. No obstante, esta opción reduce el alcance de transmisión y aumenta el potencial de interferencias procedentes de otros dispositivos, por lo que esta solución resulta inaceptable en entornos profesionales.

El estándar DMR ofrece una alternativa muy eficaz. Debido a que en cada llamada se utiliza sólo uno de los dos intervalos de tiempo TDMA, se requiere sólo la mitad de la capacidad del transmisor, de manera que éste está inactivo la mitad del tiempo, es decir, cuando le toca el "turno" al intervalo de tiempo no utilizado. Por ejemplo, en un ciclo de trabajo típico con un 5 por ciento de transmisión, un 5 por ciento de recepción y un 90 por ciento de reposo, corresponde al tiempo de transmisión casi el 80 por ciento del consumo total de corriente de la batería de la radio.

Al reducir a la mitad el tiempo de transmisión efectivo, los dos intervalos TDMA permiten ahorrar hasta un 40 por ciento de corriente de la batería o, lo que es lo mismo, aumentar hasta un 40 por ciento el tiempo de conversación. De esta manera, se reduce considerablemente el consumo total de la batería por llamada y se aumenta de forma importante el tiempo de uso entre recargas. El estándar DMR admite también el modo de reposo o "sleep" y las tecnologías de gestión de potencia, que incrementan aún más la vida útil de la batería.

d. Mejora del rendimiento de audio digital y de la cobertura

Los usuarios profesionales de equipos de radio bidireccionales necesitan comunicaciones de voz que sean claras, fiables y sin interrupciones. Una llamada perdida, un error de usuario, un mensaje confuso o una batería agotada son factores todos ellos que pueden dar lugar a una reducción de la productividad, a una pérdida de tiempo y dinero, a la insatisfacción de los clientes y a oportunidades perdidas.

Debido a la propia naturaleza física de las radiofrecuencias, las radios analógicas están expuestas a una serie de limitaciones que afectan al alcance y a la claridad de la voz. En un sistema analógico, todos los factores ambientales que alteran la señal o interfieren con ella afectan directamente a la calidad de la voz en el extremo de recepción.

Aunque es posible amplificar y retransmitir una señal degradada, no existe una forma de reconstruir la calidad original de la voz. El resultado de esta degradación suele ser un incremento de la electricidad estática y de los elementos que hacen que la señal sea cada vez más ininteligible a medida que el usuario se va aproximando a los márgenes del alcance operativo de la radio. Este efecto puede resultar algo molesto o puede ir empeorando progresivamente hasta que la conversación resulte casi imposible de entender.

Por el contrario, el estándar DMR incorpora técnicas de corrección de errores que regeneran la voz casi con la fidelidad original en casi toda la zona de cobertura de RF. Si bien la señal de la radio digital DMR está sujeta a la misma física de las radiofrecuencias que la señal analógica, aunque la transmisión se degrade, entregará a su destino el contenido digital intacto, aún en el caso de que se produzca una reducción exponencial de la potencia de la señal. Lo que ocurre es simplemente que los receptores digitales DMR rechazan todo aquello que interpretan como un error.

Aunque una señal "sucía" pueda producir artefactos en un receptor digital, por ejemplo, una breve pérdida o una ráfaga de ruido mecánico, nunca darán lugar a la descarga persistente de electricidad estática que pueda afectar a los sistemas analógicos en entornos complicados.

Si el receptor DMR entiende la señal digital de voz, será capaz de decodificarla y reproducir la voz con claridad. Además, el decodificador DMR estándar (elegido por el Memorando de Entendimiento sobre el DMR) incorpora también la función de supresión del ruido de fondo en el transmisor, por lo que, por ejemplo, el ruido de fondo de la gente o del tráfico no se transmite nunca y, por consiguiente, no se oye nunca en el receptor.

e. Características avanzadas y flexibilidad

En un sistema tradicional de radio bidireccional FDMA, cada transmisión ocupa la totalidad del canal. Un solo canal puede transportar una sola llamada semi-dúplex. Dado que el estándar DMR emplea un protocolo TDMA, no se ve afectado por estas restricciones técnicas. Los dos intervalos de tiempo pueden transportar dos conversaciones semi-dúplex, sin necesidad de equipos adicionales y sin que ello afecte al rendimiento. Asimismo, es posible utilizar el segundo intervalo de tiempo TDMA para otros fines, como la "señalización del canal inverso".

Esta característica puede utilizarse para otras funciones tales como el control de llamadas prioritarias, el control remoto de la radio de transmisión o la asignación de prioridad a las llamadas de emergencia. El segundo intervalo de tiempo podría utilizarse también para transmitir datos de aplicaciones, como mensajes de texto o datos de localización, paralelamente con la actividad de llamadas. Esta capacidad es muy útil, por ejemplo, en los sistemas de coordinación que proporcionan instrucciones verbales y visuales.

La flexibilidad del estándar DMR también se adapta a las aplicaciones emergentes y permite un uso adicional de los dos intervalos de tiempo, protegiendo así las inversiones iniciales y proporcionando, al mismo tiempo, un camino abierto para futuros modelos de utilización de la radio bidireccional digital. Por ejemplo, el DMR posee la capacidad de combinar intervalos temporalmente para aumentar las velocidades de transmisión de datos o de utilizar al mismo tiempo los dos intervalos para transportar llamadas privadas semi-dúplex.

También surgirán nuevas capacidades impulsadas por las necesidades reales de los usuarios de equipos de radio bidireccionales en el mercado de las aplicaciones profesionales. Los profesionales pueden beneficiarse de manera inmediata de los productos DMR, por ejemplo, capacidad de voz 2:1 y señalización del canal inverso dentro de un único canal, con la posibilidad de incorporar nuevas capacidades en el futuro.

f. Reducción de los costes de los equipos

El estándar DMR logra una capacidad equivalente a dos canales con el equipamiento que se necesita para un sólo canal, con lo que se reduce a la mitad el

número de repetidores y de equipos de combinación necesarios. Además, al reducirse las pérdidas de recombinación, mejora en general la cobertura del sistema.

2.1.2 APCO 25

El proyecto 25 (P25) o APCO-25 se refiere a un conjunto de normas para el sistema de comunicación de radio digital, para su uso por los organismos de seguridad pública de los Estados Unidos de Norteamérica a fin de que puedan comunicarse con otros organismos de ayuda mutua y los equipos de respuesta en situaciones de emergencia.

El grupo de normas de P25 contiene ocho interfaces abiertas entre los distintos componentes de un sistema de radio móvil terrestre. Estas interfaces son:

- Common Air Interface (CAI).- Interfaz común de aire. Estándar que especifica el tipo y el contenido de las señales transmitidas por los radios compatibles. Un equipo radial utilizando CAI debe ser capaz de comunicar con cualquier otro radio CAI, independientemente del fabricante
- Subscriber Data Peripheral Interface.- Interfaz de datos de abonados periférico. Estándar que especifica el puerto a través de la cual los móviles y portátiles pueden conectarse a laptops o redes de datos
- Fixed Station Interface.- Interfaz de estación fija. Estándar que especifica un conjunto de mensajes de apoyo obligatorio digital de voz, datos, encriptación y teléfono de interconexión necesarios para la comunicación entre una estación fija y un subsistema RF P25.
- Console Subsystem Interfaz. Subsistema de la consola de interfaz estándar. Especifica los mensajes básicos de una interfaz de subsistema de consola a un subsistema del RF P25.
- Network Management Interface.- Interfaz de Administrador de Red. Estándar que especifica un único sistema de gestión de la red que permitirá a todos los elementos de la red del subsistema RF para ser administrados.
- Data Network Interface.- Interfaz de la red de datos. Estándar que especifica las conexiones a computadoras, redes de datos o fuentes de datos externas de los subsistemas de RF.
- Telephone Interconnect Interface.- Interfaz de interconexión de telefonía estándar que especifica la interfaz para la red pública de telefonía conmutada (PSTN) soportando ambas interfaces, analógica e ISDN.
- Inter RF Subsystem Interface (ISSI).- Interfaz del subsistema entre RF. Estándar que especifica la interfaz entre los subsistemas de RF que les permitirá estar conectados en redes de área extendida.

2.1.3 TETRA

Las siglas de "Terrestrial Trunked Radio". Es un estándar definido por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación (ETSI en inglés). Este estándar define un sistema móvil digital de radio y nace por decisión de la Unión Europea con el objeto de unificar diversas alternativas de interfaces de radio digitales para la comunicación entre los profesionales de los sectores mencionados más abajo.

Su aplicación está orientada a soluciones altamente especializadas en el ámbito profesional, donde las características anteriores (fiabilidad y costos) son un requerimiento importante, se observa en sectores críticos como lo son servicios de emergencias (policía, bomberos, ambulancias etc.) y para transmisión de datos.

Con características diferenciadas respecto a la telefonía GSM tradicional se tiene:

- Utilización de una banda de frecuencias mucho más baja, lo que supone una menor necesidad de equipos repetidores para dar cobertura a una misma zona geográfica.
- Infraestructura propia separada de las redes de telefonía móvil públicas puesto que las estaciones repetidoras trabajan a mayor distancia.
- Puede trabajar en modo terminal a terminal, en caso de fallo en las comunicaciones.
- Es un sistema digital más moderno que GSM por lo que la calidad de audio es superior al implementar sistemas más modernos de compresión de voz.
- Las capacidades de transmisión de datos están definidas en el propio estándar inicial y sólo son comparables al estándar GPRS.
- Mejor aprovechamiento del canal, ya que permite comunicaciones half-duplex como la radio convencional o full-duplex como el teléfono en casos necesarios, utilizando los canales no ocupados.
- Menor grado de saturación, ya que el propio estándar garantiza una capacidad por defecto superior al doble de los canales convencionales en uso. Además dispone de comunicaciones priorizadas, por lo que en caso de saturación se garantizan la disponibilidad de estas comunicaciones prioritarias.
- Permite comunicaciones uno a muchos lo que mejora la gestión de grupos en caso de comunicaciones para coordinación de urgencias.
- Dispone de terminales específicos para cada necesidad. Así dispone de terminales portátiles (equiparables a teléfonos móviles), terminales móviles (destinados a vehículos) y terminales para bases.

En parte podría afirmarse que Tetra es una versión mejorada de Trunking.

Sus principales inconvenientes frente a GSM son:

Requiere una menor densidad de usuarios que los servicios de GSM debido al tipo de modulación realizada.

- Los terminales tienen un precio mucho mayor al estar dirigido a sectores diferentes y no disponer de un mercado masivo de clientes.
- Las transferencias de datos son más lentas (máximo 19 Kbps), aunque se está mejorando en versiones más modernas de esta tecnología.
- Debido a la baja modulación de frecuencia, los terminales pueden interferir con dispositivos electrónicos sensibles, como marcapasos o desfibriladores.

Actualmente en el Perú existe un operador basado en TETRA que opera en la banda de 380 a 400 Mhz.

2.2 Canopy

Es un acceso inalámbrico que ha sido diseñado para (Ver Figura 2.1) "Acceso y Distribución" exterior Línea de Vista (LOS). En resumen Canopy:

- Ofrece velocidades equivalentes a las alternativas cableadas
- Sobrepasa obstáculos físicos y problemas de derechos de acceso.
- Permite implementaciones más fáciles, más rápidas, ya a menores costos compatibles con el retorno.
- Permite extender redes cableadas existentes.

La Figura 2.1 explica lo referente a los términos Acceso y Distribución.

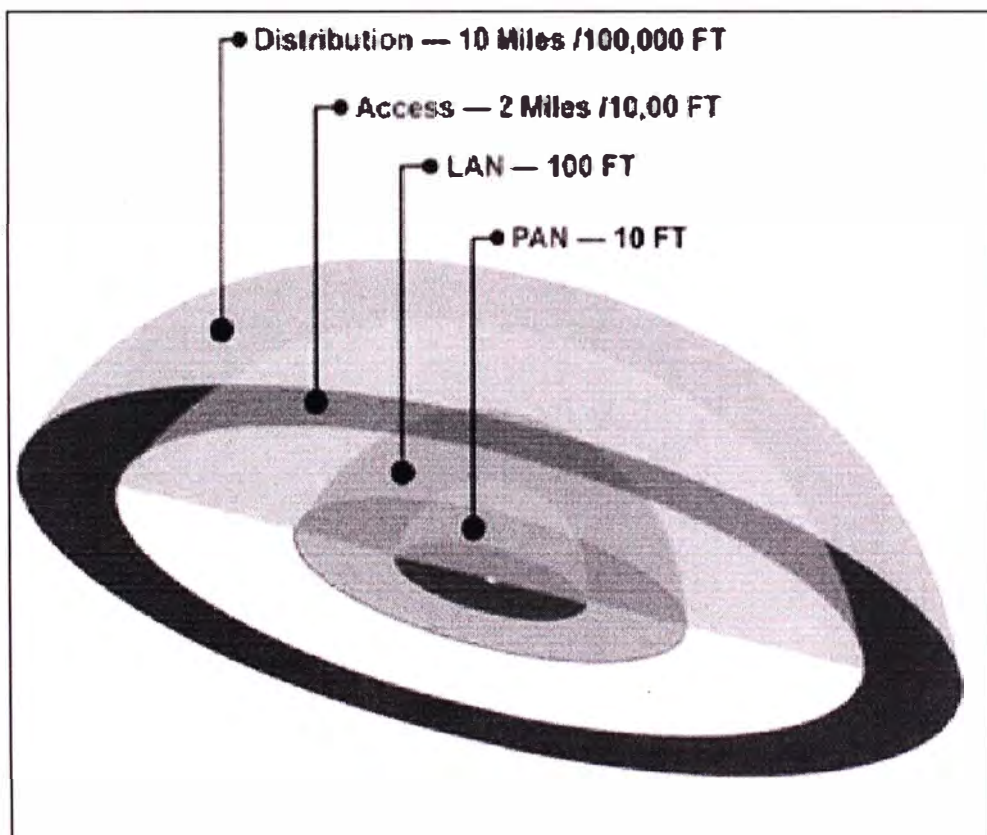


Figura 2.1 Definición de "Acceso" y "Distribución"

Canopy no es WiFi, ni WiMAX, no es para ambientes internos, y tampoco es una tecnología móvil. Con Canopy se evitan problemas tales como:

–Colisiones

–Reducción de ancho de banda con distancia o número de usuarios

Canopy es un sistema de banda ancha, inalámbrico, de Línea de Vista, Fijo y nómada, que usa frecuencias no licenciadas. La solución de banda ancha Canopy permite:

– Conectividad de Datos de alta Velocidad a bajo Costo

Instalación y mantenimiento más simple que cualquier solución inalámbrica o de banda ancha

– Alcanza áreas no accesibles

Canopy permite enlaces punto a punto o punto a multipunto dependiente de los elementos existentes en cada emplazamiento. Ver Figura 2.2

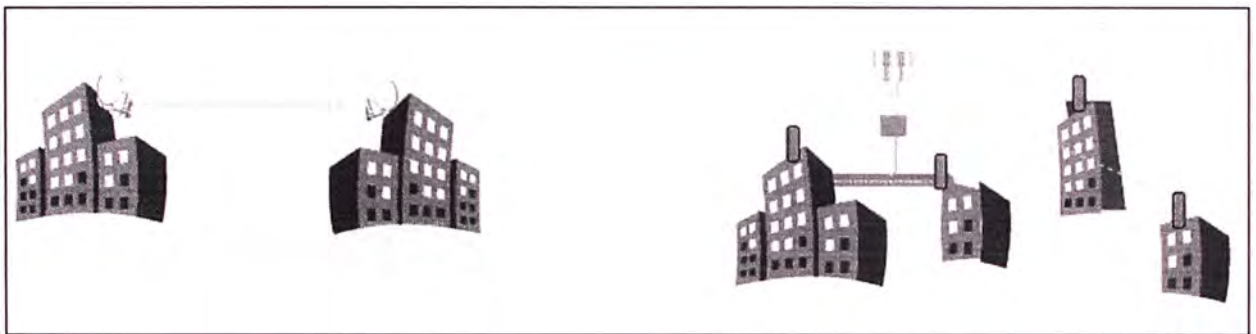


Figura 2.2 Enlaces Canopy de banda ancha

2.2.1 Componentes

Entre sus componentes principales (tipos de antenas) están (ver Figura 2.3):

- El Acces Point o punto de acceso (AP).
- El Módulo de Backhaul (BH).
- El Módulo del suscriptor (SM).

