

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES PARA
UNA SUB-ESTACION ELECTRICA**

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

**PRESENTADO POR:
DANILO EDUARDO HUAMANI ZAPATA
PROMOCIÓN
2006-II**

LIMA-PERÚ 2010

**MEJORAMIENTO DEL SISTEMAS DE COMUNICACIONES PARA
UNA SUB-ESTACION ELECTRICA**

A mis padres por brindarme todo el apoyo,
por su paciencia y cariño

A mis hermanos por estar siempre conmigo,

Y a mis amigos

porque gracias a ellos tengo algo que aprender todos los días.

SUMARIO

El trabajo en mención describe el diseño e implementación de un sistema de comunicaciones con tecnología inalámbrica y de Voz sobre IP implementado en un sistema de comunicaciones antiguo.

La solución implementada era necesaria debido a la vulnerabilidad del sistema alámbrico actual. Dicho sistema estaba expuesto a los agentes climáticos tales como lluvia, granizo y/o nieve, lo cual ocasionaba un deterioro progresivo de la infraestructura instalada y traía consigo una degradación de los servicios prestados. Adicionalmente a lo mencionado, este sistema usaba equipos desactualizados de los cuales no se tenía soporte y/o los repuestos de cambio, los cuales se encontraban fuera de producción por la empresa fabricante.

El mantenimiento de dicha infraestructura representaba un coste muy alto para la empresa generadora, esto debido a la longitud de la planta externa de 2.5 Km (aprox.) que se tenía entre las sub-estaciones de la empresa generadora.

Dicha infraestructura de planta externa no abastecía los requerimientos actuales que exigían las sub-estaciones, por lo que una solución alámbrica del mismo tipo no era viable.

La solución planteada intenta realizar el cambio progresivo del antiguo sistema de comunicaciones a un sistema con tecnología actual. Para obtener este cambio progresivo se optaron por equipos actuales que logren interactuar con ambas tecnologías. Los beneficios del proyecto se centran en la alta disponibilidad del servicio, un menor coste en mantenimiento, escalabilidad de servicios, bajo costo de implementación y alto rendimiento.

Este sistema se implementó para una empresa generadora de energía eléctrica.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	3
1.1 Situación actual	3
1.1.1 Descripción del sistema actual de comunicaciones	3
1.2 Problemática y objetivo del proyecto	5
1.2.1 Enlace alámbrico entre la sub-estación Mahr tunel y Pachachaca	5
1.2.2 Objetivo del proyecto	6
1.3 Planteamiento y descripción del proyecto	6
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	7
2.1 Sistemas de comunicación inalámbricos	7
2.1.1 Sistemas de comunicación punto punto	7
2.1.2 Perfil del trayecto	8
2.1.3 Relación de señal a ruido	9
2.1.4 Pérdidas en las líneas de transmisión	9
2.1.5 Pruebas del enlace instalado	11
2.2 Sistemas de comunicaciones de voz	13
2.2.1 Sistemas de telefonía convencional	13
2.2.2 Interfaces de líneas o de voz en sistemas analógicos (FXS, FXO, E&M)	14
2.2.3 Señalización de supervisión de acceso telefónico en canales E&M	15
2.3 Sistemas de voz sobre IP	18
2.3.1 Códec	19
2.3.2 Calidad de servicio	19
2.3.3 Niveles de señal en los canales E&M	21
2.4 Sistemas de suministro eléctrico	22
2.4.1 Banco de baterías	22
2.4.2 Rectificadores e inversores	23
2.4.3 Sistemas de puesta a tierra	24
CAPITULO III	
INGENIERIA DEL PROYECTO	26

3.1	Análisis actual	26	
3.1.1	Sistema actual de telefonía	26	
3.1.2	Sistema actual de comunicaciones de datos	26	
3.2	Ingeniería e implementación de la solución	27	
3.2.1	Enlace inalámbrico punto punto.....	27	
3.2.1	Sistema de telefonía.....	29	
3.2.2	Sistema de comunicación de datos	30	
3.2.3	Resumen implementación del proyecto	34	
CAPITULO IV			
EVALUACION ECONOMICA			41
4.1	Costo del proyecto.....	41	
4.2	Tiempo de ejecución	41	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES			43
ANEXO A GLOSARIO DE TÉRMINOS			45
ANEXO B CONFIGURACION DE LOS EQUIPOS Y PRUEBAS DEL SISTEMA.....			47
ANEXO C IMÁGENES DE LA IMPLEMENTACION			68
BIBLIOGRAFIA.....			77

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surge por la necesidad de mejorar el sistema de comunicaciones de una sub-estación eléctrica de manera que pueda cubrir sus necesidades actuales. Previamente a la solución implementada, el sistema de comunicaciones en dicha sub-estación no tenía una disponibilidad normada de los servicios, ya que continuamente se presentaban averías que ocasionaban la pérdida de la comunicación.

Luego de evaluar diversas opciones tecnológicas se opta por diseñar e implementar un sistema de comunicación de voz y datos que se pueda integrar al antiguo sistema de comunicaciones que ya se tenía, debido a que un cambio completo del sistema involucraba una inversión fuerte en equipamiento y prolongaba el tiempo de solución que se necesitaba.

De esta forma se implementa un sistema basado en IP, y se soluciona temporalmente el problema presentado en esta sub-estación. Cabe indicar que de dicha sub-estación también se prolongan servicios a otras sub-estaciones, por lo que era de prioridad solucionar este inconveniente. La mejora del sistema contempla la instalación de equipos inalámbricos en reemplazo de la solución alámbrica actual, esto ayuda a minimizar los gastos de mantenimiento, ya que la detección de las averías se hace más sencilla. Adicionalmente este sistema al tener la capacidad de interactuar con entorno IP, podrá ser usado una vez que se realice el cambio completo del sistema de comunicaciones.

Dicho enlace inalámbrico transportará los servicios de voz y datos mediante una red IP que se implementará. En lo concerniente a la capacidad de dichos enlaces se realizaron pruebas previas, en las cuales se han verificado que el ancho de banda es de aprox. 4Mbps. Por lo que cubre de lejos los requerimientos actuales en cuanto a capacidad.

El informe de suficiencia se ha desarrollado según lo siguiente. En el Capítulo I “Planteamiento del Proyecto” se describe principalmente el problema de ingeniería a solucionar, la necesidad a satisfacer. Se establecen en el mencionado capítulo los objetivos de la solución implementada, analizando la situación previa y la evaluación del sistema actual.

En el Capítulo II “Marco teórico conceptual” se ven los siguientes tópicos; 1) Sistema de comunicación inalámbricos, 2) Sistemas de comunicaciones de voz (Sistemas de telefonía convencional, 3) Sistemas de voz sobre IP, 4) Sistemas de suministro eléctrico.

En el Capítulo III “Ingeniería del proyecto” se detalla el trabajo realizado, su dimensionamiento y esquema final. Consta de cuatro partes: 1) Análisis Actual, y 2) Ingeniería e implementación de la solución.

En el capítulo IV “Evaluación económica” se muestra el tiempo de ejecución de los trabajos y los costos.

En el Anexo B “Configuración de los equipos y pruebas del sistema” se detalla la configuración de cada uno de los equipos, así como las pruebas realizadas para medir el desempeño del sistema.

En el Anexo C “Imágenes de la implementación” muestra imágenes de la instalación implementada.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

En este capítulo se explica la situación actual del sistema de comunicaciones, la problemática actual que tiene este sistema, y el objetivo del trabajo.