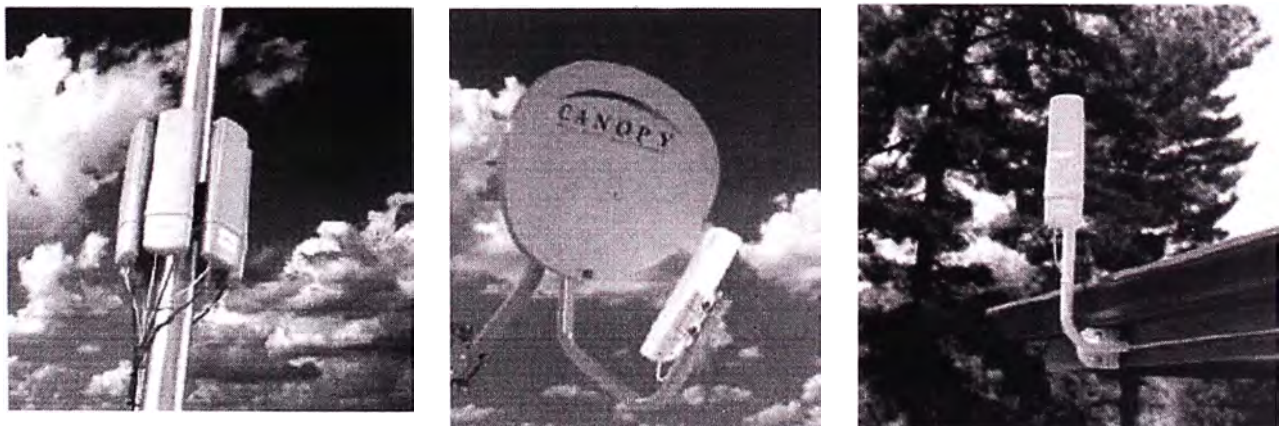


Figura 2.3 De izquierda a derecha: Acces Point (Cluster), Backhaul, suscriptor

Otros componentes también son (ver Figura 2.4 y 2.5):

- El Cluster Management Module (CMM)
- El Bandwidth and Authentication Manager (BAM)

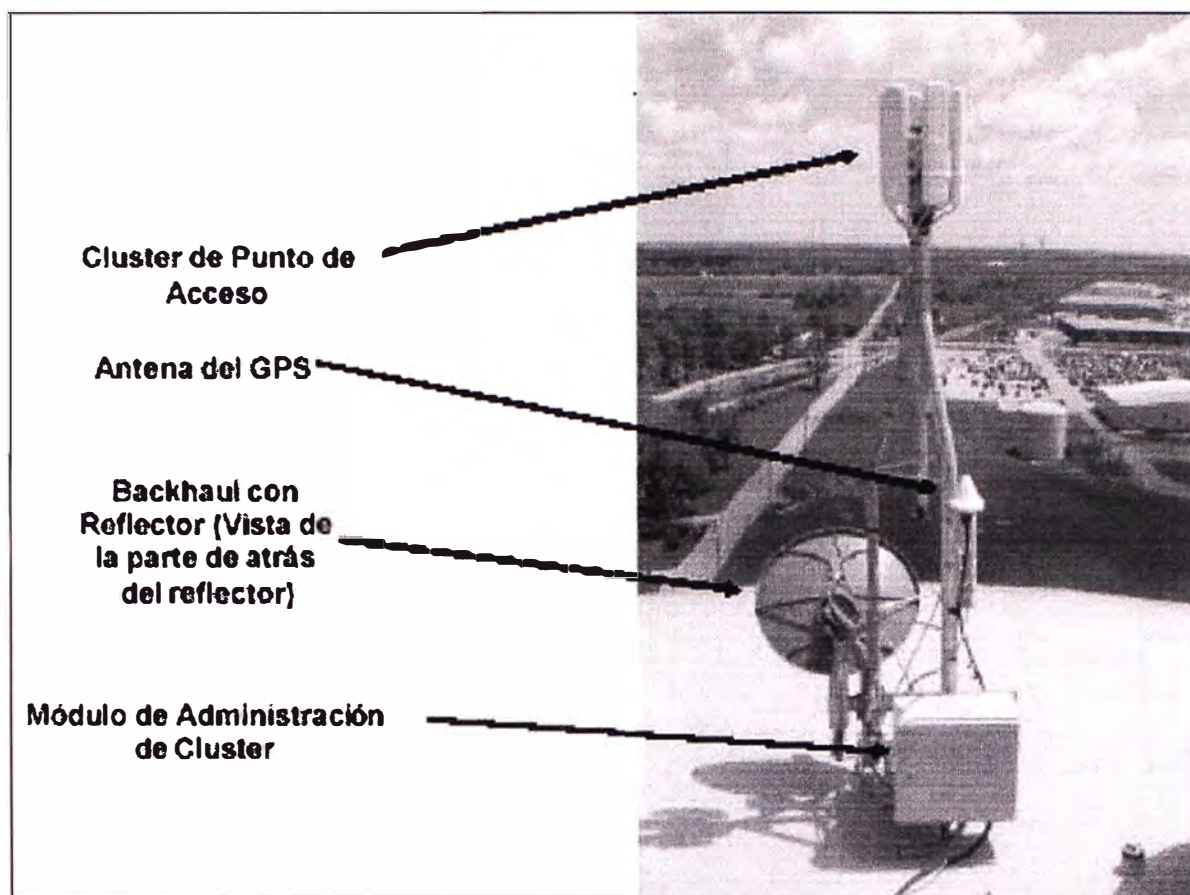


Figura 2.6 Componentes Canopy

2.2.2 Características

Las principales características de Canopy son las siguientes:

- Está disponible en 5.2GHz y 5.7GHz
- Tiene antenas incorporadas direccionales (Pattern de 60 grados)
- Se puede incrementar la ganancia y el alcance con un reflector pasivo disponible - (Pattern de 6 grados)
- Tiene una interfaz incorporada Ethernet (10/100baseT)

2.2.3 Configuraciones

Las configuraciones existentes son la Punto a Multipunto y la Punto a Punto.

a. Configuración Punto a Multipunto

Se muestra en la Figura 2.7

- 5.3GHz de enlace con suscriptores
- Equipamiento "Subscriber Module Equipped Households"
- Conexión a red (Network Connection)
- Alimentación AC
- Punto de Acceso (Access Point Cluster)
- Módulo de administración de agrupación de AP (Cluster Management Module)
- Cada AP conecta hasta 200 SM (1200 SM el Cluster completo)

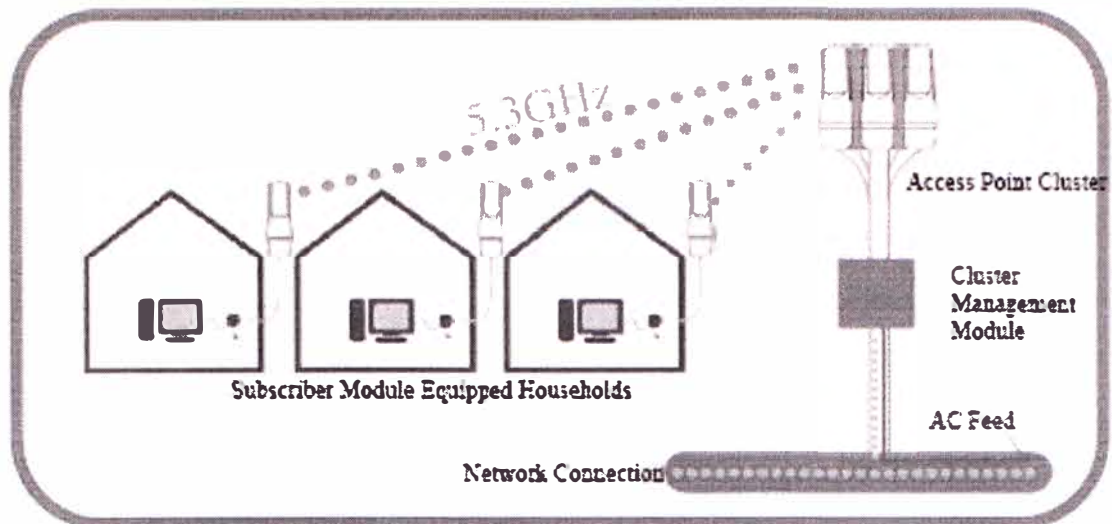


Figura 2.7 Configuración Punto a Multipunto

b. Configuración Punto a Punto

Es el usado para extender la red. Ver Figura 2.8.

- 5.3 GHz de enlace con suscriptores
- Conexión a red (Network Connection)
- Alimentación AC
- Unidad Backhaul
- Enlace punto a punto de 5.7 GHz

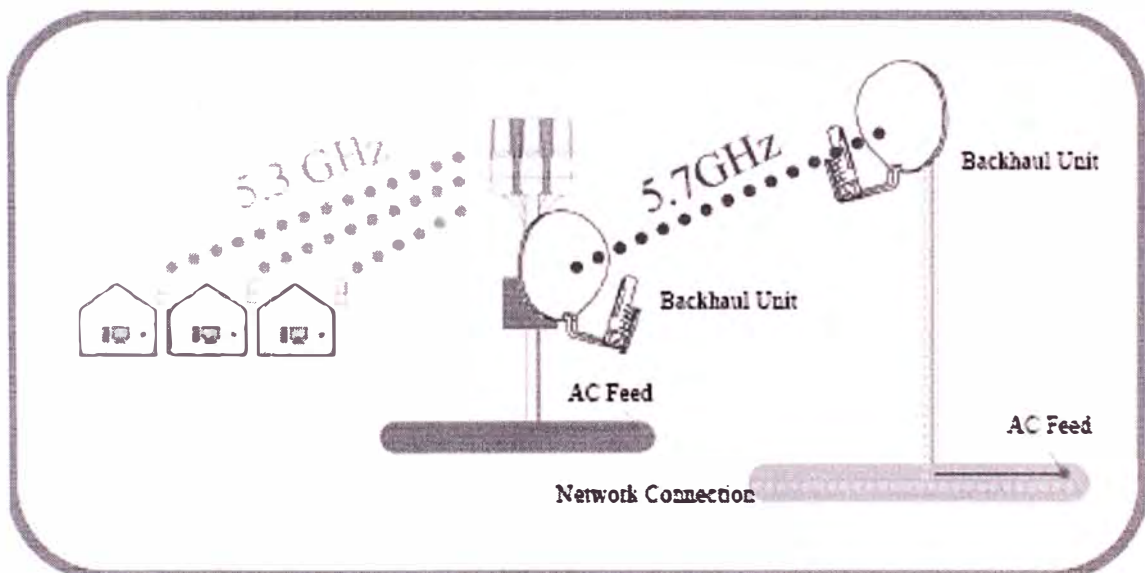


Figura 2.8 Configuración Punto a Punto

c. Alcance

El Alcance de Canopy depende de su configuración (ver Figura 2.9). Estas son:

- Patch.- 3 Km.
- Patch & reflector.- 16 Km.
- Dos reflectores.- 55 Km. (sólo para punto a punto)

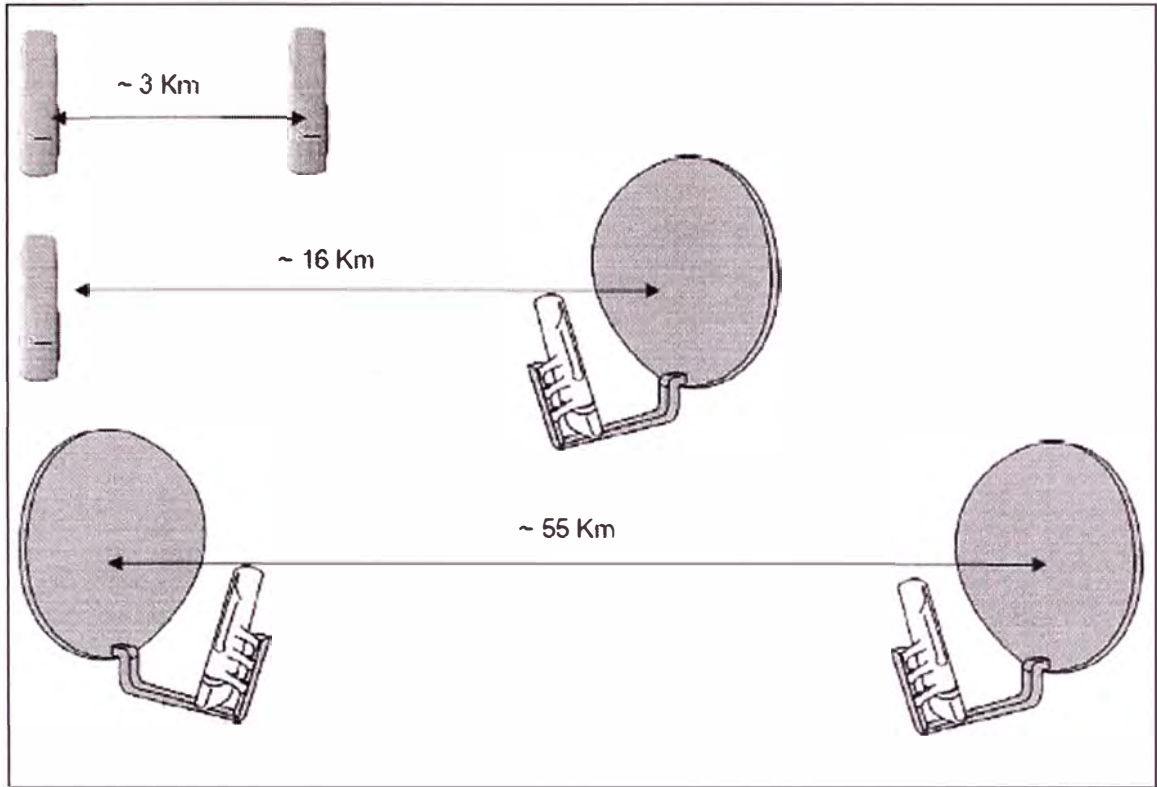


Figura 2.8 De arriba abajo: Patch, Patch & Reflector, dos reflectores

La última configuración permite un máximo throughput agregado 7 y 14 Mbps entre 2 puntos. Ver Figura 2.9.

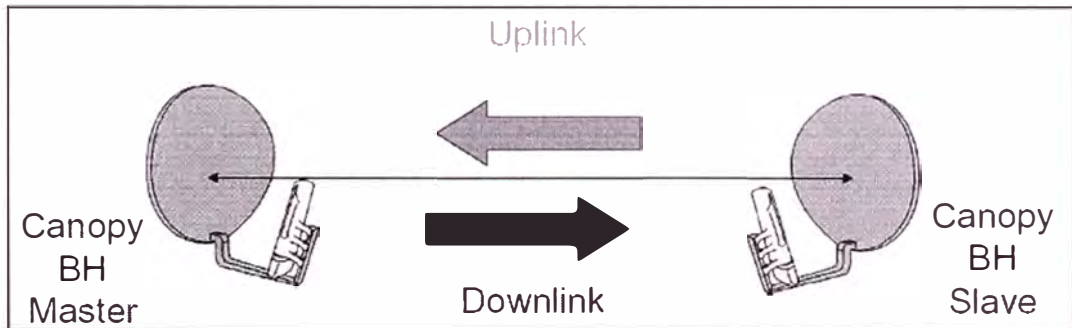


Figura 2.9 Máximo throughput

La tabla 2.1 muestra el resumen de desempeño Punto a Punto (BH – BH) para la frecuencia de trabajo elegida

Tabla 2.1 Resumen de desempeño BH-BH

Banda de Frecuencia	Dist. LOS (Km.)	Dist. LOS con Reflectores en los 2 extremos (Km.)	Criptografía	Ancho de Banda Agregado Típico (Mbps)
5.7 GHz (10 Mbps)	3.2	56	DES o AES	7.5
5.7 GHz (20 Mbps)	3.2	56	DES	14
5.7 GHz (45 Mbps)	64	N/A	AES opcional	Hacia 33

2.3 Aspectos básicos sobre propagación

El propósito de esta sección es la de explicar los aspectos básicos de la propagación de ondas electromagnéticas.

2.3.1 Ondas electromagnéticas

Cualquier transmisión tanto de radio cómo de televisión es realizado a través de las ondas electromagnéticas. Las ondas electromagnéticas se caracterizan porque están formadas por la conjunción de un campo eléctrico y otro magnético. La unión de estos campos es la que permite que este tipo de ondas pueda ser transmitido por el espacio.

Las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio (para toda frecuencia) a la velocidad de la luz.

Una onda electromagnética se define con tres parámetros:

- Frecuencia.-: Define el número de ondas que se transmiten en un segundo.
- Velocidad.- Es siempre la misma debido a que es independiente de la frecuencia. Esta velocidad es igual a la velocidad de la luz (300.000 kilómetros por segundo).
- Longitud de onda.- Es el resultado de dividir la velocidad de propagación (la velocidad de la luz) por la frecuencia. El resultado viene expresado en metros.

La Tabla 2.2 contiene la clasificación de las ondas electromagnéticas:

Tabla 2.2 Clasificación de ondas electromagnéticas

Longitud de onda		Frecuencia		Siglas
Valores	Denominación	Valores	Denominación	
100km → 10km	ondas miriamétricas	3 khz → 30 khz	frecuencias muy bajas	V.L.F.
10 km → 1 km	ondas kilométricas	30 khz → 300 khz	Frecuencias bajas	L.F.
1000 m → 100 m	ondas hectométricas	300 Khz → 3000 Khz	Frecuencias medias	M.F.
100 m → 10 m	ondas decamétricas	3 Mhz → 30 Mhz	Frecuencias altas	H.F.
10 m → 1 m	ondas métricas	30 Mhz → 300 Mhz	Frecuencias muy elevadas	V.H.F.
100 cm → 10 cm	Ondas decimétricas	300 Mhz → 3000 Mhz	Frecuencias ultra-elevadas	U.H.F
10 cm → 1 cm	Ondas centimétricas	3000 Mhz → 30000 Mhz	Frecuencias super-elevadas	S.H.F.

Es posible hacer otro tipo de clasificaciones, por ejemplo cómo la que se suele hacer con las ondas de radio (Ondas largas, ondas cortas y ondas medias), pero no es el propósito de este informe ahondar más en este aspecto.

2.3.2 Zona de Fresnel

La zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración (tanto para óptica cómo para comunicaciones por radio o inalámbricas) además de haber una visibilidad directa entre las dos antenas.

Este factor se deriva de la teoría de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio libre. Esta propagación está sujeta al efecto de reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida. Para esto se debe tener en cuenta la curvatura de la tierra (K), que generalmente puede tomar valores de $K=2/3$ (peor caso) y $K=4/3$ (caso óptimo).

En óptica y telecomunicaciones, una zona de Fresnel (nombrada en honor del físico Auguste Jean Fresnel), es uno de los elipsoides de revolución concéntricos teóricamente infinitos que definen volúmenes en el patrón de radiación de la abertura circular. Fresnel divide resultado en zonas de la difracción por la abertura circular.

La sección transversal de la primera zona de Fresnel es circular. Las zonas subsecuentes de Fresnel son anulares en la sección transversal, y concéntricas con las primeras. El concepto de las zonas de Fresnel se puede también utilizar para analizar interferencia por obstáculos cerca de la trayectoria de una viga (antena) de radio. Esta zona se debe determinar primero, para mantenerla libre de obstrucciones.

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

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debe determinarse la línea de vista de RF (LOS de Line of Sight), que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora. Ahora la zona que rodea la línea de vista es la zona de Fresnel. El radio de la sección transversal de la primera zona de Fresnel tiene su máximo en el centro del enlace. En este punto, el radio r se puede calcular como muestra la fórmula 2.1:

$$r = 547.723 \sqrt{\frac{d}{4f}} \quad (2.1)$$

Donde:

- r = radio en metros (m).
- d = distancia en kilómetros (Km).
- f = frecuencia transmitida en megahercios (MHz).

La fórmula 2.2 es genérica para el cálculo de las zonas de Fresnel:

$$r_n = 547.723 \sqrt{\frac{nd_1d_2}{fd}} \quad (2.2)$$

Donde:

- r_n = radio de la enésima zona de Fresnel
- d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en Km.
- d_2 = distancia desde el objeto al receptor en Km.
- d = distancia total del enlace en Km.
- f = frecuencia en MHz.

2.3.3 Ondas aéreas

En esta subsección se describirá de manera sencilla los fenómenos que afectan a las ondas aéreas:

Las ondas aéreas Son aquellas que parten de la antena del emisor y llegan hasta la antena del receptor a través del propio aire pero sin llegar a la ionosfera. Según su trayectoria pueden ser: Ondas directas, reflejadas y otras influenciadas por ciertos efectos como son por refracción troposférica o por difracción.

a. Onda directa

No tocan terreno ni ionosfera. La atenuación es mínima, siendo únicamente la que se produce por el espacio abierto o agentes meteorológicos (lluvia, nieve,..etc.) Es típica en frecuencias superiores a 30MHz (VHF-UHF-SHF).

Un claro ejemplo se tiene en los emisores de radiodifusión FM y TV, en los que para conseguir máximas distancias es imprescindible tener la antena emisora lo más alta posible (o ubicaciones de repetidores o reemisoras en cotas altas del terreno). Otro ejemplo se tiene en los radio enlaces de microondas (SHF o frecuencias >3GHz) en los que es imprescindible que haya visión directa para establecerse la comunicación (ver Figura 2.10)



Figura 2.10 Ondas Directas

b. Onda reflejada

Es la onda que llega al receptor después de reflejarse en la tierra (o mar). Sufre gran atenuación por la propia naturaleza del terreno y depende mucho de éste. En ocasiones favorece el establecimiento de la comunicación a largas distancias. Ver Figura 2.11.

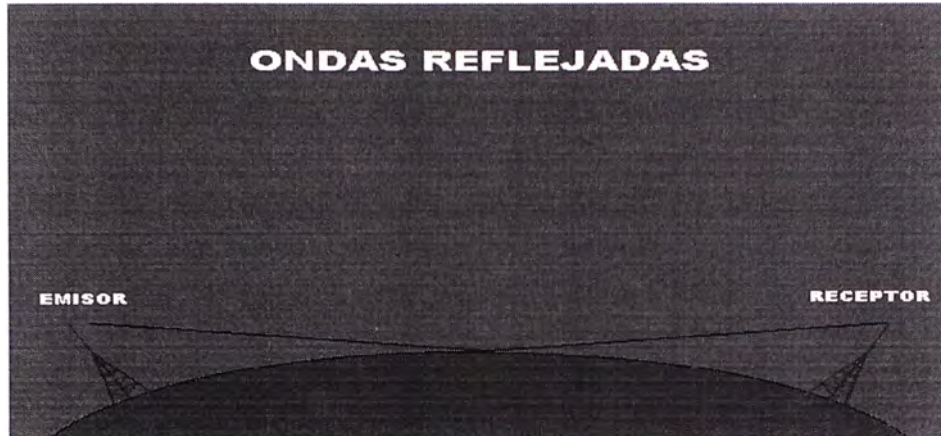


Figura 2.11 Ondas reflejadas

c. Refracción troposférica

Cuando una capa de aire frío se encuentra entre dos capas de aire caliente, puede ocurrir que la onda de refracte, esto es, que modifique su trayectoria. Ver Figura 2.12.



Figura 2.12 Refracción troposférica

d. Difracción (filo de la navaja)

Cuando entre el emisor y el receptor se encuentra una montaña o cordillera, puede ocurrir que las ondas modifiquen su trayectoria debido a la naturaleza del terreno (temperatura, humedad, etc.) consiguiéndose incluso, niveles de ganancia, en lugar de atenuaciones. Ver la Figura 2.13.

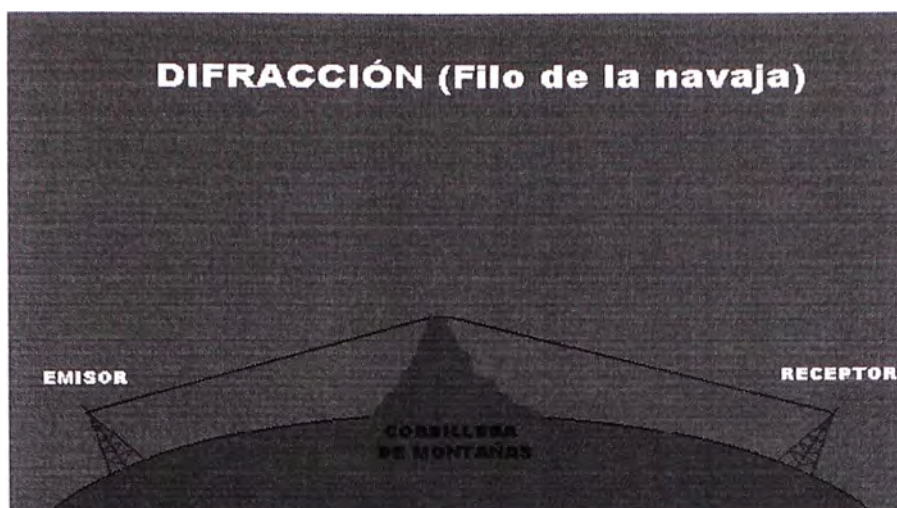


Figura 2.13 Difracción

Nota:

En el siguiente capítulo se describirá la metodología de la solución

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se describe la ingeniería del proyecto a modo de un resumen ejecutivo que permita la comprensión del mismo, pero apoyado en el marco teórico ya expuesto.

El presente capítulo se complementa con los anexos A, B, C Y E, según se describe a continuación:

- “Estaciones repetidoras, coordenadas y frecuencias”,
- “Diagramas de distribución y conectividad”.
- “Diagramas de cobertura”
- “Fotos de las instalaciones”

3.1 Antecedentes

El Ministerio de Relaciones Exteriores, deseaba contar con un "Sistema de de Comunicación Radial Digital" que sea considerada como una red alterna de comunicaciones, paralela a las redes de los operadores de telefonía celular y/o radio troncalizado digital, a fin de evitar la caída de las comunicaciones en casos de emergencia como ocurrió en el terremoto del 15 de agosto del 2007.

Con esta finalidad se evaluó los diversos sistemas que brindarían un servicio PMR desde distintos puntos de vista. El MRE optó finalmente por la solución basada en la tecnología Motorola, teniendo cómo principal componente de este sistema al MOTOTRBO, un sistema de radio digital de dos vías

3.2 MOTOTRBO

En esta sección se describirá el principal componente del SICORA. Se expondrá una descripción básica, sus principales ventajas, sus funciones avanzadas, y la conexión desde el sitio IP.

3.2.1 Descripción

MOTOTRBO es un sistema de radio de 2 vías digital, siendo la siguiente generación de radios para las comunicaciones profesionales. Se combina lo mejor de la tecnología digital con la calidad ya conocida de los sistema de radios Motorola ofreciendo de esta manera mayor capacidad, eficiencia en el espectro, mayor calidad de voz y una perfecta integración de voz y datos.

El MOTOTRBO es una solución de voz y datos integrados que incluye radios móviles y portátiles, accesorios de audio, repetidores y aplicaciones de localizaciones, mensajería de texto y telemetría.

La tecnología de radio digital MOTOTRBO entre otras cosas puede:

- Proveer una mejor señal para un funcionamiento amigable en relación con el usuario, y características avanzadas.
- Hacer posible una durabilidad de función más larga en la batería en el campo, por cuanto requiere menos energía de transmisión, dependiendo de los métodos específicos de transmisión y las tecnologías de administración de energía usada en el dispositivo.
- Hacer posible una privacidad flexible entre usuarios individuales y grupos, sin degradar la calidad de la voz o exigir la configuración de hardware adicional.
- Combinar la comunicación de voz y las aplicaciones inalámbricas de información en el mismo dispositivo, transformando literalmente la manera en la cual el personal logra hacer el trabajo.
- MOTOTRBO no solo funciona en modo digital para transmitir voz y datos sino que también puede soportar el modo analógico (uno a la vez) siendo compatible con la tecnología de radios analógicas. De esta manera la migración hacia digital puede hacer por fases, implementado primero la infraestructura y luego reemplazando su parque de radios existentes o viceversa. Ver Figura 3.1.



Figura 3.1 Equipamiento MOTOTRBO

3.2.2 Principales ventajas

Las principales ventajas del sistema MOTOTRBO y que serán descritas en esta sección son las siguientes:

- Calidad mejorada de audio.
- Reducción de ruido.
- Fácil migración - operación en ambos modos.
- Rastreo y localización mediante GPS.
- Mensajes de texto.

- Telemetría.
Privacidad integrada.
Mayor capacidad en los canales existentes.
- Accesorios IMPRESS.

a. Calidad mejorada de audio.

Cuando la fuerza de la señal disminuye con la distancia, la tecnología digital con corrección digital de errores puede transmitir tanto voz como datos con mayor precisión sobre un área mayor y sin virtualmente ninguna pérdida. Esto quiere decir que la calidad de la voz permanece casi constante de inicio a fin dentro del área de cobertura.

b. Reducción de ruido.

Así mismos los radios digitales cuentan con funciones que permiten reducir considerablemente el ruido y estática, y así transmitir lo realmente importante: la voz. Los radios MOTOTRBO permiten comunicaciones claras aun en los ambientes más ruidosos.

c. Fácil migración - operación en ambos modos.

Muchos negocios no se pueden permitir reemplazar totalmente una infraestructura analógica existente. La capacidad del sistema MOTOTRBO para funcionar tanto en el modo analógico como en el modo digital (uno por vez) permite una migración fácil y acorde al ritmo de crecimiento de su operación.

d. Rastreo y localización mediante GPS.

Los servicios de localización permiten ubicar a su personal y a sus vehículos al aprovechar la capacidad de datos MOTOTRBO. Asimismo, el software de servicios de localización MOTOTRBO permite que un computador muestre en mapas la ubicación de cada radio equipado con receptor GPS.

e. Mensajes de texto.

Los servicios de mensajes de texto permiten la comunicación en forma de texto entre radios y sistemas de despacho, entre radios y aparatos con capacidad para envío de correo electrónico, y hacia clientes remotos de PC acoplados a radios.

f. Telemetría.

Los radios MOTOTRBO cuentan con puertos que pueden ser interconectados a otros equipos de donde puede enviarse y recibir señales de telemetría que pueden permitirle monitorear o gestionar de manera básica. Estas aplicaciones tiene que ser desarrolladas de acorde a las necesidades de su operación y aplicación.

g. Privacidad integrada.

Los radios MOTOTRBO permiten realizar múltiples tipos de llamadas, entre las cuales están las llamadas privadas en donde solo los radios involucrados en el grupo privada podrán escuchar la conversación.

Así por ejemplo llamadas que solo deben ser recibidas por personal de dirección, no serán escuchados por otros usuarios así se encuentren en el mismo canal.

h. Mayor capacidad en los canales existentes.

El sistema MOTORBO reduce la saturación de su espectro al mismo tiempo que duplican la eficiencia de sus canales de repetición con licencia. El acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de dos segmentos permite que se realicen dos conversaciones simultáneamente dentro de un mismo canal de 12.5 KHz y con un solo repetidor. Así, un repetidor puede realizar el trabajo de dos, ahorrando en los costos de adquisición, instalación y mantenimiento de la infraestructura.

i. Accesorios IMPRESS

El sistema usa el Sistema de Energía Inteligente IMPRES™ para automatizar el mantenimiento de las baterías de los radios portátiles, optimizar su ciclo de vida y maximizar el tiempo de conversación. Así mismo el sistema IMPRES™ está presente en los accesorios de audio logrando así por ejemplo micrófonos inteligentes con sistema de control automático de ganancia AGC, que ofrecen mayores calidades de audio.

3.2.3 Funciones avanzadas de señalización digital

Gracias a la señalización digital de MOTOTRBO, se puede realizar las siguientes funcionalidades:

- Llamadas Privadas (uno-uno), Grupales (uno-algunos) o Generales (uno-todos).
- Monitoreo Remoto, permite que una radio pueda activar el micrófono de cualquier radio y escuchar lo que suceda alrededor de esta.
- Inhibición Selectiva, capacidad para que una radio administradora pueda deshabilitar o habilitar una radio del sistema.
- Verificación de radio, función que admite que una radio pueda verificar si una radio esta activa o apagada.
- Llamada de Alerta, envía una alerta de visual sonora de una radio hacia otra.

3.2.4 Conexión de sitio vía IP

El sistema de comunicación digital MOTOTRBO, permite de manera simple y eficiente crear redes de radiocomunicación de área extendida.

Dos sitios separados geográficamente pueden ser interconectados vía IP Y comportarse como un único canal de comunicación. El repetidor MOTOTRBO cuenta con un conector trasero IP (puerto de red), que permite realizar la Conexión de sitio IP. El sistema permite interconectar hasta 15 repetidoras. Pueden interconectarse las dos ranuras de cada repetidor ó solo una. Todas las capacidades del sistema digital pueden ser aplicadas en el área extendida. Ver Figura 3.2 y Figura 3.3.

Además de realizar un sistema de área extendida, interconectando las repetidoras vía

un enlace IP; MOTOTRBO, en digital, permite desarrollar la reutilización de frecuencias, debido a los "Códigos de Color", los cuales son una cabecera en la trama digital que diferencia a cada canal asignado a una repetidora. Ver Figura 3.4

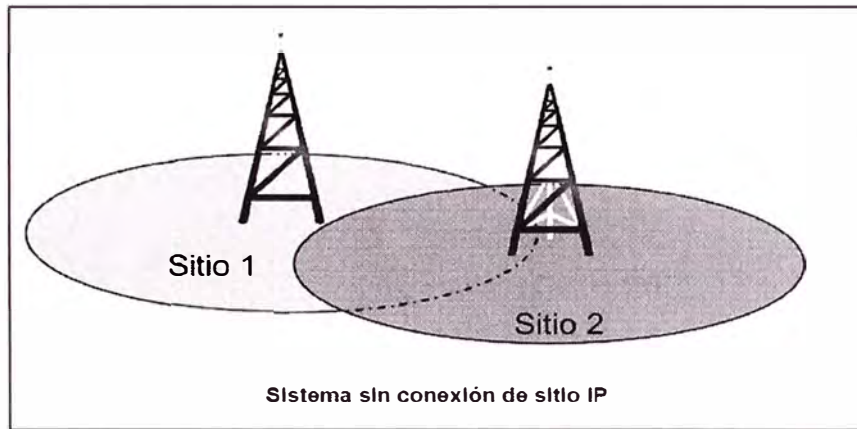


Figura 3.2 Sistema sin conexión

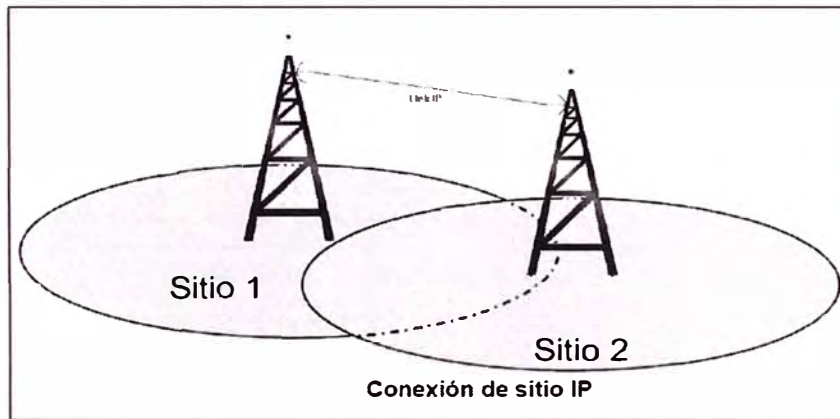


Figura 3.3 Conexión de sitio IP

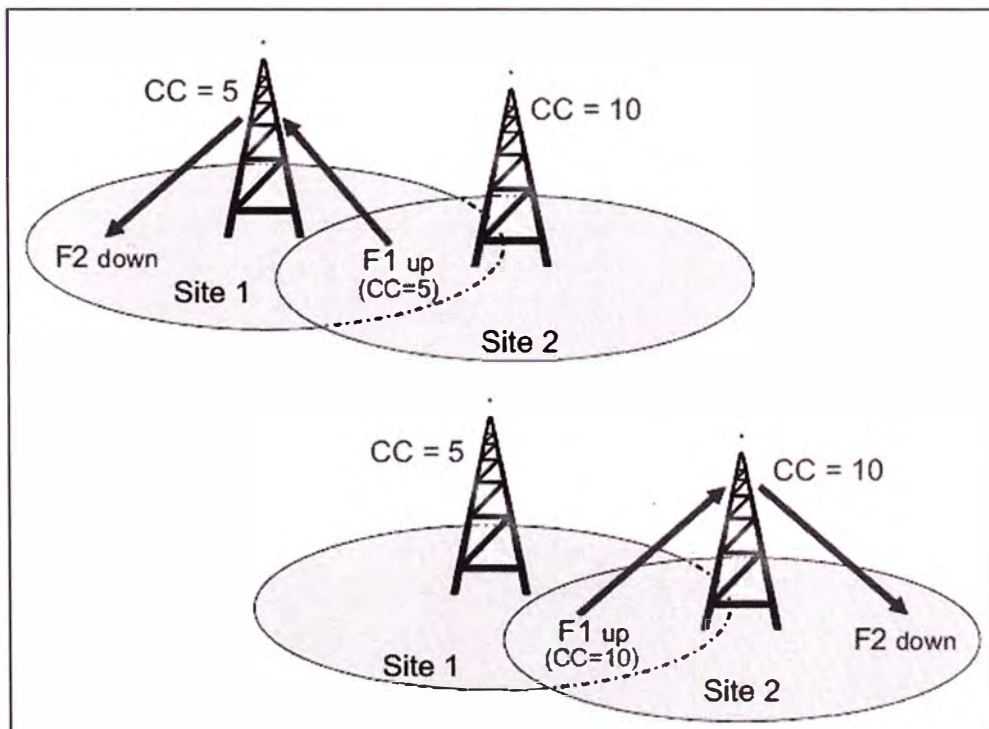


Figura 3.4 Ejemplo de dos estaciones de repetición utilizando la misma frecuencia, pero diferente "Código de Color"

3.3 Descripción de la solución

La solución cumple con los requerimientos del Ministerio de Relaciones Exteriores y está basada en la arquitectura del repetidor DGR6175. El repetidor DGR6175 es el núcleo de una configuración de sitio principal optimizado diseñado para sistemas MOTOTRBO.

3.3.1 EI SICORA

El SICORA es un sistema de radiocomunicación convencional digital fundada en la tecnología MOTOTRBO de Motorola. Los protocolos digitales usados por MOTOTRBO (desde codificación de voz y corrección adelantada de errores), hasta formación de la trama, codificación de transmisión, y transmisión con TDMA de dos intervalos) están totalmente especificados en la norma de DMR categoría 2 dictada por el ETSI, el cual constituye una norma reconocida internacionalmente mediante convenios entre sus miembros.

La principal aplicación del SICORA es la comunicación de voz. Los usuarios tienen este servicio en la modalidad halfduplex activada por el mecanismo del PTT de cada suscriptor. El sistema opera en la banda de VHF.

El criterio primordial para el diseño del sistema ha sido las características de propagación impuestas por la geografía, a fin de cubrir casi en su totalidad la ciudad de Lima. En los anexos A y C se muestra el "Diagrama de estaciones repetidoras, coordenadas y distribución de frecuencias" y los "Diagramas de cobertura", respectivamente.

SICORA posee una calidad de audio digital. La principal diferencia entre la cobertura analógica y digital es la manera como la calidad de audio se degrada a lo largo y ancho del área de cobertura. El audio analógico se degrada linealmente a lo largo y ancho del área de cobertura, mientras que el audio digital ofrece una mayor uniformidad en la misma región de cobertura.