1.1 Situación actual

El Proyecto se ha realizado para una empresa de generación eléctrica, la cual tiene dos subestaciones, Sub-estación Pachachaca y Sub-estación Mahr tunel ubicados a aproximadamente a 20 km de la Ciudad de la Oroya, departamento de Junín. Los requerimientos de servicios en dichas subestaciones se incrementaron a tal punto que era necesaria la implementación de otro sistema de comunicaciones, esto debido a la no escalabilidad de la solución actual la cual ya se encontraba saturada, a esto también contribuyó el deterioro de la infraestructura actual instalada.

1.1.1 Descripción del sistema actual de comunicaciones

Actualmente en la sede principal de la empresa generadora se tiene un sistema de monitoreo para todas las sub-estaciones, para lograr esto en cada sub-estación se han instalado equipos de adquisición de datos y/o de control, los cuales utilizan las diferentes redes para poder recibir datos desde y hacia su sede principal (sistema de monitoreo). En la topología normalizada de comunicaciones que tienen estas sub-estaciones está incluido un enlace inalámbrico y un multiplexor con el cual se terminan los servicios ya sea que estén destinados para datos o para voz. Cabe mencionar que los servicios de datos, en la mayoría de casos, utilizan las redes de telefonía como medio de transmisión.

a) Sub-estación Mahr Tunel .-La sub-estación Mahr tunel se encuentra ubicada a 19.56 Km de la ciudad de la Oroya, el sistema de comunicaciones hacia esta sub-estación se realiza mediante dos (02) enlaces analógicos de Microondas, en banda licenciada. La terminación en Mahr tunel se realiza mediante un Multiplexor Farinon, el cual usa diferentes tipos de tarjetas según la aplicación requerida (Módulos FXS, FXO y E&M en sus diferentes modos de operación). En el multiplexor de la sala de comunicaciones de esta sub-estación existen 04 puertos de canales E&M y 8 líneas convencionales de telefonía, las cuales mediante cable multipar auto soportado (de 50 pares) son extendidos hacia la sub-estación Pachachaca. Dichas líneas convencionales son usadas como

anexos extendidos de la central telefónica principal ubicada en la sede principal de operaciones en la ciudad de la Oroya. Los canales E&M, son canales extendidos desde el banco de modem (parte del sistema de adquisición de datos) ubicado en el centro de operaciones en la ciudad de la Oroya, estos canales E&M son utilizados en las subestaciones para la conexión física al modem del RTU.

b) Sub-estación Pachachaca.- La sub-estación Pachachaca se encuentra ubicada a aprox. 2.22 Km de la subestación de Mahr tunel, el sistema de comunicaciones para esta subestación es proveído mediante un enlace multipar de 50 pares que parte de la sub-estación Mahr tunel, el cual debe transmitir los 4 canales E&M y 8 líneas convencionales de telefonía. Actualmente el enlace Multipar instalado de 50 pares se encuentra deteriorado, por la que se priorizaron los servicios críticos, y dejaron de funcionar otros.

c) Enlace microondas analógico entre la oroya y la sub-estación mahr túnel.- Los servicios de comunicaciones en la Sub-estación Mahr tunel llegan a través de enlaces inalámbricos en banda licenciada desde la ciudad de la Oroya, para ello se usan dos repetidoras intermedias. En cada punto repetidor se usan Multiplexores a fin de distribuir y/o canalizar los diferentes servicios de comunicaciones por diferentes enlaces. Los multiplexores que se tienen son equipos analógicos antiguos con una variedad de placas disponibles para diferentes tipos de conexiones, los más comunes son los canales E&M, FXS y FXO.

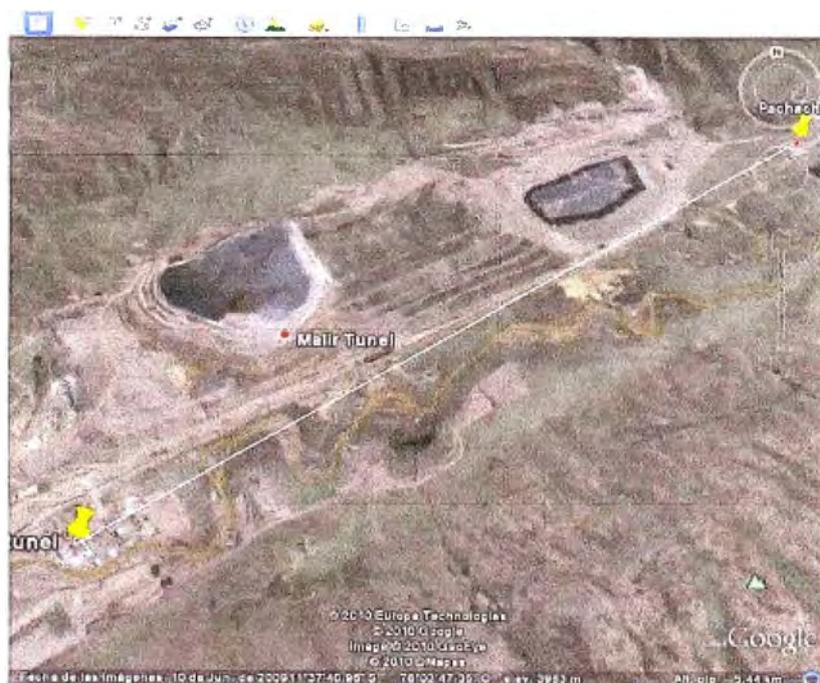


Figura 1.1 Vista panorámica de los poblados Mahr tunel y Pachachaca

En la figura 1.1 se puede observar las sub-estaciones de Mahr tunel y Pachacha. Con dicha imagen se tiene una idea de la dimensión de la infraestructura alámbrica actual.

1.2 Problemática y objetivo del proyecto

En esta parte se estudiará con más detalle los problemas que presenta el sistema actual de comunicaciones, así como también los requerimientos actuales.

Enlace alámbrico entre la sub-estación Mahr tunel y Pachachaca

La existencia de precipitaciones en la región, como lluvia, granizo, y nieve, ocasionan un desgaste sustancial de la infraestructura alámbrica instalada, lo cual repercute en la disponibilidad y calidad de los servicios de datos y voz. El alto costo de mantenimiento y detección de averías en la infraestructura alámbrica hacen inviable una solución del mismo tipo entre las sub-estaciones de Mahrtunel y Pachachaca. Actualmente el enlace Multipar instalado de 50 pares se encuentra deteriorado y tiene una cantidad limitada de pares disponibles, lo cual hace imposible la transmisión de otros tipos de servicios.

A continuación se menciona los requerimientos actuales en la Sub-Estación Pachachaca.

1. Interconexión entre la central telefónica de Pachachaca y la central telefónica principal en la Ciudad de la Oroya a través de un enlace E&M. Actualmente una terminación E&M de la central principal se encuentra en Mahr túnel la cual es llevada hasta la sub-estación de Pachachaca mediante el cable multipar.
2. Instalación de 8 anexos analógicos para aplicaciones de voz y datos.
3. Instalación de 03 canales E&M para el control y monitoreo de las RTU de las sub-estaciones de San Cristobal, Andaychagua y Pachachaca.