Una de las razones fundamentales de estas diferencias de degradación es el uso de la codificación con corrección adelantada de errores que se emplea en las transmisiones digitales, la cual permite reproducir con precisión tanto el contenido de audio como de datos prácticamente sin pérdidas. Es esta protección de errores la que permite al sistema MOTOTRBO brindar una calidad de audio uniforme a lo largo y ancho del área. Un sistema analógico comparable nunca podrá ofrecer este nivel de uniformidad. En el sistema MOTOTRBO, la calidad de audio permanece en un nivel alto, puesto que la protección de errores minimiza el efecto ruido. Cada repetidora proporciona dos canales de radio digital. La solución cuenta con 4 canales de radio, de área extendida, para un tráfico de 60 suscriptores. El sistema consta de los siguientes ítems:

a. Estaciones repetidoras

Encargadas de recibir las transmisiones de las unidades de radio (móviles y portátiles) para retransmitirlas a mayor potencia. Esto con el fin de obtener un área de cobertura extensa, para poder cubrir toda el área geográfica de la ciudad.

El diseño abarca cinco estaciones repetidoras, cada una con un equipo repetidor DGR6175. Cada repetidora cuenta con un duplexor, una línea de transmisión de baja pérdida (cable coaxial LMR600) y una antena de 7dBd de ganancia omnidireccional.

Las estaciones de repetidoras están unidas mediante un enlace inalámbrico de datos en la banda de 5.7 Ghz. Para este fin se utilizan equipos Canopy – MOTOROLA de 20Mbps. Esto con el fin de realizar un “sistema de área extendida”. Los equipos Canopy permiten extender una red de datos local, LAN, de manera inalámbrica hasta distancias alrededor de los 60km, permitiendo el traslado de cualquier aplicación de datos, ya sea voz, video o datos (en el caso de este sistema voz) entre dos puntos lejanos. Esta configuración de radiofrecuencia permite lograr una cobertura radial según estudio de propagación anexo. Se muestran las coordenadas de los emplazamientos en Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Emplazamiento de estaciones repetidoras

Estación repetidora	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Morro Solar	12° 10' 57.0" S	077° 01' 43.0" O
La Molina	12° 03' 55.0" S	076° 56' 17.5" O
Local MRE	12° 02' 54.8" S	077° 01' 48.2" O
Lince (MG Trading)	12° 05' 14.1" S	077° 02' 35.0" O
Aeropuerto	11° 59' 00.1" S	077° 06' 00.2" O

En cada estación repetidora están instalados:

- 01 repetidora digital VHF modelo MOTOTRBO DGR 6175, encargada de retransmitir las comunicaciones de radio a mayor potencia con el fin de ampliar la cobertura.
- 01 duplexor de 6 cavidades 50Watt – SYSCOM, el duplexor permitirá unir las etapas de transmisión y recepción de la repetidora en una sola antena de Tx y Rx.
- 01 antena base VHF de 7db y 150W – HUSTLER, su función es irradiar de manera omnidireccional la señal de radio.
- 50m de Cable coaxial LMR600 – TIMES, es el medio por el cual la repetidora se interconecta con la antenna base.
- 01 enlace de datos Canopy 20 Mbps, cada repetidora cuenta con un puerto de red, aquí se conecta el equipo Canopy para transportar las comunicaciones de voz que pasan por esta repetidora, enviándola hacia las otras. Esto con el fin de tener un sistema de área extendida. La Tabla 3.2 muestra la relación de enlaces.
- Torres de 30m de altura, aquí se instalan las antenas base y los equipos Canopy (antena parabólica), con el fin de ganar altura y tener mayor cobertura de irradiación.

Tabla 3.2 Enlaces de estaciones repetidoras mediante Canopy

Enlace	Equipo
Morro Solar – Lince	Canopy PTP100 @ 20 Mbps
La Molina – Lince	Canopy PTP100 @ 20 Mbps
Lince – MRE	Canopy PTP100 @ 20 Mbps
Aeropuerto – Morro	Canopy PTP100 @ 20 Mbps

Un mayor detalle de los datos contenidos en las tablas antes mostradas son mostrados en el Anexo A.

b. Terminales de radio portátil digital

Para el SICORA se utilizan los siguientes equipos:

- 56 unid. De Radio Portátil con Pantalla, Teclado / sin GPS
- 04 unid. De radio Portátil con Pantalla, Teclado y GPS

c. Centro de control y monitoreo

Es el área encargada de la administración, gestión y control de operaciones del personal de MRE. Debido a la importancia de las funciones de este, el SICORA incluye los aplicativos de:

- Software de localización.- para monitorear las ubicaciones de las unidades de radio que cuenten con GPS.
- Software de grabación de llamadas.- Permite realizar grabaciones de todas las comunicaciones de grupo que se realicen en cualquiera de los 4 canales de voz.

Estos aplicativos funcionan bajo la arquitectura cliente - servidor. El aplicativo servidor está instalado en la central de datos (Data Center) del local del MRE, mientras que el aplicativo cliente, en el cual se reproducirá las grabaciones y la locación de las unidades en un mapa de la ciudad de Lima, será ubicado en la posición del despachador.

Adicionalmente se ha implementado una interconexión análogo – digital, con el fin de integrar el SICORA con el sistema analógico actual.

En el Centro de Control cuenta con el siguiente equipamiento:

- 01 Sistema de localización
- 01 Sistema de grabación de llamadas
- 01 Gateway de interconexión análogo - digital
- 01 Servidor para el sistema de localización y mensajería
- 01 Servidor para el sistema de grabación de llamadas
- 01 Radio Base MOTOTRBO Digital DGM 6100 –MOTOROLA (Para el despachador)

3.3.2 Descripción de los elementos del sistema

En esta sección se describen los elementos del sistema: 1) La repetidora digital MOTOTRBO DGR6175; 2) El enlace inalámbrico de banda ancha Capony 5.7 Ghz MOTOROLA; 3) La radio portátil digital MOTOTRBO DGP6150; 4) El Centro de Control.

Para mayor detalle, el Anexo B muestra los diagramas de distribución y conectividad en cada estación repetidora. El Anexo E muestra fotos de las estaciones repetidoras.

a. Repetidora digital MOTOTRBO DGR6175

La repetidora convencional DIGITAL cuenta con las siguientes características:

- Ciclo de trabajo continuo del 100%
- Potencia de transmisión de 45Watt
- Capacidad de Trabajar con dos comunicaciones simultaneas de voz o datos en 25Khz de canal (Sólo en Digital)

Permita aplicaciones incluyendo servicio de mensajes de texto y servicio de localización y rastreo mediante GPS.

- Fuente de alimentación integrada
- Funciona en modo analógico o digital

Los indicadores LEDs muestran claramente los modos de transmisión y recepción

- Montaje en pared o en gabinete rack de 19"
- Configuración amigable con software de programación para Windows
- Interfaz de programación hacia la PC vía USB
- Rango de Temperatura de -30°C a + 60°C.

b. Enlace Inalámbrico de Banda Ancha Capony 5.7 Ghz MOTOROLA

Cuenta con las siguientes características:

- Signaling Rate 20Mbps
- Rango máximo con Línea de Vista, 56 Km
- Throughput agregado 14Mbps
- Banda de Frecuencia ISM 5725-5850 MHz
- Número de canales NO TRASLAPADOS, 6
- Ancho de banda de canal 20Mhz
- Encriptación DES
- Ganancia de antena 7db, Ganancia de Reflector 18db, GANACIA TOTAL SISTEMA DE ANTENA=25db
- Tiempo promedio entre fallas 40 años
- Método de acceso TDD
- Interfaz 10/100 Base T, half/full duplex. Rate autonegociable (802.3 compliant)
- Protocolos IPV4, UDP, TCP, ICMP, Telnet, HTTP, FTP, SNMP

c. Radio portátil digital MOTOTRBO DGP6150

El radio portátil digital MOTOTRBO cuenta con las siguientes características:

- Radio Portátil con clasificación IP57, con pantalla, Con o Sin GPS
- Antena con clasificación IP57
- Cargador individual IMPRES
- Batería IMPRES de Li-ion, 1500 mAh con clasificación IP57
- Cargador IMPRES (cargador inteligente)
- Con Display alfanumérico para visualización de funciones
- Interfaz flexible a través de menús y con iconos fáciles de entender
- Indicador LED Tricolor
- Botón de Emergencia
- Conector para accesorios
- Con GPS integrado
- Botones de navegación grandes y fáciles de utilizar
- Clasificación IP57 para sumersión
- Potente parlante frontal
- Dos botones programables en el frente y tres en la parte lateral
- Botón PTT grande y con textura
- Tecnología TDMA
- Potencia de Transmisión 5.0 Watts VHF
- Selector de Frecuencia Canalizado y programable solo por software
- 02 Niveles de Potencia, alto y bajo
- Alerta de Emergencia
- Rastreo con prioridad
- Cumple Normas Militares MIL-STD 810 C,D,E
- Menú para indicación de contactos, rastreo, mensajes, registro de llamadas y herramientas
- Banda de Tx y Rx de 136 Mhz a 174 Mhz
- Capacidad de poder hacer llamadas privadas individuales, o llamadas públicas de grupo o llamadas privadas de grupo
- Capacidad de poder decodificar Call Inhibit
- Capacidad Dual analógico y/o digital
- Equipo con Capacidad Dual, se puede programar un canal analógico y uno Digital
- Programable con software bajo Windows
- Cable de Programación con Interfaz USB

d. Centro de control

El Centro de Control cuenta con un software de localización, para poder monitorear

las ubicaciones de las unidades de radio que cuenten con GPS; y un software de grabación, el cual registrará todas las comunicaciones realizadas en el canal de radio.

El equipamiento para el centro de control es el siguiente:

Software de Localización

- Software de Reproducción de Grabación de audio
- Radio Base con micrófono

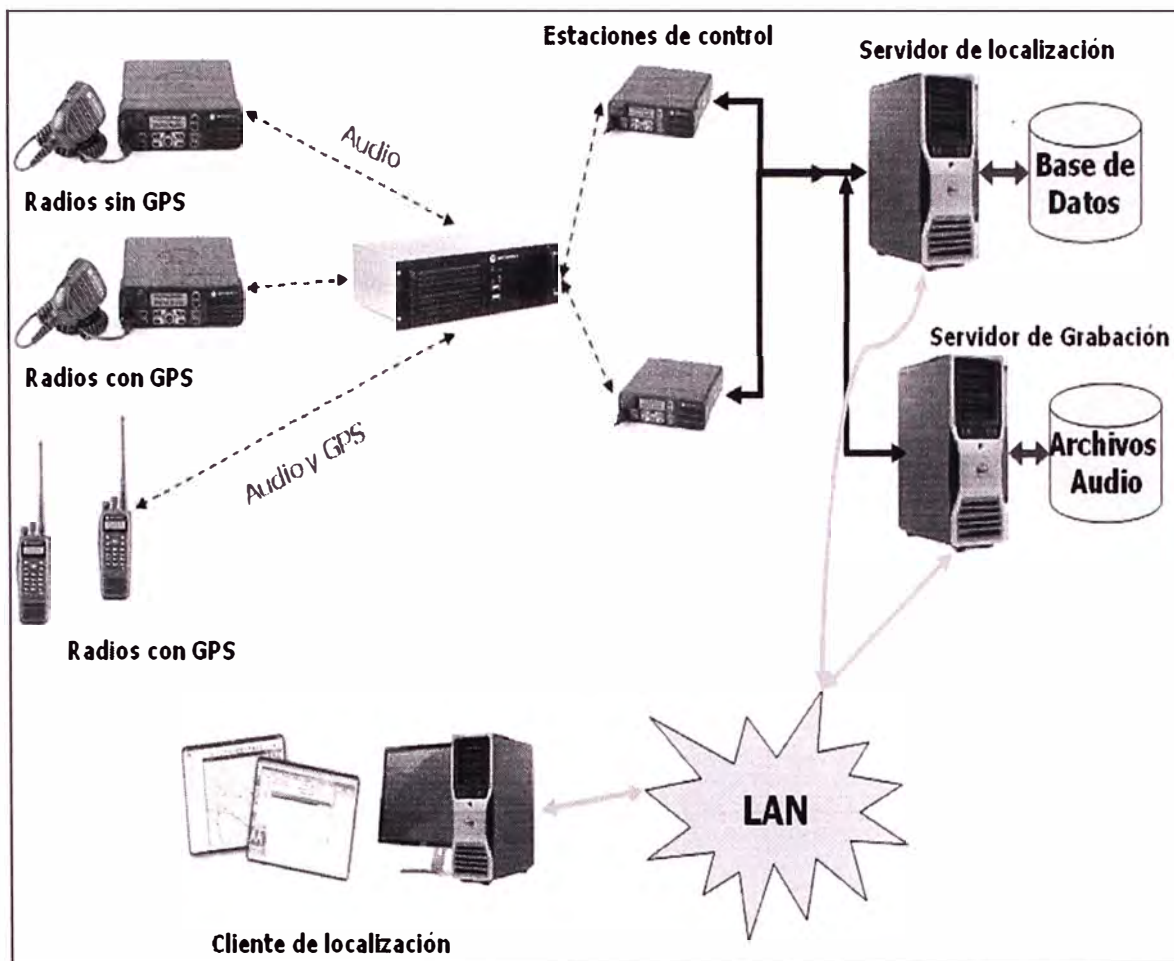


Figura 3.5 Ejemplo de Arquitectura de Sistema de Localización y Grabación

A continuación se detalla las características más resaltantes de las aplicaciones: Un ejemplo de estas facilidades se muestran en la Figura 3.5.

d.1 Características del software de localización

- Operación del mapa, zoom, movimientos, capas, etc.
- Visualización de Emergencias, cuando un usuario presiona el botón de emergencias aparecerá en el mapa.
- Registro de Ocurrencias, todas las ocurrencias como emergencias quedarán registradas para su posterior análisis.
- Fronteras para el personal a monitorear
- Reportes
- Historial del Recorrido, muestra el histórico del recorrido de cada radio.

d.2 Características del sistema de grabación

Permite almacenar las comunicaciones de los canales de radio. Algunas características son:

- Almacena el audio en formato comercial. Por ejemplo wav.
- Búsqueda por canal, fecha y hora de inicio, duración, radio, etc.
- Arquitectura cliente – servidor

Nota:

En el siguiente capítulo se describirán los aspectos correspondientes al cronograma de los trabajos y la estimación de costos.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se tocan los temas involucrados al presupuesto y al cronograma del proyecto de ingeniería.

4.1 Relación de equipamiento

En las Tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4, se muestran el listado de equipos, así como el de terminales y aplicativos utilizados en el SICORA.

Tabla 4.1 Listado de equipos por estación repetidora

Item	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Torre Ventada de 30 metros de 40x40cm (dependiendo del sitio de repetición), incluido vientos, templadores, anclajes e accesorios de instalación.	unidad	1
2	Repetidora Mototrbo DGR6175 CYPHER HP VHF 45W	unidad	1
3	Duplexor Syscom VHF de 6 cavidades	unidad	1
4	Antena Hustler, modelo G7 - 136, VHF	unidad	1
5	Brazo de soporte para antena Hustler	unidad	1
6	Cable coaxial Times LMR 400	metro	50
7	Conectores Times tipo N macho para cable LMR 600	unidad	2
8	Jumper's de interconexión repetidora - duplexor	unidad	2
9	Accesorios de Instalación varios	paquete	1

Tabla 4.2 Listado de equipos por Radioenlace

Item	Descripción	Unidad	Cantidad
11	Radio enlace Canopy 5.8 Ghz @ 20 Mbps	Unidad	2
12	Power Suply para canopy 20Mbps	Unidad	2
13	Surge supressor	Unidad	2
14	Cable UTP CAT 5e apantallado	Metro	100

Tabla 4.3 Terminales de equipos radio

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
15	Radio Portátil DGP6150 con teclado pantalla y GPS	unidad	4
16	Radio Portátil DGP6150 con teclado sin GPS	unidad	56
17	Radio Base DG6100 con pantalla sin GPS	unidad	1

Tabla 4.4 Listado de aplicativos

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
	<u>Servidor de Localización</u>		
18	Servidor para Software de Localización y Mensajería	unidad	1
19	Interfaz de radio para servidor	unidad	1
20	Cable de interconexión Radio - Servidor	unidad	1
21	Paquete combinado de Software SERVIDOR de Localización y Mensajería de Texto	unidad	1
	<u>Servidor de grabación</u>		
22	Servidor para Sistema de Grabación de llamadas	unidad	1
23	Software de Grabación para sistema MOTOTRBO	unidad	1
24	interfaz de radio para servidor	unidad	1
25	Cable de interconexión Radio - Servidor	unidad	2
26	Interconexión sistema análogo digital	unidad	1
	<u>Software cliente de localización y grabación de llamadas</u>		
27	Software Cliente de Localización, Grabación y Mensajería de texto (Para ser instalado en una PC en el Centro de Control)	unidad	1
28	Mapa Georeferenciado de la ciudad de Lima	unidad	1

4.2 Estimación de costos

Los costos para el SICORA fueron organizados de la siguiente manera:

- costos de adquisición de los equipos;
- costos de Instalación y puesta en marcha;
- costos de soporte técnico y de alquiler de las locaciones (sólo cuatro locaciones consideradas).

El costo de implementación del sistema de comunicación radial digital de área extendida para el MRE, incluyendo el soporte técnico y el alquiler de locaciones por dos años, son descritos en las Tablas 4.5, 4.6 y 4.7, nombradas de la manera siguiente:

- Estación repetidora
- Terminales radiales
- Centro de control y soporte técnico

Tabla 4.5 Estación repetidora

N°	Descripción	Cant.	Descripción	Marca Modelo	Precio Unitario Soles	Precio Total Soles
1	Repetidora	5 Unidades	Equipo que trasmite en VHF con 45 watts y recibe en VHF	Motorola Mototrbo DGR6175 CYPHER HP VHF 45W	11,700.00	58,500.00
2	Duplexor Syscom VHF DE 6 cavidades	5 Unidades	Equipo que unifica en una misma antena, las etapas de Rx y Tx		980.00	4,900.00
3	Antena VHF	5 Unidades		Hustler G7-1	852.68	4,263.40
4	Radio Enlace	4 Unidades		Motorola Canopy 5.8 Ghz@20 Mbps	15,415.26	61,661.04
	Incluye Fuente de poder, cables y accesorios					

Tabla 4.6 Terminales radiales

N°	Descripción	Cant.	Descripción	Marca Modelo	Precio Unitario Soles	Precio Total Soles
5	Radio Portatil con teclado pantalla y GPS. Incluye bateria cargador y accesorios	4 Unidades	Equipo que trasmite en VHF con 5 watts y recibe en VHF con facilidad de GPS	Motorola DGP6150	2,930.00	11,720.00
6	Radio Portatil con teclado sin GPS. Incluye bateria cargador y accesorios	56 Unidades	Equipo que trasmite en VHF con 5 watts y recibe en VHF	Motorola DGP6150	2,720.00	152,320.00
7	Radio Base. Incluye antena y fuente de poder	1 Unidades	Equipo que trasmite en VHF con 5 watts y recibe en VHF	Motorola DGM6100	3,883.23	3,883.23

Tabla 4.7 Centro de control y soporte técnico

N°	Descripción	Cant.	Descripción	Precio Unitario Soles	Precio Total Soles
8	Software de Localización, mensajería, para el servidor. Incluye interfaz con radial y cables de interconexión	1 Unidad		13,500.00	13,500.00
9	Software de Grabación para sistema para servidor. Incluye interfaz radial	1 Unidad		13,500.00	13,500.00
10	Software Cliente de localización, grabación y mensajería de texto	1 Unidad	(Para ser instalado en una PC en el Centro de Control) Unidad	9,700.00	9,700.00
11	Mapa Georeferenciado de la ciudad de Lima	1 Unidad		3,981.34	3,981.34
	Soporte Técnico				
12	Soporte Técnico de la solución de 5 puntos de repetición. Incluye alojamiento de los equipos en las sedes	1		152,088.00	152,088.00

Dando un total de S/. 490,017.01

4.3 Cronograma

La siguiente tabla (Tabla 4.8) es un resumen del diagrama de Gantt, el cual es mostrado en detalle el Anexo D.