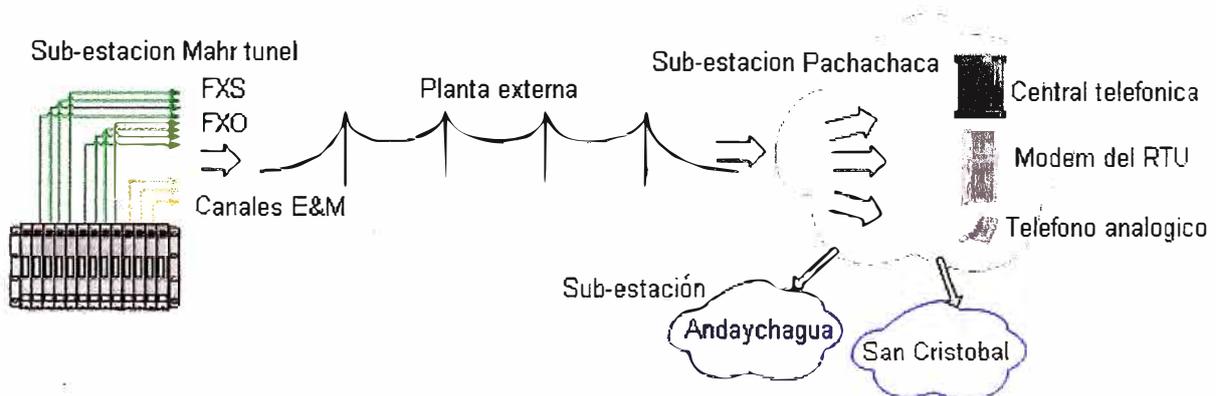


Fig.1.2 Diagrama actual entre las Sub-Estaciones Mah Tunel y Pachachaca.

La indisponibilidad de repuestos de los equipos antiguos de microondas así como de los multiplexores hacen que el costo de mantenimiento de estos sistemas sea muy elevado, por lo que es necesario un reemplazo en el equipamiento tanto de los enlaces microondas y multiplexores que se usan actualmente.

1.2.2 Objetivo del proyecto

El objetivo de este proyecto es mejorar el sistema de comunicación existente en las subestaciones de Pachachaca y Mahr Tunnel de forma gradual manteniendo parte de la infraestructura ya instalada, evitando altos costos en ello.

1.3 Planteamiento y descripción del proyecto

Debido a la existencia de precipitaciones en la región, como lluvia, granizo, y nieve, las cuales ocasionan un desgaste sustancial de la infraestructura alámbrica instalada, el enlace físico existente con cable multipar entre las sub-estaciones de Mahr Tunnel y Pachachaca será reemplazado por un enlace inalámbrico en banda no licenciada.

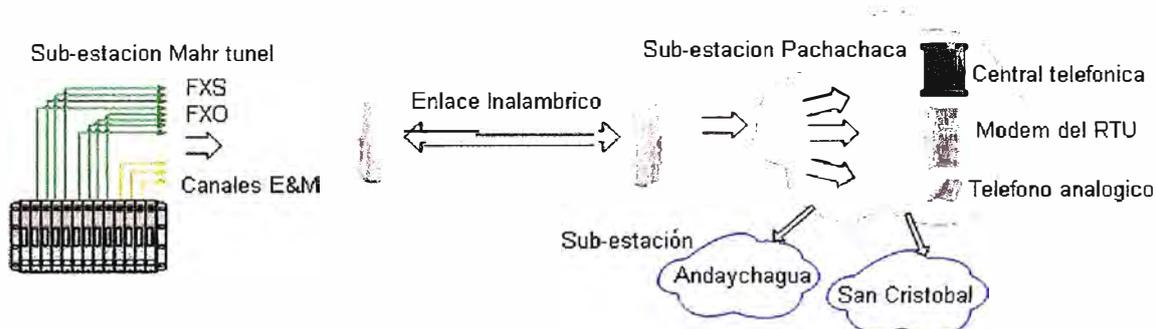


Fig.1.3 Diagrama propuesto entre las Sub-Estaciones Mahr Tunnel y Pachachaca.

En el enlace inalámbrico se transmitirán 04 Canales E&M, 03 Canales E&M se deben destinar para la conexión a los modem de los RTU de las subestaciones de San Cristobal, Andaychagua y Pachachaca. Un (01) canal E&M se destinará para la interconexión de la central telefónica local en Pachachaca (Central Telefónica Antigua) con la central telefónica principal ubicada en el centro de operaciones en la ciudad de la Oroya. 06 líneas de telefonía convencional serán utilizadas para anexos extendidos, 02 líneas de telefonía convencional serán conectadas a los modem respectivos de adquisición de datos en un medidor y un reloj marcador ubicados en la sub-estación de Pachachaca. Para ello se usaran equipos Gateway de voz que permitan manejar las dos tecnologías a la vez, por una parte la telefonía convencional y por la otra, voz sobre IP.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se explican los conceptos necesarios que nos permitan entender con más detalle la solución planteada y su funcionamiento.

2.1 Sistemas de comunicación inalámbricos

En los últimos años los servicios inalámbricos han crecido sustancialmente debido a las facilidades que estas tecnologías tienen a diferencia de sus competidoras. Los servicios inalámbricos permiten tanto a las empresas privadas y empresas de servicios públicos tener un ahorro en la instalación para el inicio de operaciones de un servicio (CAPEX), por lo cual existe un retorno de inversión en menos tiempo. Además existe un menor costo de mantenimiento (OPEX). En el Perú los servicios inalámbricos son realmente importantes debido a lo accidentado de la geografía y la lejanía de los poblados en el interior del país, lo que hacen inviable una solución alámbrica en un plazo corto.

Como definición se puede decir que los sistemas inalámbricos son el tipo de comunicación en la que no se utiliza un medio de propagación físico alguno más que el espacio libre. A continuación se estudia específicamente los sistemas inalámbricos Punto-Punto con más detalle, debido a que es de conocimiento para el desarrollo del Proyecto en mención.

2.1.1 Sistemas de comunicación punto punto

Los enlaces punto-punto se utilizan para enlazar dos locaciones afin de llevar varios tipos de servicios de un lado al otro y viceversa.

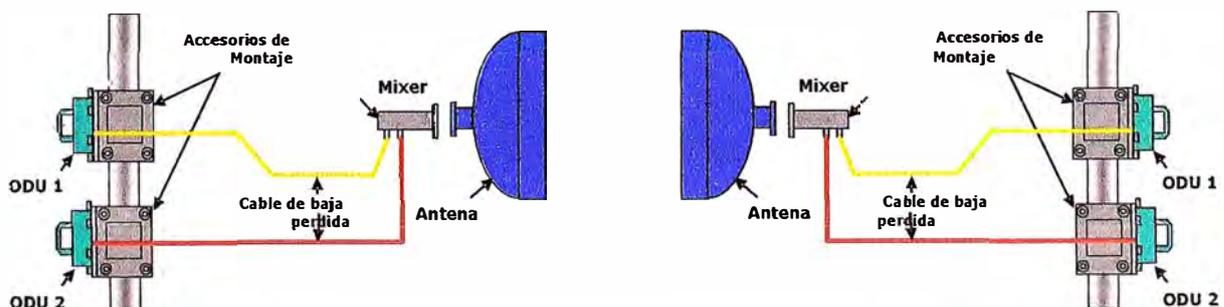


Fig.2.1 Enlace punto punto 1+1

En la figura 2.1 se observa un modelo de un enlace inalámbrico con redundancia.

Para este tipo de soluciones existen un sin número de fabricantes, equipos y modelos, por tal motivo se indica los criterios de elección de dichos enlaces y que consideraciones técnicas se debe tener para una exitosa implementación, así como el sustento técnico de ello.

2.1.2 El Perfil del trayecto

Una vez que el mapa total de ruta se ha establecido e identificado las posibles ubicaciones de los repetidores, el siguiente paso es elaborar los perfiles del trayecto. Para esto ya existe una teoría, aquí solo nos limitamos a mencionarlas y brindar una pequeña explicación.

Para la elaboración del perfil topográfico, se debe contar con el plano en la escala indicada de la zona donde se realice el perfil topográfico. Actualmente existe software que reemplaza este método de obtención del perfil topográfico. El programa Radiomovil es uno de ellos, el cual utiliza varios parámetros para verificar la factibilidad de la línea de vista. Cabe resaltar que para la culminación del estudio de factibilidad de un enlace es necesario un visita de campo, en la cual directamente se observa que no exista un obstáculo grande que no haya sido registrado tanto en los planos cartográficos como en el perfil obtenido por el software. Para esto existe un método llamado el método de “espejos”, el cual utiliza la luminosidad del sol para reflejar el haz luz al otro extremo y de esta manera se puede precisar la existencia de una línea de vista, cabe mencionar que este método no es usado para grandes distancias.

Los programas de software modernos incorporaran mapas digitales o permiten su importación de otras fuentes o librerías electrónicas que se pueden comprar y/o conseguir de Internet y permiten calcular el perfil del trayecto evitando la tarea manual de utilizar los mapas, lo cual es muy complicado para enlaces largos.

A continuación se muestra el perfil topográfico para un enlace Pto-Pto a manera de ilustración.

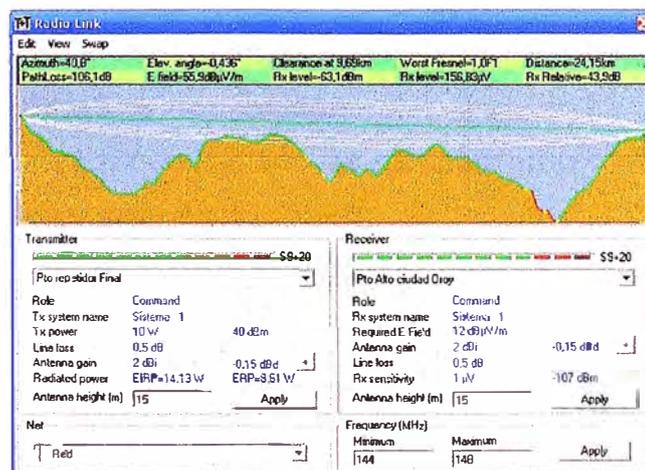


Fig.2.2 Grafica de un perfil topográfico con el software Radiomovil

2.1.3 Relación de Señal a Ruido

Para el diseño de un enlace se debe tener en cuenta, la sensibilidad del receptor, las pérdidas en espacio libre del trayecto (obstáculos en el trayecto si los hubiera), la potencia de transmisión así como la disponibilidad y capacidad de transporte del enlace. Típicamente el parámetro más significativo para ser considerado en un enlace es la intensidad de la señal de recepción o la relación de señal a ruido (S/N). Los factores que afectan la intensidad de la señal de recepción son la potencia de transmisión, Path Loss o pérdidas en la ruta (en las cuales están incluidas las pérdidas en los cables, polarización, patrón de radiación de la antena, etc.), ganancia de la antena de transmisión, pérdidas en espacio libre, y la ganancia en la antena de recepción. La potencia de recepción puede ser representada como:

$$P_r = P_t + G_t - L_p - L_s + G_r \quad (1.1)$$

Tabla 2.1 Descripción de los parámetros.

Variable	Descripción
P_r	Potencia de Recepción (dBm)
P_t	Potencia de Transmisión (dBm)
G_t	Ganancia de la antena de transmisión (dBi)
L_p	Path Loss (dB)
L_s	Pérdidas en espacio libre (dB)
G_r	Ganancia de la antena de Recepción (dBi)

Las pérdidas en espacio libre puede ser representada por:

$$L_p = 20 \log(4\pi d / \lambda) dB \quad (1.2)$$

Donde:

d = rango (distancia)

λ = longitud de onda

Relación Señal/Ruido [dB] = $10 * \text{Log}_{10}$ (Potencia Señal [W] / Potencia ruido [W])

2.1.4 Pérdidas en las líneas de transmisión

Otras pérdidas que son consideradas son las pérdidas en las líneas de transmisión, tal como se explica a continuación.



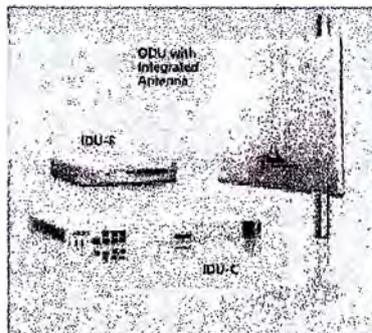
Fig.2.3 Grafica de cable coaxial usado en enlaces inalámbricos

Bandas ISM & UNII 2.4 – 2.5 GHz, 5.25 – 5.85 GHz & 5.725 – 5.85 GHz							
Cable	LMR-200	LMR-240	LMR-400	LMR-600	LMR-900	LMR-1200	LMR-1700
Perdida a:							
2.4 GHz							
dB/100ft	16.5	12.7	6.62	4.33	2.92	2.22	1.68
dB/100m	54.2	41.5	21.7	14.2	9.58	7.27	5.51
5.3 GHz							
dB/100ft	25.1	19.4	10.3	6.88	4.62	3.57	
dB/100m	82.4	63.6	33.7	22.6	15.1	11.7	
5.5 GHz							
dB/100ft	25.6	19.8	10.5	7.00	4.72		
dB/100m	84.0	64.9	34.4	23.0	15.5		
5.8 GHz							
dB/100ft	26.4	20.4	10.8	7.26	4.88		
dB/100m	86.5	66.8	35.5	23.8	16.0		

Fig.2.4 Pérdidas en la línea de transmisión según frecuencia de la señal

Tal como conocemos, las líneas de transmisión presentan diferentes comportamientos de acuerdo a la frecuencia de las señales con que son sometidas. Mientras mayor sea la frecuencia de la señal y mayor sea la longitud de la línea de transmisión, mayor será la pérdida de la intensidad de la señal. En el gráfico mostrado en la figura 2.4 se observa que se tiene una pérdida de 16.5 dB y 25.1 dB para una frecuencia de 2.4GHz y 5.3GHz respectivamente, en ambos casos para una distancia de 100 pies. También se observa que existen diferentes tipos de líneas de transmisión las cuales presentan mejores características que otras pero que traen consigo un incremento en el costo, por lo cual es importante y necesario saber en el diseño, el nivel de pérdidas aceptable que se tendría que tener en las líneas de transmisión afín de no incrementar el costo del proyecto.

Actualmente las líneas de transmisión que se utilizan entre la ODU e IDU son cables UTP, y entre la ODU y la antena son cables coaxiales que por su corta longitud permiten tener bajas pérdidas.



IDU to ODU Interface

Outdoor CAT-5e cable; Maximum cable length: 100m

Fig.2.5 Equipo inalámbrico marca Radwin.

También se debe tener en consideración que la intensidad de la señal del receptor debe estar dentro de los márgenes normalizados, mayor a nivel de recepción mínimo requerido, y menor al nivel de recepción de saturación del equipo receptor. Para ello se

debe considerar las pérdidas en las líneas de transmisión según los cuadros proveídos por los fabricantes, los cuales brindaran las pérdidas por cada 100m en dB a una frecuencia dada.

Actualmente para enlaces inalámbricos de poca capacidad y cortas distancias los cables que suben a los equipos de RF externos (ODU) desde la IDU son cables UTP, STP utilizados en redes LAN. En estos equipos la parte de RF convive con la parte de circuitos de datos en un mismo modulo, adicionalmente estos equipos son energizados mediante la norma IEEE 802.3af PoE, energiza el equipo terminal (Equipo de RF en este caso) por el cable de datos.

Existen fabricantes como Alvarion, Canopy de Motorola, Netkrom, etc. Que utilizan este tipo de fabricación para aplicaciones pequeñas de última milla, pero que actualmente también están siendo usadas para aplicaciones a largas distancias. Se adjunta imágenes de algunos equipos para una mayor ilustración.



Fig.2.6 Equipo inalámbrico marca Alvarion (Wimax)

En este caso la IDU provee, brinda el voltaje necesario al equipo ODU (ya sea este integrado o con antena externa) mediante cableado UTP o STP outdoor.