Tabla 4.8 Diagrama de tiempos para la diseño y implementación

ACTIVIDADES / TIEMPO EN PERIODOS DE 15 DÍAS	1	2	3	4	5	6
Procesos de inicio del SICORA	X					
Proceso de planeamiento	X	X				
Instalación del sistema			X	X		
Pruebas de cobertura					X	
Procesos de control					X	X
Finalización del proyecto						X

Nota:

En el siguiente capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones relacionadas con presente trabajo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El presente informe abarca el diseño de una Red de Comunicación Radial Digital de Área Extendida para el Ministerio de Relaciones Exteriores - (SICORA), basada en el estándar DMR, de marca Motorola. Aunque una solución basada en el estándar TETRA es más robusta, por los servicios de troncalización y seguridad que ofrece, se seleccionó el basado en el estándar DMR por ser más económica.
2. Por una cuestión de restricción presupuestal, no se dotaron de sistemas de energía ininterrumpida al SICORA. Se ha considerado proveer de ello para el año 2010.
3. El SICORA, fue inicialmente concebido para sesenta (60) usuarios, sabiendo que la infraestructura de comunicaciones que se estaba adquiriendo podía soportar muchos terminales adicionales. En este sentido, se adicionarán cien (100) terminales en el transcurso del año 2010.
4. El SICORA se comporta de manera cotidiana como un sistema de comunicación utilizado para atender los eventos oficiales que organiza el Ministerio de Relaciones Exteriores, pero también se comporta como un sistema de comunicaciones de emergencia, dado que ante el colapso de las comunicaciones, por ejemplo ante un terremoto, este sistema servirá como un medio de comunicación entre las diferentes dependencias del Ministerio con una cobertura a nivel de Lima Metropolitana.
5. El funcionamiento del SICORA requiere de preferencia la asignación de un par de frecuencias por locación, una frecuencia utilizada para la recepción y la otra para la transmisión, separadas entre ellas, 5 Mhz, con lo cual ha sido necesario para su implementación, tramitar ante el MTC de cinco pares de frecuencia en VHF. Si fuera necesario implementar una locación adicional, se tendrá que tramitar de preferencia la asignación de un par de frecuencias adicionales. En el caso que no fuese posible ello, se podrá utilizar las mismas frecuencias en locaciones distantes esperando que la cobertura de estos repetidores no se traslapen entre ellas.
6. El costo total del SICORA, incluye la adquisición de equipos, así como por el soporte técnico y alquiler de locaciones por dos años.

Recomendaciones

1. Se recomienda dotar a cada una de las locaciones del SICORA, de un sistema de energía ininterrumpida, de manera que ante el corte de la energía eléctrica, el sistema en su conjunto siga operando sin problemas. Esto se podrá realizar adicionando un banco de baterías a cada locación dado que los equipos permiten trabajar con 12 VDC.
2. Dado que la infraestructura existente así como la cobertura del SICORA es un hecho concreto en la actualidad, se sugiere al Ministerio que proponga a otras instituciones del estado, trabajar coordinadamente con el MRE a fin de que éstas aprovechen la infraestructura de comunicaciones ya montada, con el beneficio mutuo, tanto para el MRE así como para la institución invitada. Por ejemplo, la institución invitada podría montar una segunda red de repetidores utilizando las mismas locaciones, o de lo contrario, podría incrementar la cantidad de locaciones, ambos casos con cargo a la institución invitada, de manera que las facilidades y/o cobertura de la solución de comunicaciones final sea mejor que la inicial. Esto se haría firmando convenio entre ambas instituciones.

ANEXO A
ESTACIONES REPETIDORAS,
COORDENADAS Y FRECUENCIAS

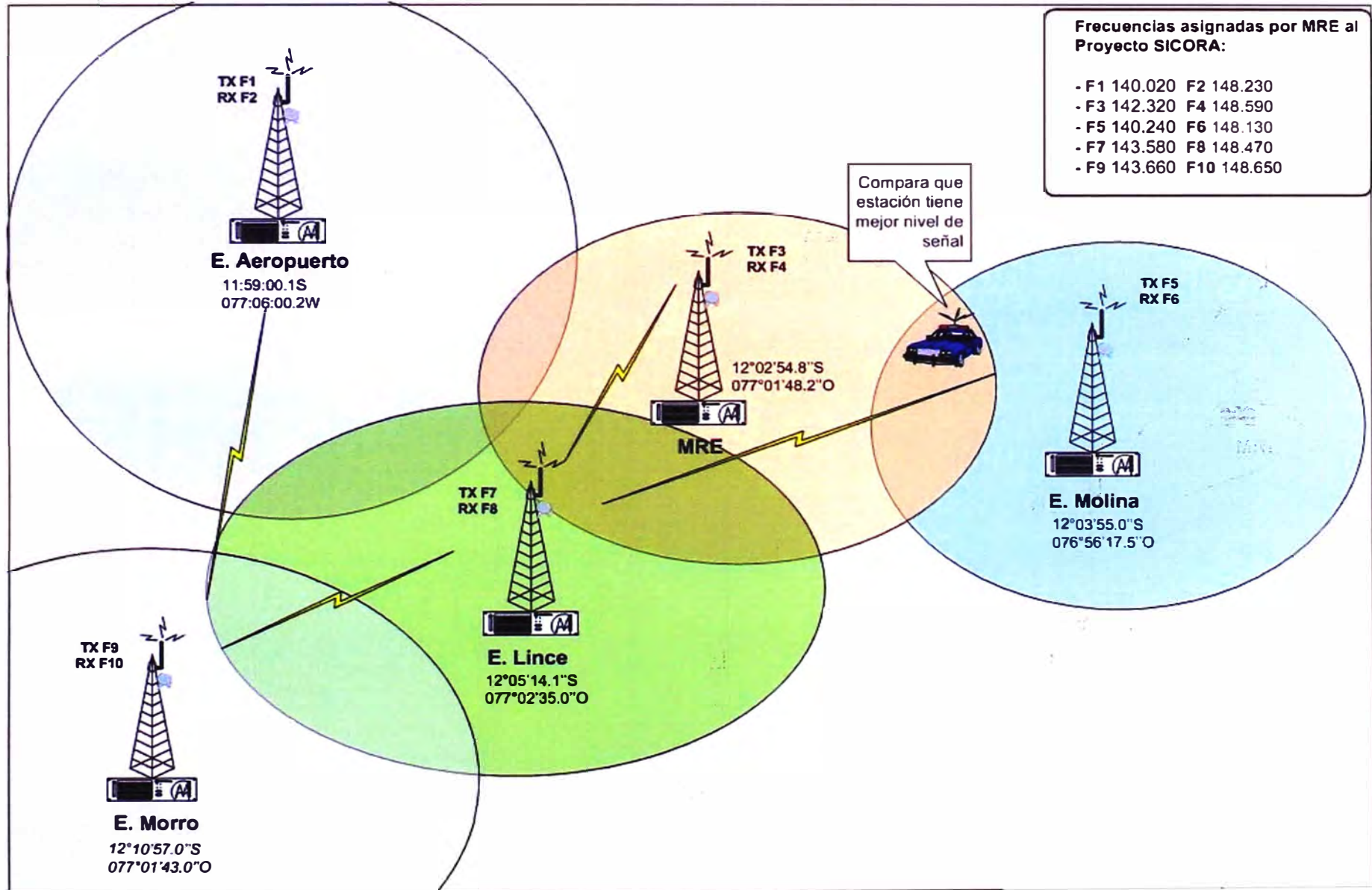


Figura A.1 Diagrama de estaciones repetidoras, coordenadas y distribución de frecuencias

ANEXO B
DIAGRAMAS DE DISTRIBUCIÓN Y CONECTIVIDAD

DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS MINISTERIO RR.EE

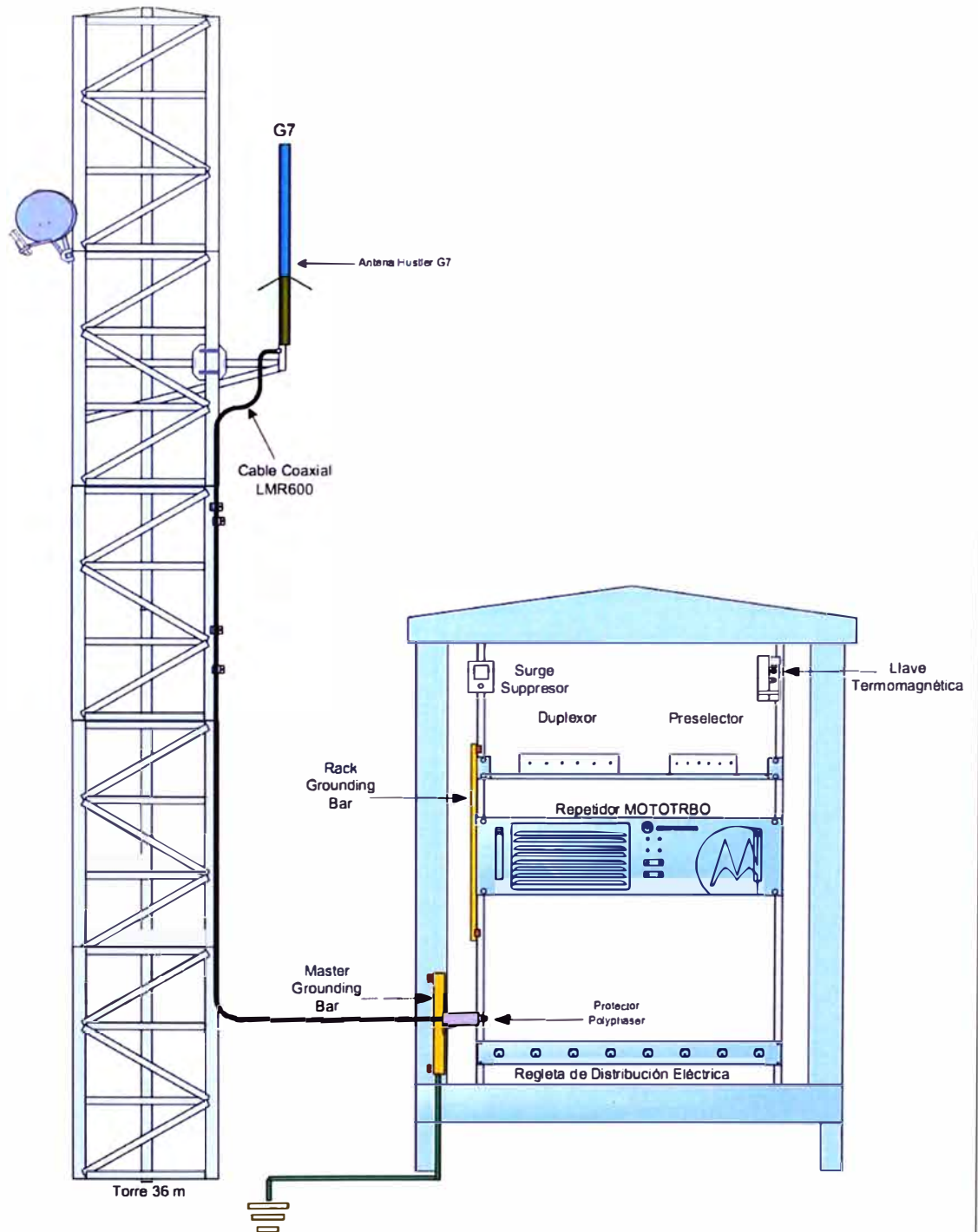


Figura B.1 Diagrama de distribución de equipos. Ministerio RR.EE

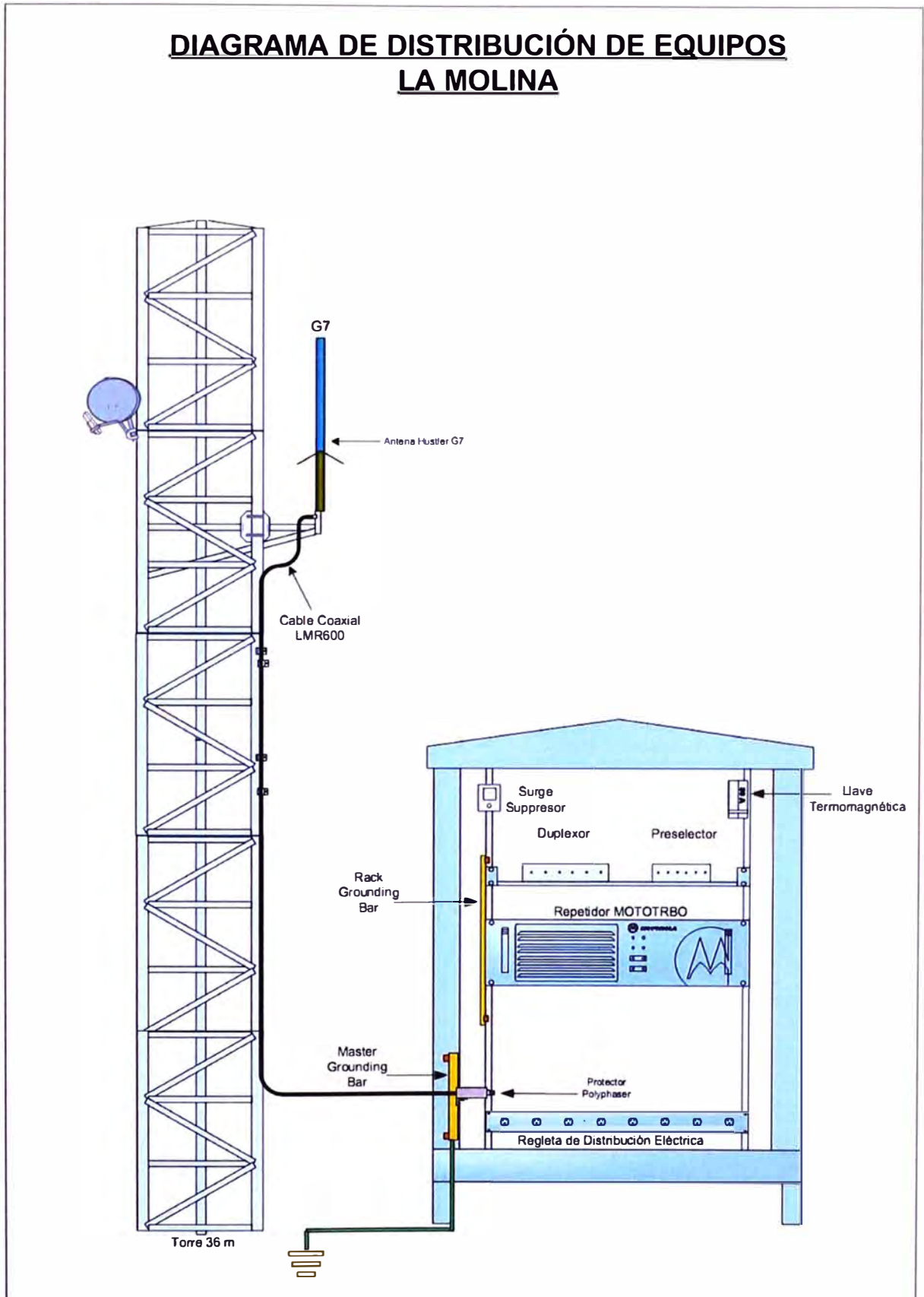


Figura B.3 Diagrama de distribución de equipos. La Molina

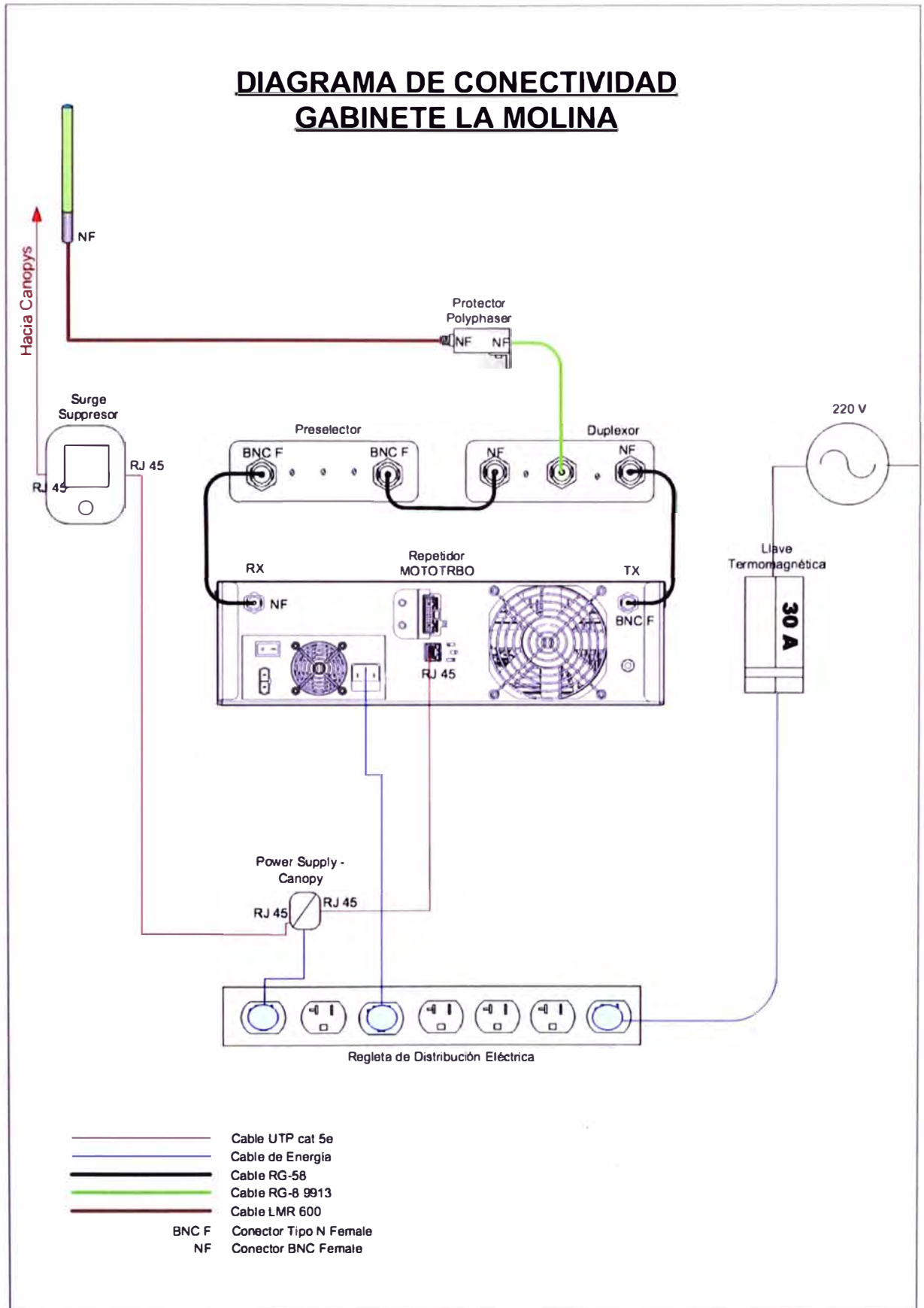


Figura B.4 Diagrama de conectividad. Gabinete La Molina.

DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS LINCE

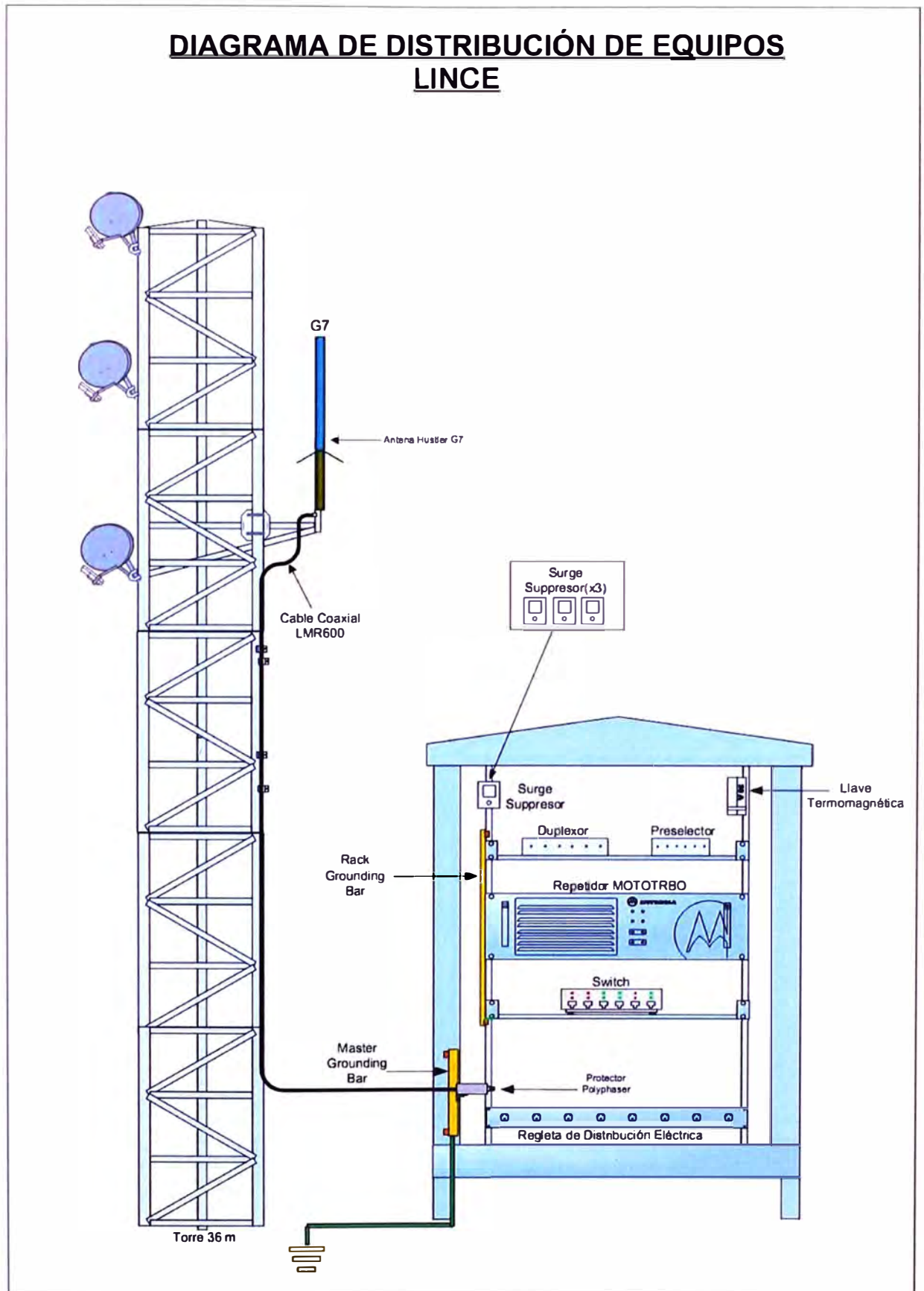


Figura B.5 Diagrama de distribución de equipos. LinCe

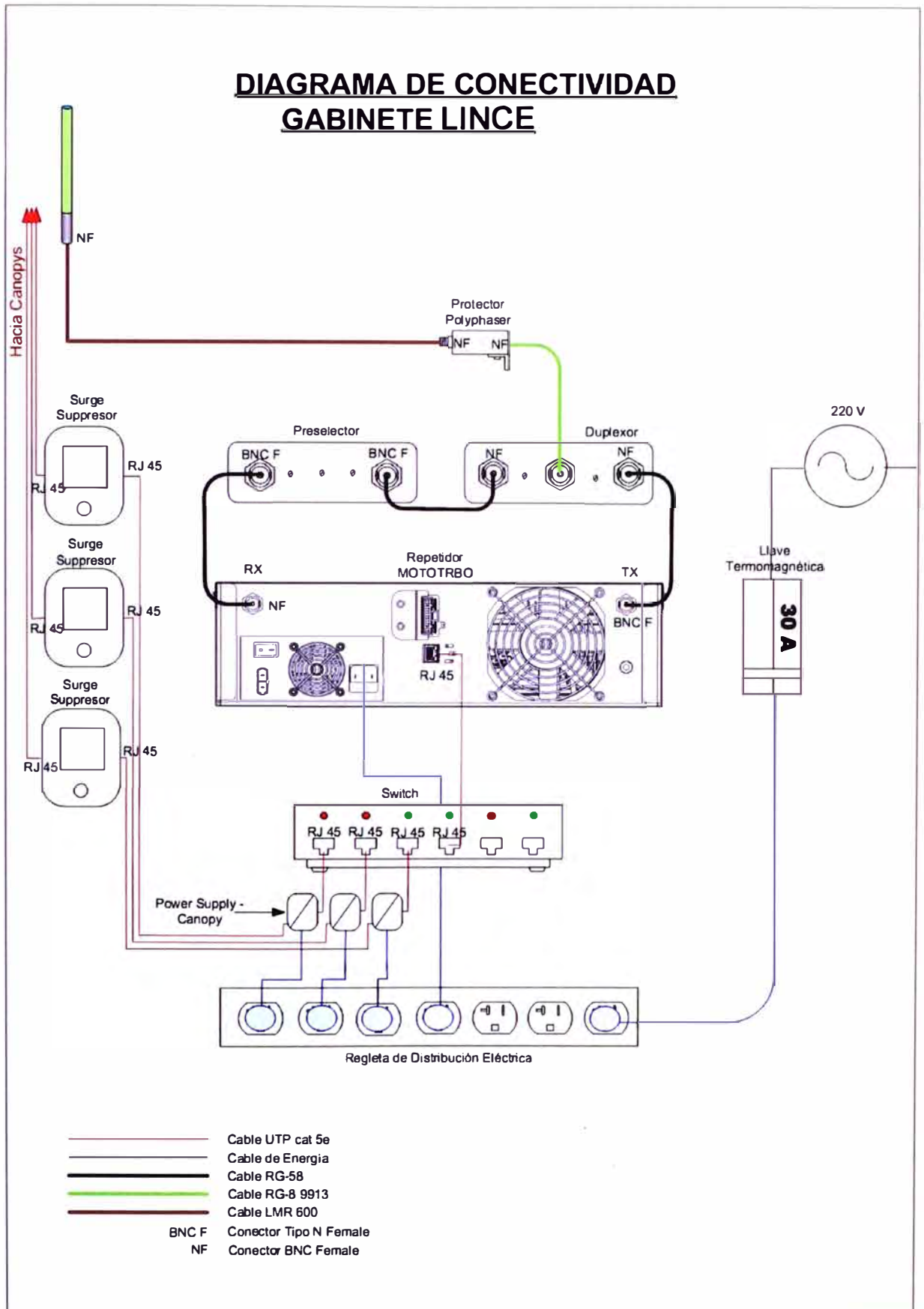


Figura B.6 Diagrama de conectividad. Gabinete Lince.

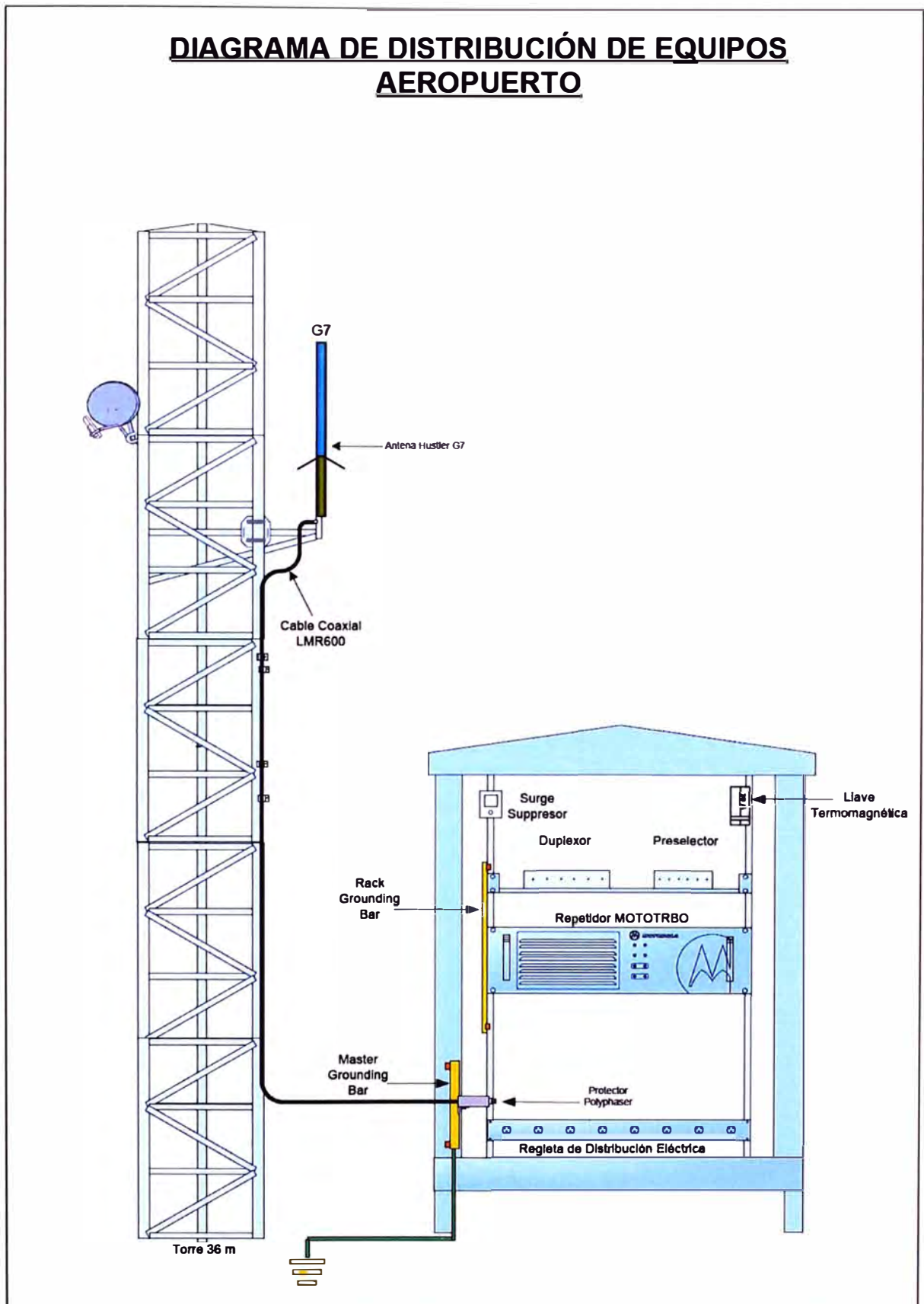


Figura B.7 Diagrama de distribución de equipos. Aeropuerto.

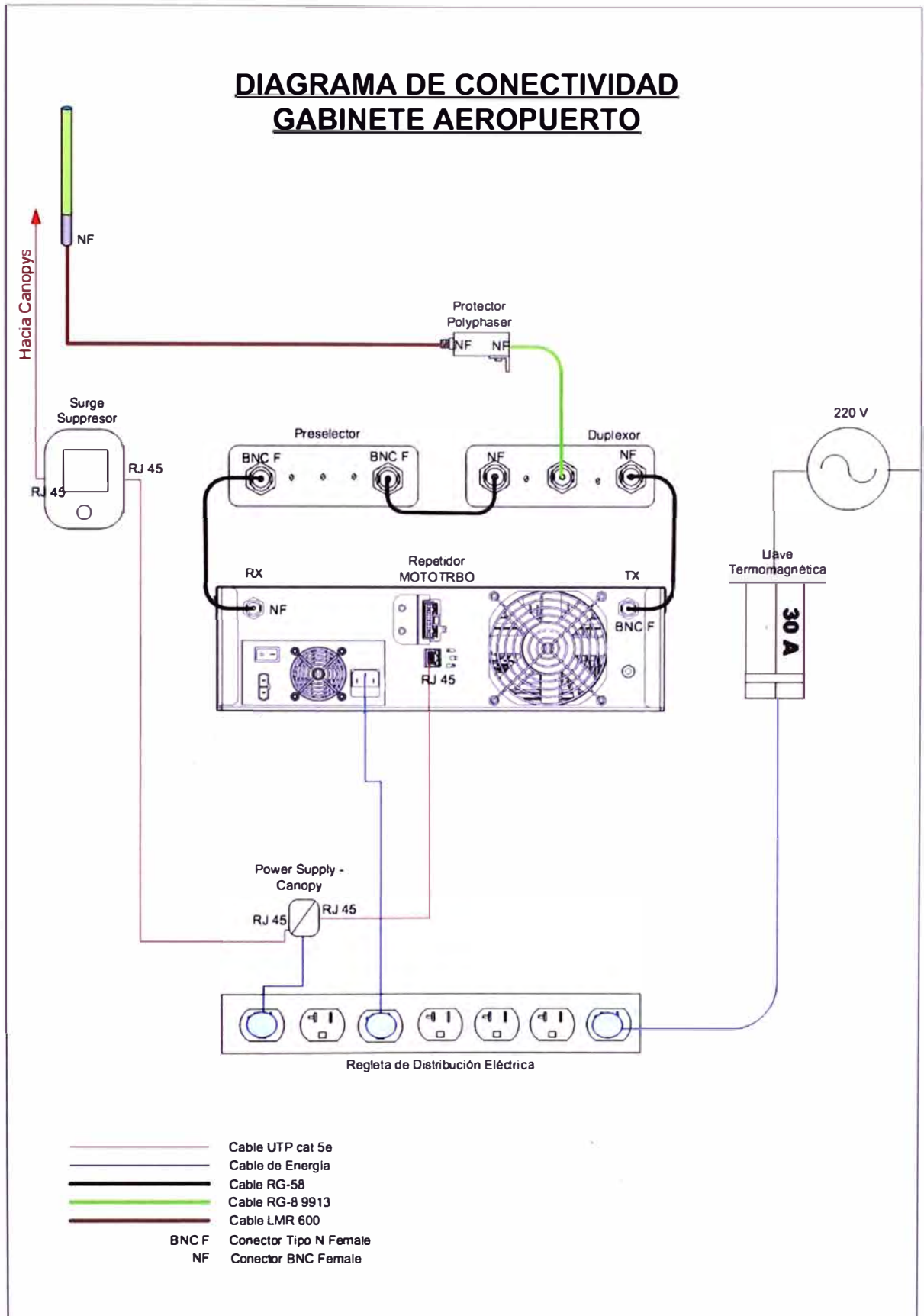


Figura B.8 Diagrama de conectividad. Gabinete Aeropuerto.