2.1.5 Pruebas del enlace instalado

Para monitorear la estabilidad y/o calidad del enlace, se consideran las pruebas de evaluación respectivas. Lo más común en la actualidad es colocar un lazo interno en el extremo de recepción y realizar las pruebas de BERT con un equipo dedicado para ello, por ejemplo: EDT -135 de JDSU. Este equipo permite realizar la prueba mediante diferentes interfaces de conexión para los tributarios, ya sea RJ45, V35, Coaxial BNC, etc. Normalmente este equipo se deja conectado durante 24 horas afín de ver la calidad

y/o disponibilidad del enlace ante algún cambio de clima, o agente externo, el cual se ve reflejado en los errores que recibe el equipo.



Fig.2.7 Pruebas de BERT en un enlace inalámbrico

En la actualidad los mismos equipos de microondas pueden realizar diferentes tipos de lazo, estos en su mayoría se realizan mediante herramientas de gestión específica del mismo fabricante. Existen dos tipos de lazo, el lazo interno y el lazo externo. El lazo Interno, es el cual va predestinado para la red interna, el lazo externo (outloop) predestinado para la red externa (red de fuera de la red interna).

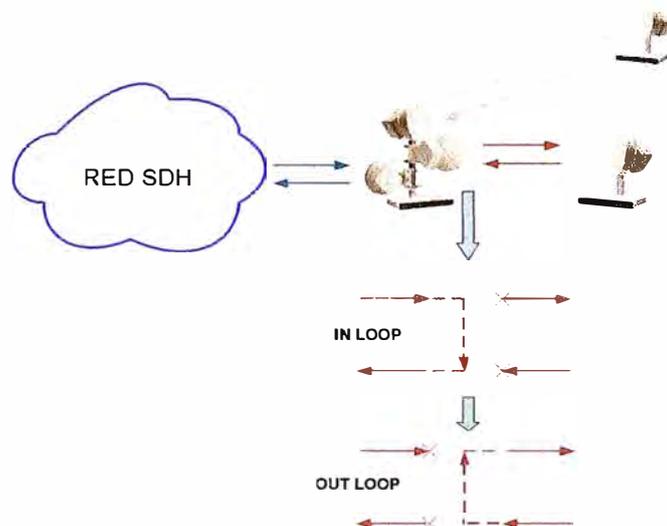


Fig.2.8 Loop's en una red SDH, PDH

Los lazos sirven para realizar pruebas de validación de los enlaces, así como también ayudan en la detección de averías (troubleshooting) ya que con ellos se puede ubicar en que tramos de la red se localiza un problema.

Actualmente existen equipos que dependiendo de la utilidad y capacidad, vienen en diferentes tipos de interfaces. Los más sofisticados son modulares, los cuales agregando la tarjeta indicada, se obtiene un tipo de redundancia, un enlace adicional y/o una interfaz adicional ya sea ésta de datos para el misma estación u otro tipo de interfaz

de RF para ser agregado como un enlace adicional a otra estación o POP.

La capacidad de los equipos es limitada y su aumento viene dado por una mejora con una licencia sin ningún tipo de hardware adicional (dependerá de la marca y modelo). Se adjunta la imagen de un equipo modular para redes SDH de la marca Harris Stratex.

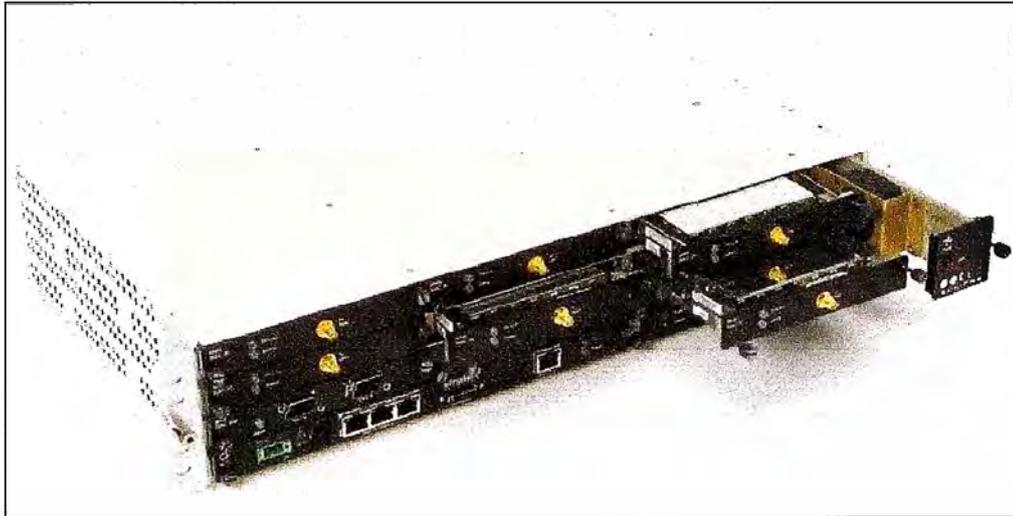


Fig.2.9 Unidad de interior de enlace inalámbrico Harris Stratex

2.2- Sistemas de Comunicación de voz

A continuación se estudia en esta parte ciertos conceptos de la telefonía convencional así como de la telefonía de voz sobre IP, también se menciona la telefonía digital, pero no se realizará un análisis de ello ya que no es parte del presente proyecto.

2.2.1.- Sistemas de Telefonía Convencional

Introducción.- Como es de conocimiento, la voz se encuentra entre las frecuencia de 20Hz a 20KHz. Se ha comprobado también que entre los 20Hz y 4KHz una persona puede reconocer el timbre de voz de otra, por lo que este rango es usado para telefonía. Por la ley de Nyquist la frecuencia de muestreo debe ser el doble de la frecuencia máxima de la señal, por lo que para la voz la frecuencia de muestreo debe ser de 8KHz como mínimo.

La codificación PCM indica que cada muestra debe estar codificada en 8bits ya sea en ulaw o alaw (ley de los trece segmentos).

$$BW = \text{Muestras/seg} \times \text{Numero de bits/muestra} \quad (1.3)$$

$$BW = 8000 \text{ muestras/seg.} \times 8\text{bits/muestra} = 64 \text{ k bits / seg.} \quad (1.4)$$

También se conoce a este tipo de codificación de 64kbits como códec G.711 en los sistemas de voz sobre IP.

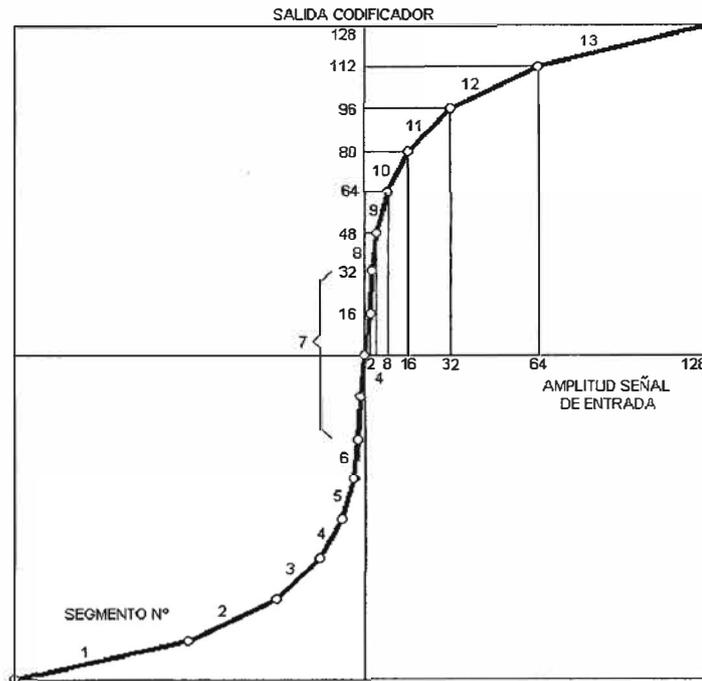


Figura2.10. Representación gráfica de la ley A (a-law)

Hay que resaltar el tema de ulaw y alaw, ya que esto debe servir en la configuración futura de los equipos IP interconectados con los sistemas telefónicos convencionales.

2.2.2.- Interfaces de líneas o de Voz en sistemas analógicos.

a) FXO (Foreign Exchange Office): Puerto analógico de entrada en una PBX para la conexión de líneas telefónicas provenientes de una CO, actúa similar a un teléfono. En resumen es la interfaz de central externa, es el puerto que recibe la línea analógica. Es un enchufe del teléfono o aparato de fax, o el enchufe de su central telefónica analógica. Envía una indicación de colgado/descolgado (cierre de bucle). Como el puerto FXO está adjunto a un dispositivo, tal como un fax o teléfono, el dispositivo a menudo se denomina "dispositivo FXO".

b) FXS (Foreign Exchange Station): Puerto analógico de salida de una PBX o CO usado para la conexión de teléfonos. En resumen interfaz de abonado externo es el puerto que efectivamente envía la línea analógica al abonado. En otras palabras, es el "enchufe de la pared" que envía tono de marcado, corriente para la batería y tensión de llamada

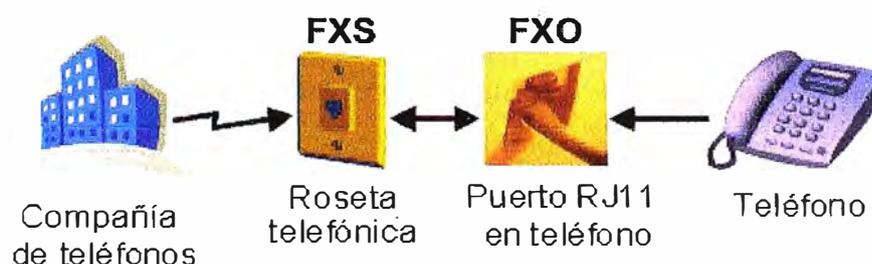


Figura2.11 Elementos FXS y FXO.

c) E&M (Ear and Mouth): Puerto troncal analógico utilizado para conexiones entre centrales telefónicas CO y PBXs, se utiliza 2 o 4 líneas para audio y 2(E y M) para señalización. Existen varios tipos, Tipo I, II, III, IV y V, así como también varía el tipo de señalización de supervisión.

Afin de evitar una explicación extensa de cada caso, se explicará el caso usado para este proyecto, 4 hilos, tipo 2. Lo que se explica en esta sección es el tipo de señalización de supervisión de acceso telefónico, ya que su aplicación es trascendental para la interconexión con sistemas antiguos de telefonía.

2.2.3.- Señalización de supervisión de acceso telefónico en canales E&M (Start Dial Supervision Signaling)

La señalización de supervisión es un protocolo que define como se manejará la troncal E&M y pasara la información de señalización tales como los dígitos DTMF (Dual Tone Multifrequency). Existen tres principales técnicas usadas para señalización de acceso telefónico E&M, las cuales se muestran a continuación.

a) Señalización por guiño (Wink Start).

Wink es el protocolo comúnmente más usado. A continuación mostramos el proceso de operación de la señalización por guiño (Ver Figura 2.12).

1. El origen maneja la troncal cambiando su estado a descolgado.
2. La terminación permanece inactivo (colgado) hasta que el equipo colector de dígitos esté preparado.
3. Una vez que el lado terminal esté preparado, éste envía un guiño. Un guiño es una transición de descolgado a colgado. Esta transición tiene un rango de entre 100 a 350 ms. Ver Figura 2.12.
4. Una vez que el lado origen recibe el guiño, (este guiño es interpretado como una señal de proceder), éste envía los dígitos marcados.
5. Luego la llamada es enrutada a su destino.
6. Cuando el destino responde, el lado terminal responde cambiando de estado a descolgado, con ello se abre el canal de comunicación.
7. Ambos lados, terminal y origen permanecen en descolgado mientras la llamada dure.
8. Cualquier lado puede desconectar la llamada cambiando su estado a colgado.

La razón principal para usar la señalización por guiño sobre la señalización inmediata (otro modo de señalización) es para asegurarse que los lados que reciben los dígitos DTMF estén preparados para recibirlos. Para una central telefónica PBX, los receptores son recursos compartidos y estos pueden ser menos que la cantidad total de líneas y troncales. Otra razón es la reducción del deslumbramiento (glare reduction). El deslumbramiento se produce cuando los dos extremos intentan tomar la troncal a la vez.

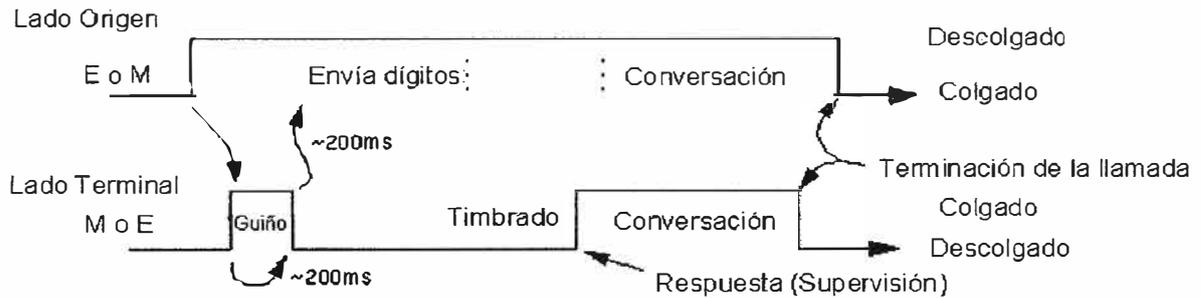


Figura 2.12. Funcionamiento señalización Wink Start.

b) Señalización inmediata (Immediate Start)

Este es el protocolo más básico. En esta técnica, cuando el lado originador va a estado descolgado, espera un periodo de tiempo (de 200 ms. por ejemplo) luego envía los dígitos marcados sin tener en consideración el estado del lado remoto (far end), ver Figura 2.13.

La señalización inmediata es menos confiable que el método por guiño. En este caso no existe una señal de guiño que indica que el lado remoto está apto para recibir llamadas, por lo tanto preparado para la recepción de los dígitos marcados. En algunas situaciones, la PBX puede estar bajo una pesada carga y no es capaz de recibir los dígitos marcados, enviados desde un equipo Cisco lo suficientemente rápido (por ejemplo). En este caso, la llamada no se completa debido a que el equipo cisco envía los dígitos DTMF antes que la PBX esté preparada para aceptarlos. Por lo tanto, para una máxima confiabilidad, la señalización por guiño es preferido sobre la inmediata.

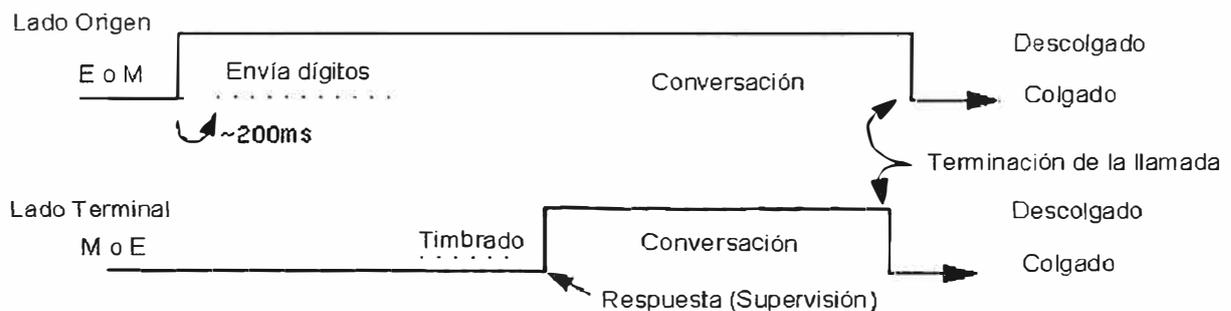


Figura 2.13. Funcionamiento señalización Immediate start o inmediata.

c) Señalización Delay Dial o de retraso de línea.