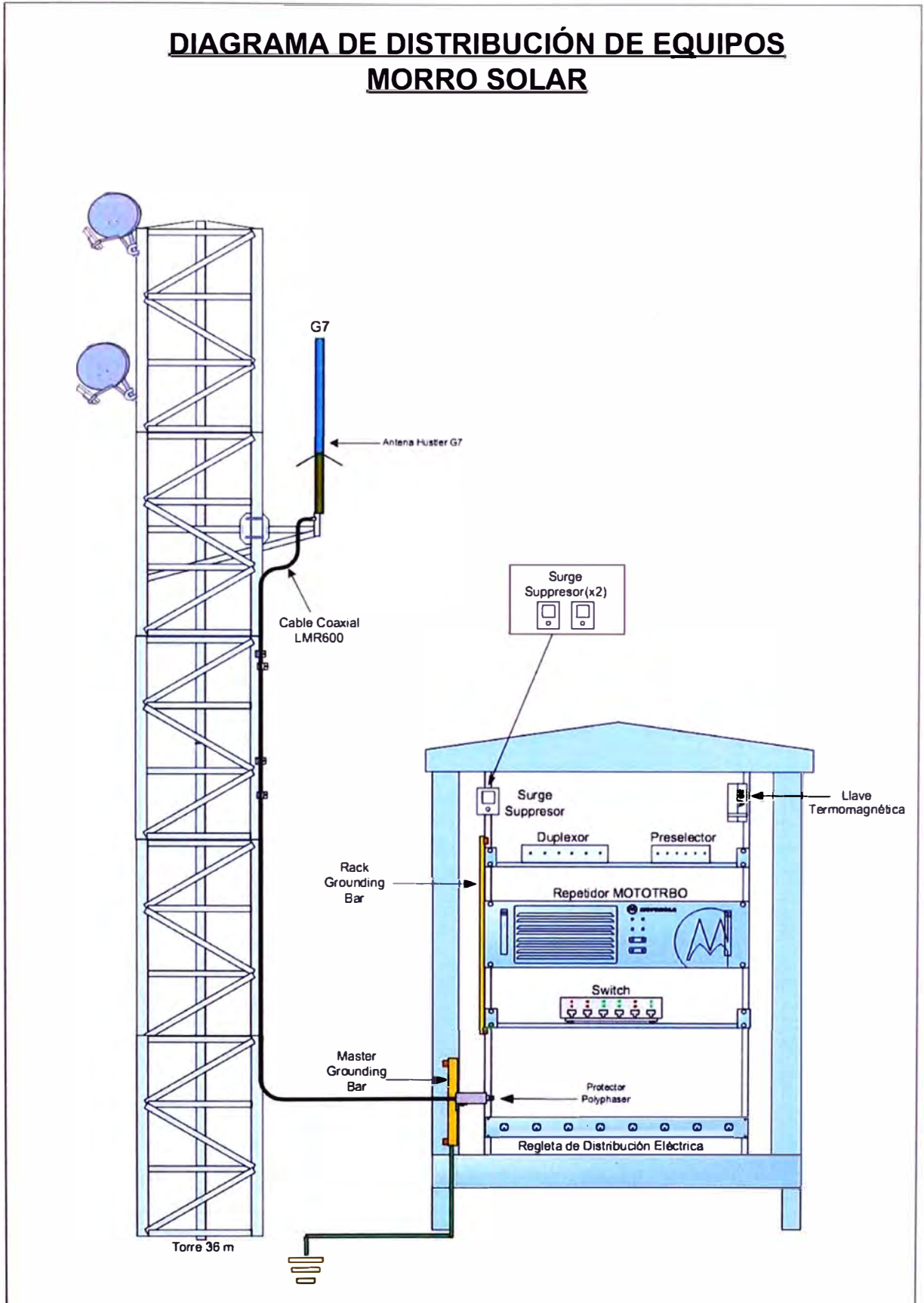


Figura B.9 Diagrama de distribución de equipos. Morro Solar.

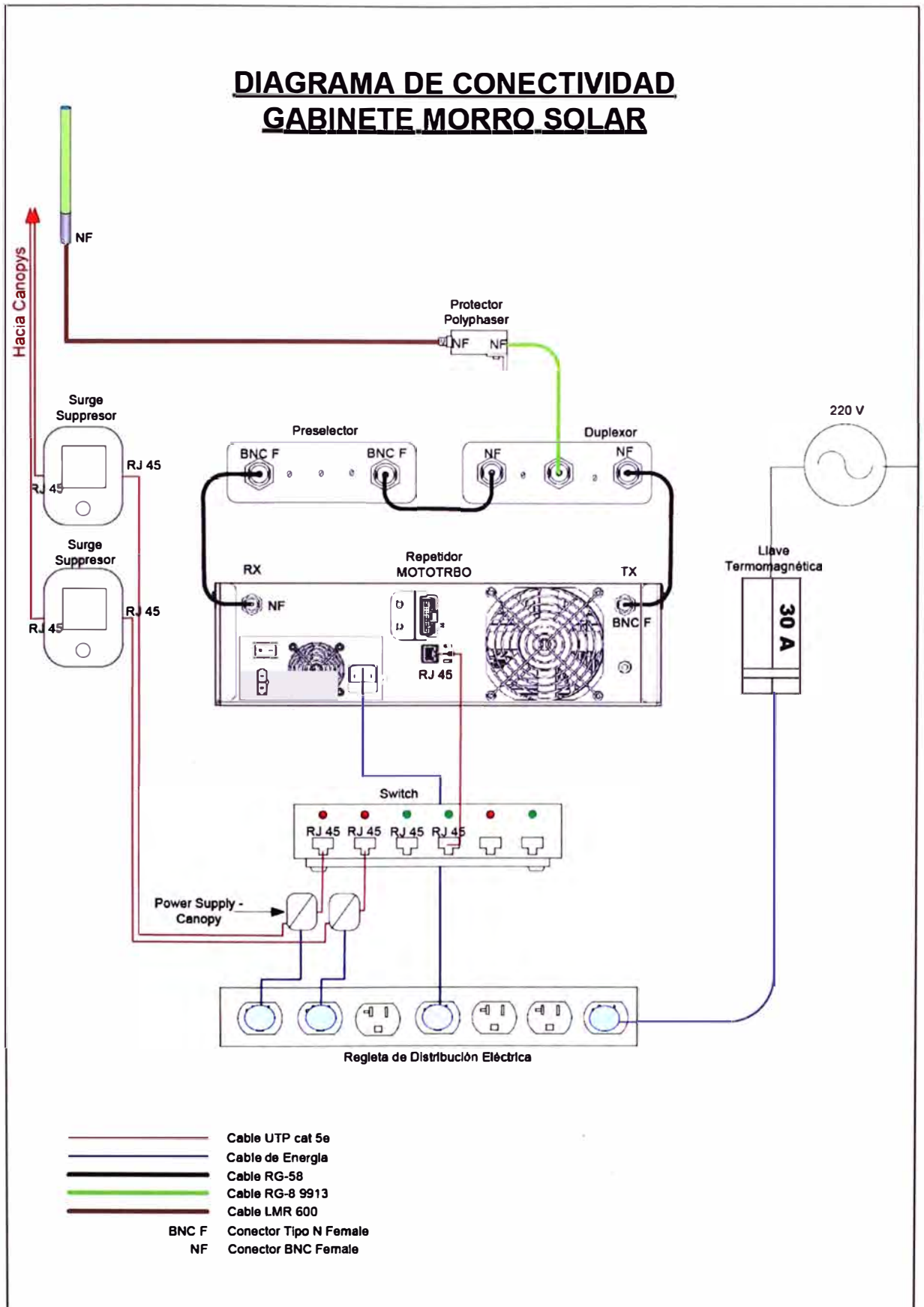


Figura B.10 Diagrama de conectividad. Gabinete Morro Solar.

ANEXO C
DIAGRAMAS DE COBERTURA

Para la lectura adecuada de los diagramas de cobertura que serán mostrados en las páginas siguientes de este anexo, se debe tener en consideración que los niveles de señal en la gama del VERDE, aseguran una comunicación con un grado de servicio BUENA, en un rango de señal de -100 a -35dbm.

Cabe recalcar que los datos presentados son teóricos y que varían dependiendo de las condiciones de RF de cada sitio de repetición.

Los parámetros adicionales a la topografía del sistema que se han utilizado para obtener estos resultados son los mostrados en la Tabla C.1

Tabla C.1 Emplazamiento de estaciones repetidoras

Estación repetidora	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Morro Solar	12° 10' 57.0" S	077° 01' 43.0" O
La Molina	12° 03' 55.0" S	076° 56' 17.5" O
Local MRE	12° 02' 54.8" S	077° 01' 48.2" O
Lince (MG Trading)	12° 05' 14.1" S	077° 02' 35.0" O
Aeropuerto	11° 59' 00.1" S	077° 06' 00.2" O

El sistema utilizado para realizar la simulación, es un sistema de Radio Digital MOTOTRBO, con torres de 30 metros de altura. Las gráficas muestran la cobertura que se obtendrá para Radios Portátiles Digitales MOTOTRBO.

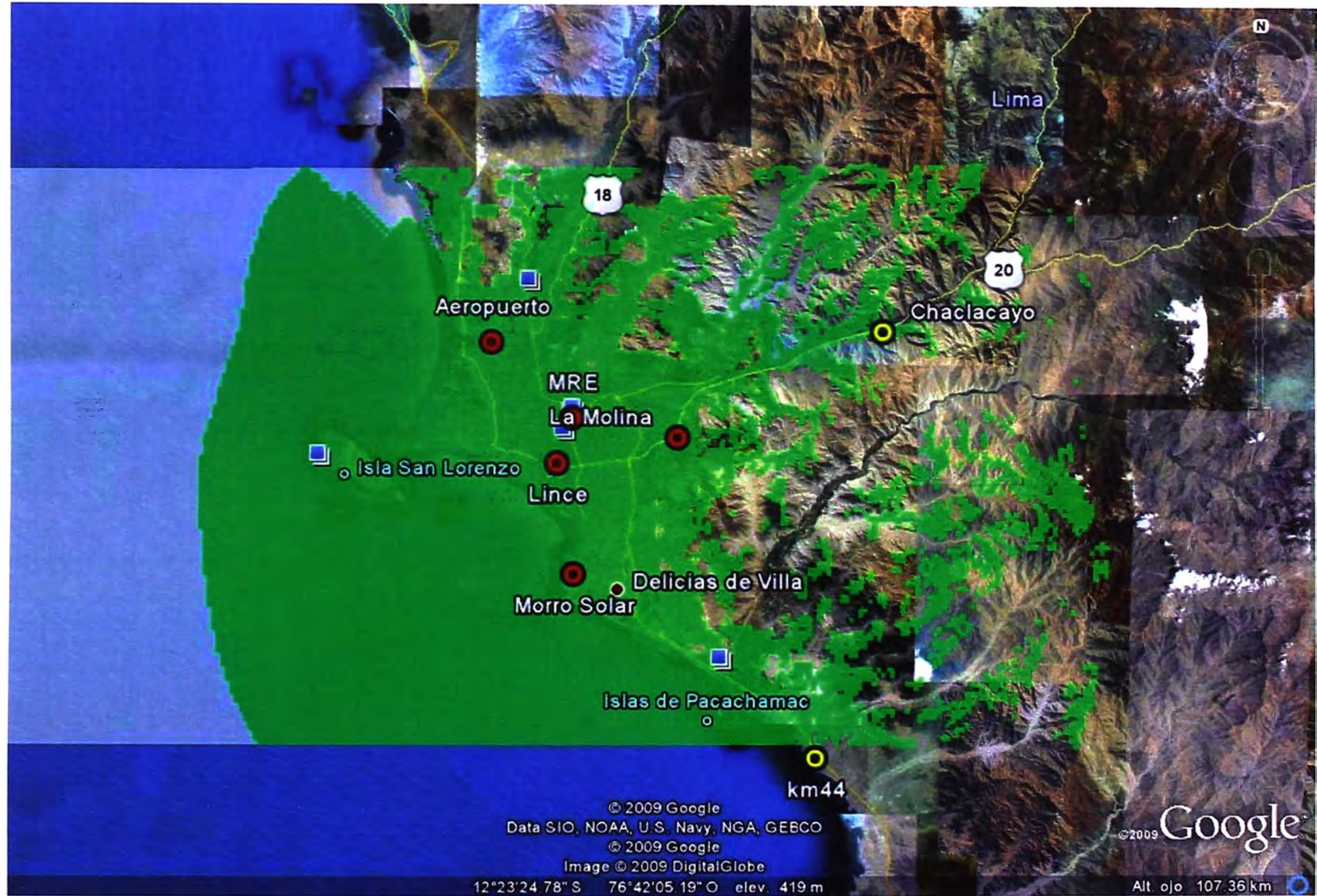


Figura C.1 Cobertura integral de los cinco estaciones repetidores



Figura C.2 Cobertura para estación repetidora "Ministerio de Relaciones Exteriores"



Figura C.3 Cobertura para la estación repetidora "La Molina"



Figura C.4 Cobertura para la estación repetidora "Lince" o "MG"

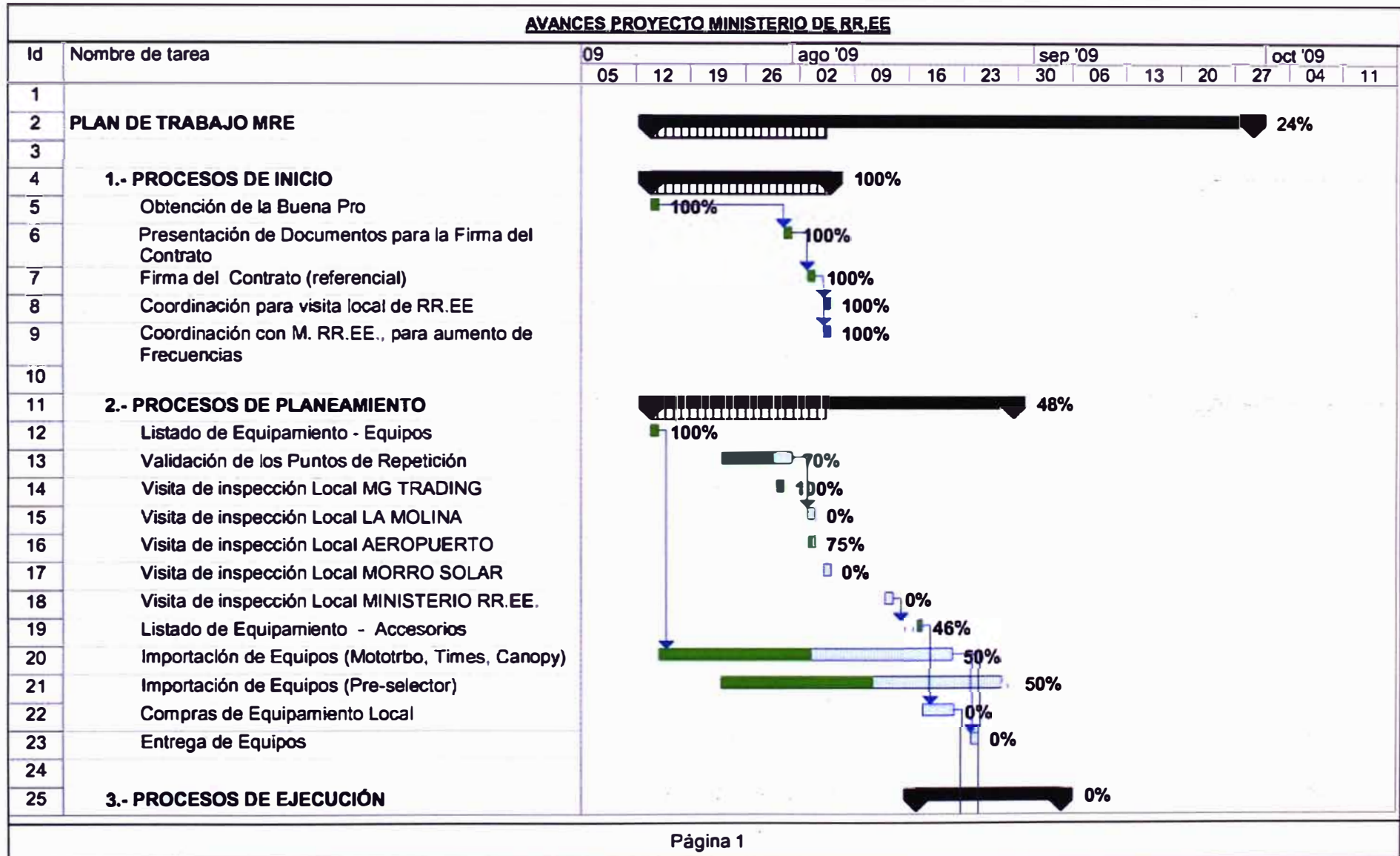


Figura C.5 Cobertura para la estación repetidora "Aeropuerto"



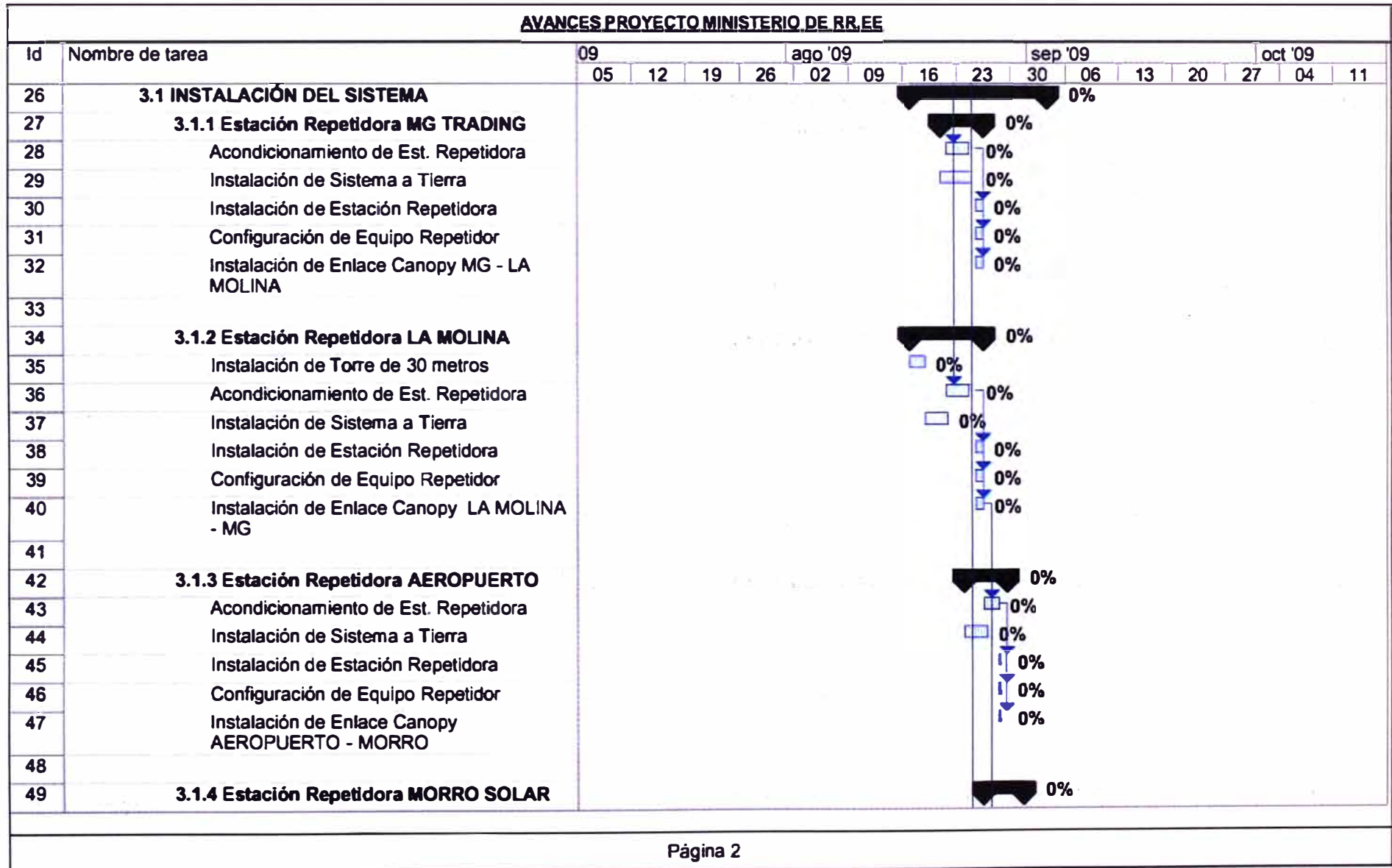
Figura C.6 Cobertura para la estación repetidora “Morro Solar”