El proceso de operación de la señalización Delay Dial es mostrado en seguida. (Ver Figura 2.14).

1. El lado origen maneja la troncal cambiando su estado a descolgado.
2. El lado terminal responde colocándose a descolgado.
3. El lado terminal permanece en descolgado hasta que esté preparado para recibir la marcación de dígitos (address information).
4. Cuando el lado terminal se encuentre preparado, éste se coloca en colgado. El

intervalo inicial de tiempo es la señal de retraso de línea (señal delay dial).

5. El lado origen comienza a enviar la marcación de dígitos.
6. La llamada es enrutada a su destino.
7. Cuando el destino responde, el lado terminal responde colocándose en descolgado.
8. Ambos extremos permanecen descolgados durante el intervalo de la llamada.
9. Cualquier extremo puede desconectar la llamada cambiando de estado en colgado.

El tipo de señalización de retraso de línea es creado debido a que aún existen algunos problemas en el campo con la señalización por guiño. Hay equipos envían un guiño, pero que no estaban preparados para recibir dígitos de marcación al instante después de enviar el guiño.

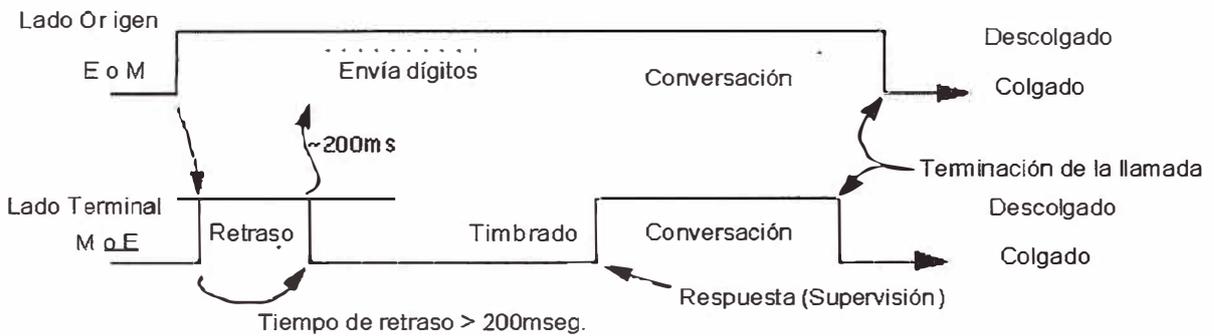


Figura 2.14 Funcionamiento señalización Delay Dial o de retraso de línea.

A continuación se muestra el modelo interface Tipo 2 E&M, 4 hilos

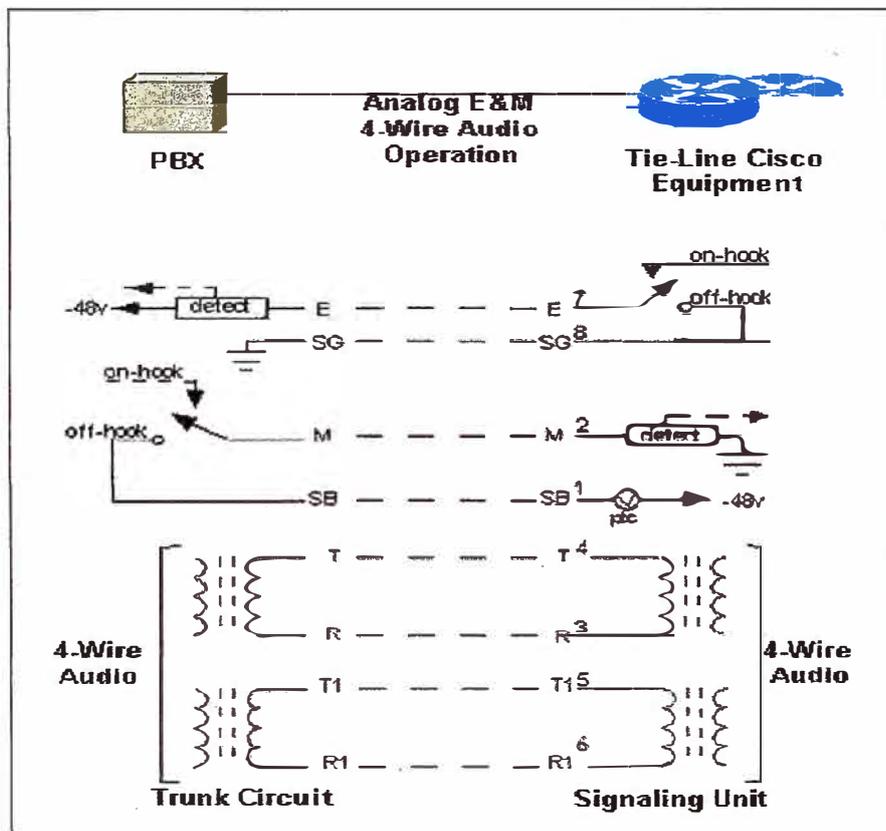


Figura 2.15 Modelo interface Tipo 2 E&M, 4 hilos

Las interfaces de líneas o de Voz en sistemas digitales

Las interfaces de líneas o de Voz en sistemas digitales actualmente son usadas a nivel corporativo (empresas). Por ejemplo, una empresa desea adquirir 50 líneas telefónicas con su respectiva numeración, si esta solicitud la realiza mediante la telefonía convencional, la central telefónica de esta empresa tendría que ser capaz de aceptar las 50 líneas o lo que es lo mismo 100 hilos de cobre. Las tarjeta de troncales analógicas ocuparían demasiados slots en la PBX, es inviable este tipo de soluciones para la telefónica convencional. Razón por ello surge la telefonía digital, se dice un PRI (Línea primaria) el cual se asemeja a un enlace E1, este tiene 30 canales de voz de 64kbps, 01 canal de señalización y otro de sincronización. Los servicios digitales se brindan en su mayoría mediante fibra óptica. Una línea primaria puede tener una cantidad de DID's mucho mayor que 30 canales (que es la cantidad de llamadas simultaneas que se podrá realizar). Esta y muchas características que no se mencionan son algunas de las ventajas de la telefonía digital, parte de las RDSI. Ejemplos: E1 (Señalización R2, SS7, ISDN PRI). S/T (Señalización ISDN BRI). Actualmente estos sistemas además de ser usados para los servicios de telefonía, son usados como contingencia para los enlaces de datos, al ser una arquitectura externa a la red de datos convencional. Estos sistemas son usados en su mayoría por los bancos debido a la alta disponibilidad del servicio que deben tener.

2.3 Sistemas de Voz sobre IP

En esta parte se explica el funcionamiento de los sistemas de telefonía sobre IP, específicamente los Gateway de VoIP. Los equipos Gateway de voz adaptan las señales eléctricas convencionales de telefonía, las encapsulan y envían mediante la red o internet. Estos equipos realizan la transformación de la conmutación de circuitos a la conmutación de paquetes. Se utilizan mayormente en soluciones donde se requiere hacer un cambio gradual de la tecnología ya que mediante estos equipos se logra la integración de los sistemas de telefonía convencional y la de voz sobre IP. Como es conocido estos equipos dependiendo de la calidad pueden llegar a ser tan complejos de tal manera que se pueden configurar varios parámetros, o tan simple como configurar una PC en una red. La marca que usaremos como referencia es un equipo AddPac, la CLI que usa este equipo es muy parecida al que usa Cisco. El sistema sobre el cual opera este equipo es el APOS (Add Pac Operation System). Para entender esta tecnología es necesario comprender los términos códec, calidad de servicio, niveles de señal, así como algunos protocolos como H.323.