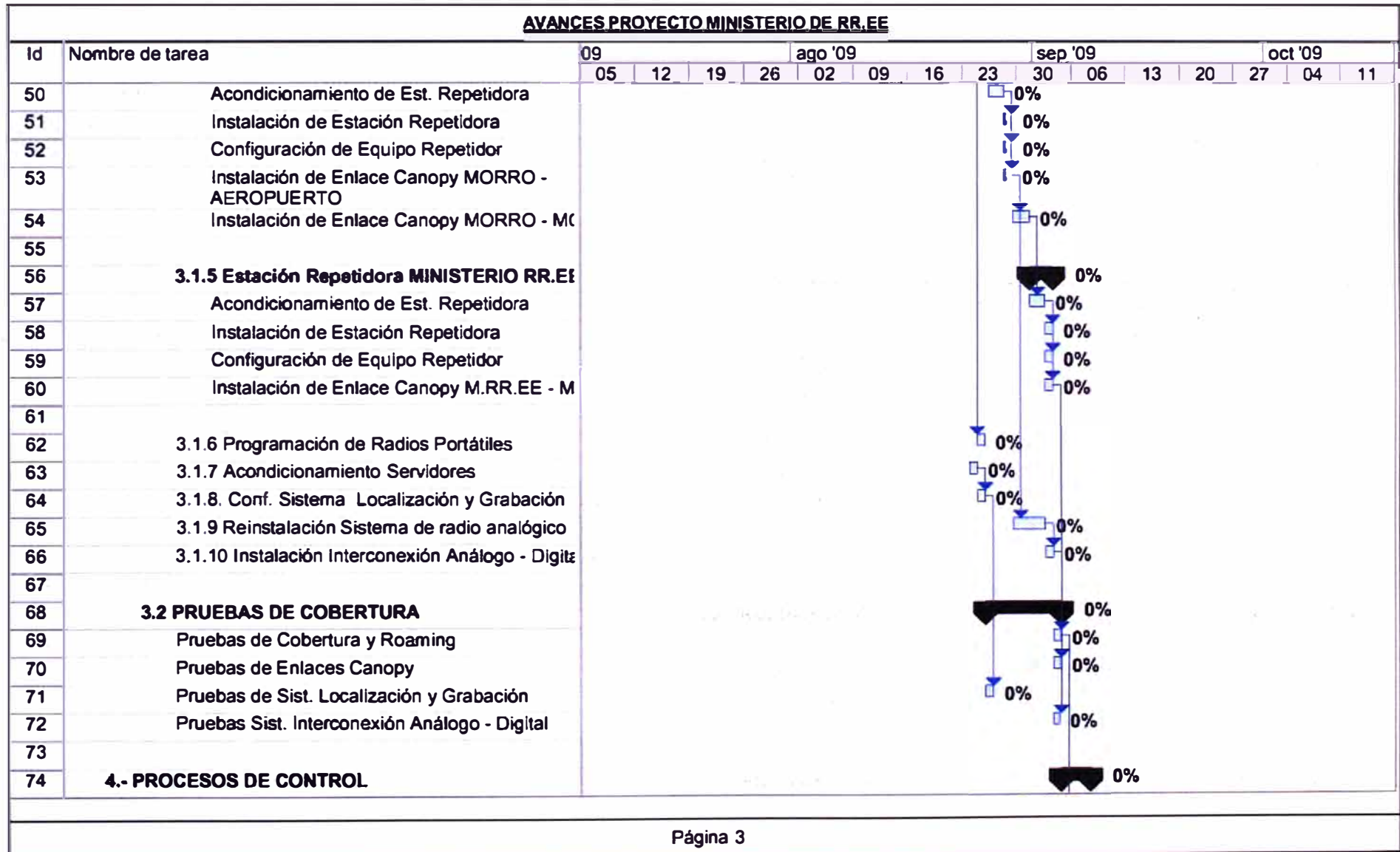
ANEXO D
DIAGRAMA DE GANTT



Página 1

Figura D.1 Página 1 del diagrama de Gantt





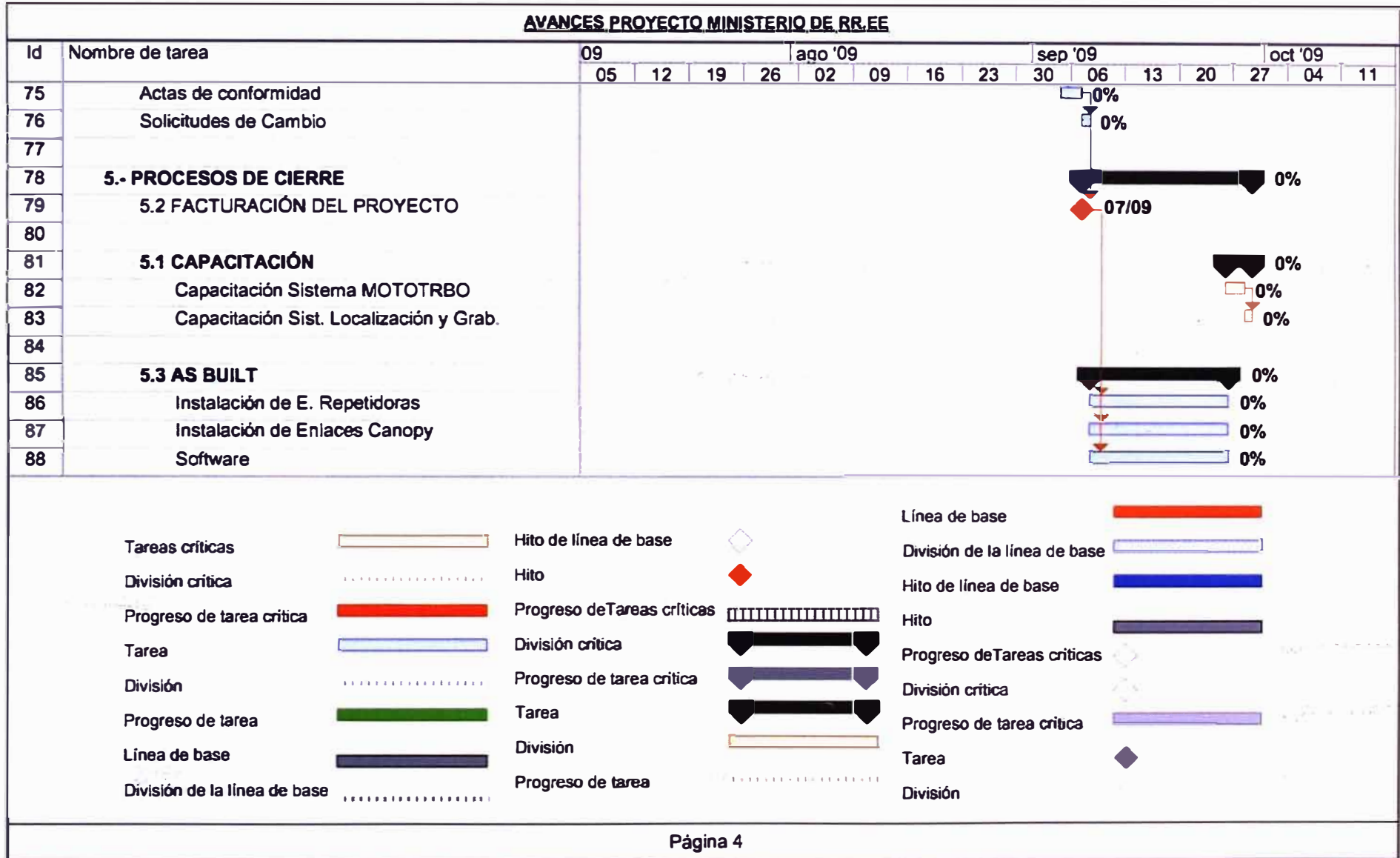


Figura D.4 Página 4 del diagrama de Gantt

ANEXO E
FOTOS DE INSTALACIONES

Los equipos de las estaciones del SICORA son similares. Por tal motivo, en este anexo se mostrarán imágenes de una estación repetidora típica.



Figura E.1 Vista frontal de gabinete



Figura E.2 Detalle de vista frontal de gabinete.
a) duplexor, b) repetidor MOTOTRBO, c) Tomas de corriente múltiple

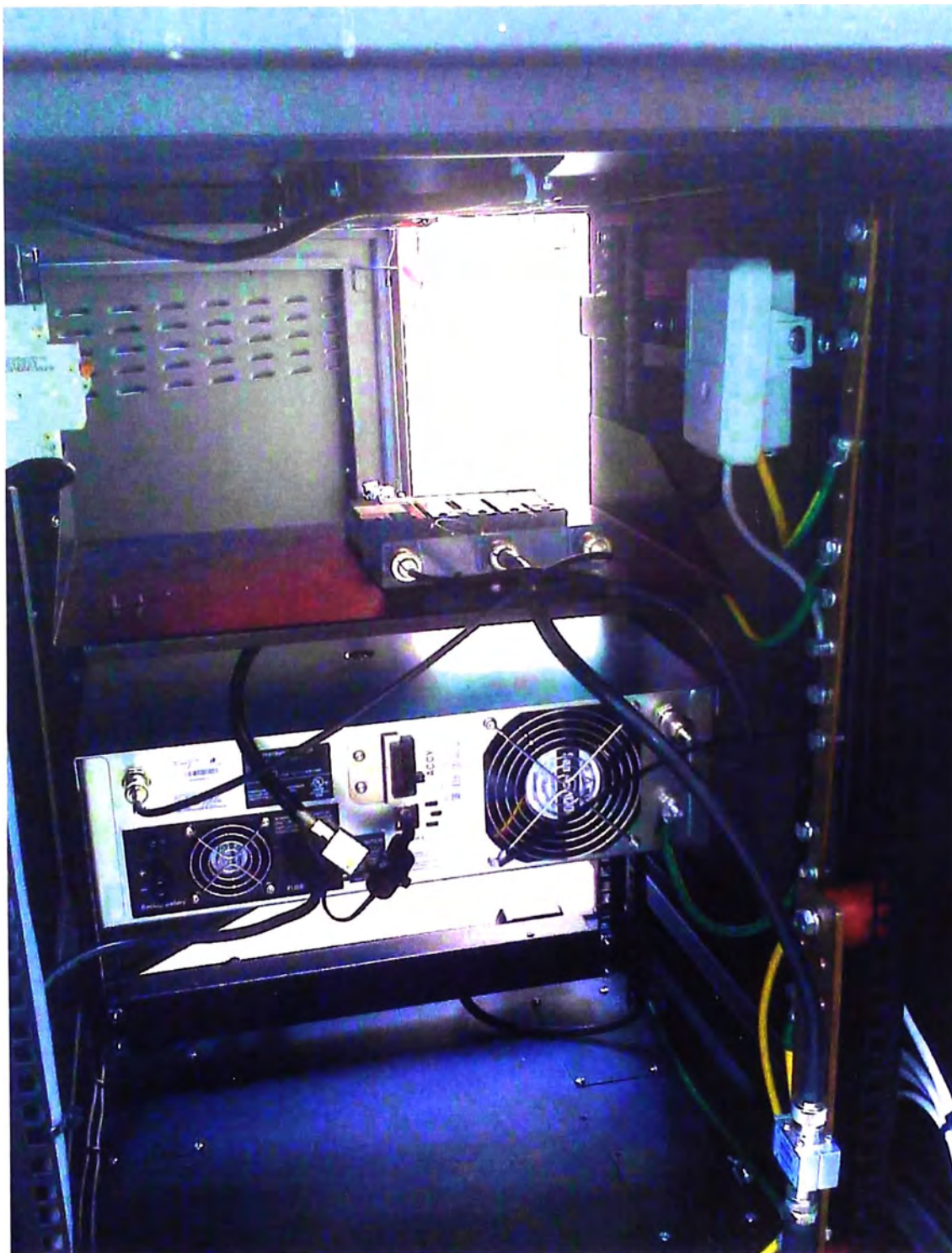


Figura E.3 Vista posterior de gabinete



Figura E.3 Interconexión de equipos. a) regleta de conexiones puesta a tierra. B) Cable coaxial entre duplexor y antena

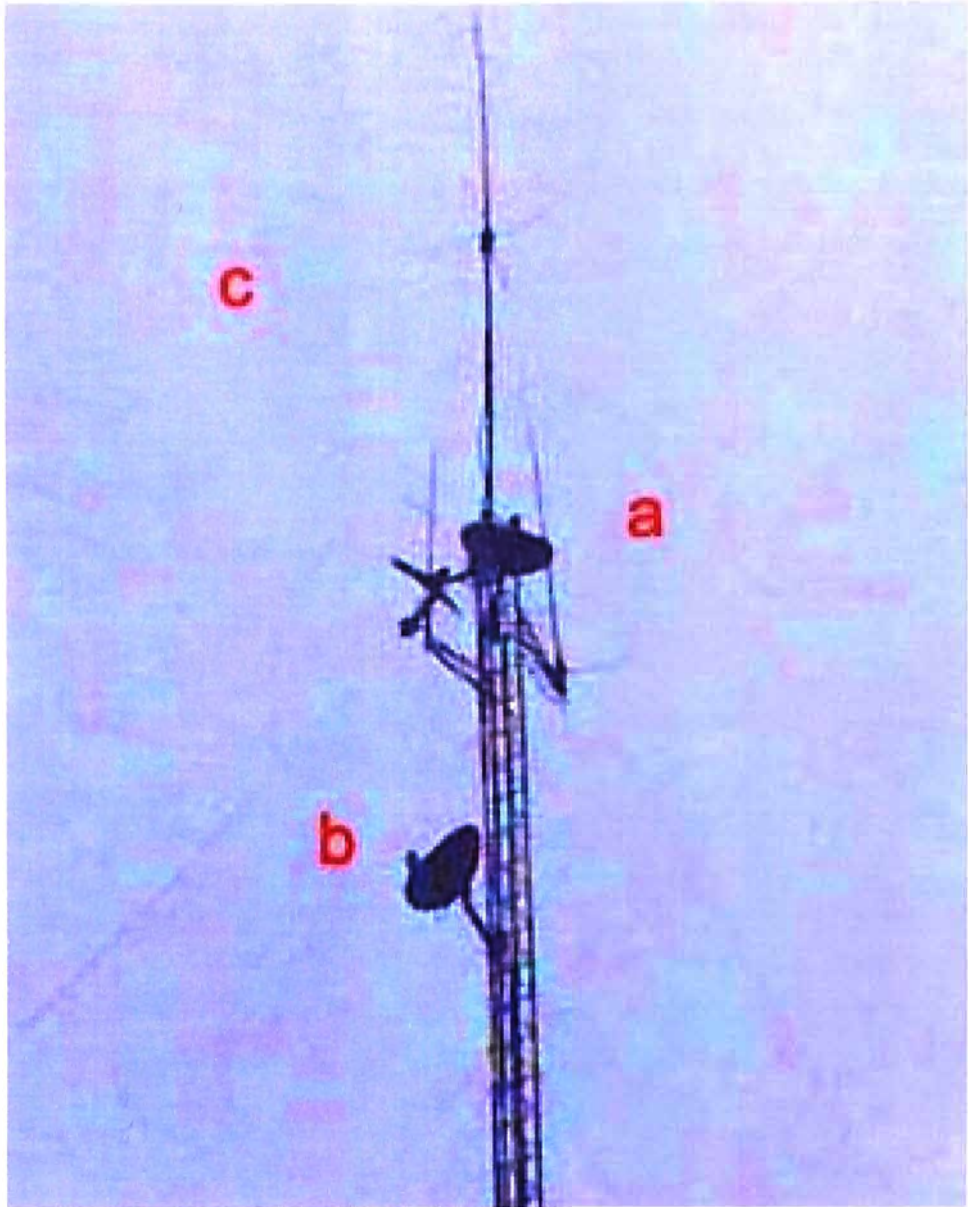


Figura E.5 Antenas de estación repetidora.
a) y b) antenas del Canopy. c) antena VHF

ANEXO F
GLOSARIO DE TÉRMINOS

- AP Punto de acceso.
- APCO25 Association of Public Safety Communication Officials, Project 25
- BAM Bandwidth and Authentication Manager
- BH Unidad Backhaul
- CAI Common Air Interface
- CMM El Cluster Management Module
- DMR Digital Mobile Radio. DMR es un estándar abierto de radio digital para usuarios PMR (Professional o Private Mobile Radio).
- EN European Standard, telecommunications series (EN) - Used when the document is intended to meet needs specific to Europe and requires transposition into national standards, or when the drafting of the document is required under an EC/EFTA mandate.
- ETSI Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.
- FDMA Frecuency Division Multiplex Access
- IP Protocolo de Internet
- ISSI Inter RF Subsystem Interface.
- LMR Norteamérica Land Mobile Radio
- MRE Ministerio de Relaciones Exteriores
- MPT-1327 Radio troncalizado
- PMR Professional o Private Mobile Radio
- PSTN Red pública de telefonía conmutada
- PTT Push-to-talk. Presionar para hablar, soltar para escuchar
- SICORA Sistema de Comunicación Radial Digital de Área Extendida para el Ministerio de Relaciones Exteriores.
- SM Módulo suscriptor
- TDMA Time Division Multiplex Access
- TETRA Terrestrial Trunked Radio
- TS ETSI Technical Specification
- VHF Very High Frequency, es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ketterling, Hans-Peter A., "Introduction to Digital Professional Mobile Radio", Artech House, 2004, ISBN 1580531733.
2. Motorola, "Canopy de Motorola", 2002
http://www.radiocomunicacion.com.pe/conapy/Canopy_de_Motorola.pdf
3. Motorola, "Especificaciones del Sistema de Banda Ancha Inalámbrica Canopy",
www.radiocomunicacion.com.pe/conapy/especificaciones%20del%20sistema.pdf.
4. Motorola, "Resumen de especificaciones Canopy", 2003.
<http://www.radiocomunicacion.com.pe/conapy/Especificaciones.pdf>
5. Motorola, "Preguntas Frecuentes Generales, Canopy", 2002,
<http://motorola.wirelessbroadbandsupport.com/fp/downlink.php?id=a3ce20684bee2cecba6cf22c42d6098b>
6. Motorola, "Preguntas Técnicas Frecuentes Canopy", 2002,
<http://motorola.wirelessbroadbandsupport.com/fp/downlink.php?id=37f594dd36276e7487e90a5e6619531b>
7. Horak, Ray., "Telecommunications and data communications handbook", 2007, ISBN 9780470041413