H.323 ha sido desarrollado por la UIT, en mayo de 1996 como un medio para transmitir voz, vídeo, datos, fax y de las comunicaciones a través de una red basada en

IP al tiempo que se mantiene la conectividad con la RTPC. Desde entonces, H.323 ha pasado por varias versiones y anexos (que añaden funcionalidad al protocolo), lo que le permite operar en las redes de VoIP pura y más amplia distribución de redes. Fue creado casi al mismo tiempo que SIP, pero fue más extensamente adoptado y desplegado. Hoy, la mayoría del tráfico de VoIP del mundo es transportado en H.323, con mil millones de minutos de tráfico generados cada mes. La fuerza de H.323's se basa en su capacidad de servir en un variedad de papeles, incluyendo la comunicación de multimedia (voz, vídeo, y comunicación de datos), así como usos donde es vital el intertrabajar con la RTPC. H.323 fue diseñado desde un principio para las comunicaciones multimedia sobre redes IP, convirtiéndose en la solución perfecta para las redes de comunicaciones multimedia en tiempo real basadas en paquetes.

2.3.1 Códec

Son algoritmos de compresión de datos de audio para voz, el códec más conocido es el G.711 utilizado para la telefónica convencional en la PSTN, este códec es la base de los demás códec y es obtenido de la transformación de la señal continua analógica de la voz en valores discretos mediante la técnica PCM. El códec G.729, probablemente es el segundo más conocido después del G.711, G.729 se usa mayoritariamente en aplicaciones de Voz sobre IP VoIP por sus bajos requerimientos en ancho de banda. El estándar G.729 opera a una tasa de bits de 8 kbit/s, pero existen extensiones, las cuales suministran también tasas de 6.4 kbit/s y de 11.8 kbit/s para peor o mejor calidad en la conversación respectivamente. También es muy común G.729a el cual es compatible con G.729, pero requiere menos cómputo.

2.3.2 Calidad de Servicio

La calidad de servicio juega un papel trascendental en las redes ya que sin ellos no se podría priorizar el tráfico en voz sobre el tráfico de datos. Los problemas de la calidad del servicio en VoIP vienen derivados de dos factores principalmente.

a) Internet es un sistema basado en conmutación de paquetes y por tanto la información no viaja siempre por el mismo camino. Esto produce efectos como la pérdida de paquetes o el jitter.

b) Las comunicaciones Voz sobre IP son en tiempo real lo que produce que efectos como el eco, la pérdida de paquetes y el retardo o latencia sean muy molestos y perjudiciales y deben ser evitados.

Jitter.- Causas: El jitter es un efecto de las redes de datos no orientadas a conexión y basadas en conmutación de paquetes. Como la información se discretiza en paquetes cada uno de los paquetes puede seguir una ruta distinta para llegar al destino común. El jitter se define técnicamente como la variación en el tiempo en la llegada de los paquetes,

causada por congestión de red, pérdida de sincronización o por las diferentes rutas seguidas por los paquetes para llegar al destino. Las comunicaciones en tiempo real (como Voz sobre IP) son especialmente sensibles a este efecto. En general, es un problema frecuente en enlaces lentos o congestionados. Se resuelve aplicando calidad de servicio en las redes priorizando el tráfico de voz sobre el de datos (mecanismos de QoS), reservando un ancho de banda o mantener la red no congestionada.

Perdida de paquetes.- Causas: Las comunicaciones en tiempo real están basadas en el protocolo UDP. Este protocolo no está orientado a conexión y si se produce una pérdida de paquetes no se reenvían. Además la pérdida de paquetes también se produce por descartes de paquetes que no llegan a tiempo al receptor. Sin embargo la voz es bastante predictiva y si se pierden paquetes aislados se puede recomponer la voz de una manera bastante óptima. El problema es mayor cuando se producen pérdidas de paquetes en ráfagas. La pérdida de paquetes máxima admitida para que no se degrade la comunicación deber ser inferior al 1%. Pero es bastante dependiente del códec que se utiliza. Cuanto mayor sea la compresión del códec más pernicioso es el efecto de la pérdida de paquetes. Una pérdida del 1% degrada más la comunicación si se usa el códec G.729 en vez del G.711. A continuación mostraremos el funcionamiento de la calidad de servicio en un router CPE, el cual tiene un servicio de conexión de datos configurado. Sobre este enlace se configuraran las políticas de calidad de servicio para priorizar los diferentes tráficos existentes de acuerdo a las exigencias de un cliente, tal como el tráfico de voz o sistemas críticos. En nuestro proyecto, la configuración de la calidad de servicio se configurara de la siguiente manera.

Se aplicará en la interfaz a usar, los comandos:

`(config-ether0.0)# qos-control 200 150`, este comando configura la calidad de servicio (QoS), configura el ancho de banda de recepción y PPS como “20Kbps ~ 150Kpbs”. Es preciso resaltar que para este tipo de soluciones es necesario instalar el equipo Gateway de voz antes de cualquier equipo de red interno, afín de manejar la calidad de servicio. Tal como se muestra en la imagen de la figura 2.15.

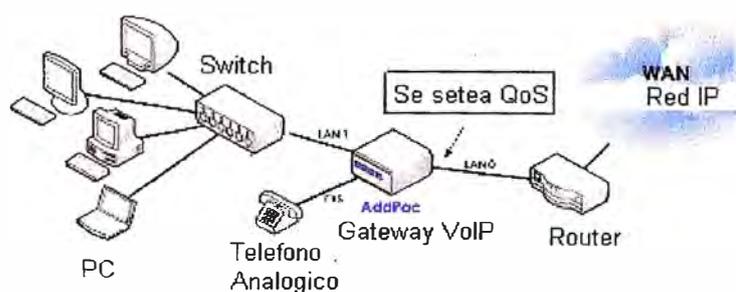


Figura 2.16. Instalación recomendada para los Gateway de voz.

En caso que no se instale el equipo Gateway antes de la LAN interna, la política de QoS no funcionaría, ya que el switch consideraría al equipo Gateway como una PC más.

2.3.3 Niveles de señal en canales E&M

Es común encontrar en los sistemas de telecomunicaciones que los niveles de señal recibidos o enviados por los equipos sean interpretados como unos o ceros, como un sí o un no, de acuerdo a la magnitud de la señal. Los sistemas de telefonía no son la excepción, para ello estudiaremos la unidad de medición dBm.

dBm es una unidad de medida utilizada principalmente en telecomunicaciones para expresar la potencia absoluta mediante una relación logarítmica.

El dBm se define como el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia de 1 mW. El valor en dBm en un punto, donde tenemos una potencia P, viene dado por la fórmula siguiente:

$$\text{dBm} = 10 \times \log \frac{P}{1\text{mW}} \quad (1.5)$$

A continuación se muestra los niveles de señal requeridos para los enlaces E&M (usados en nuestro proyecto).

Tabla 2.2 Niveles de señal para calibración.

E&M	Pachachaca		Mahrtunel (Mux)	
Enlace Telefonía	RX	-7 dBm	0 dBm	RX
	TX	0 dBm	- 16 dBm	TX
Enlace a RTU	RX	- 17 dBm	0 dBm	RX
	TX	0 dBm	- 6 dBm	TX

En la tabla 2.2 Se muestran los niveles de señal de un enlace E&M de un Mux a un RTU y un enlace E&M de un Mux a una Central telefónica. (Medidas a una frecuencia de prueba de 1kHz).

El cuadro anterior indica que ante un envío de señal de 0dBm de magnitud a 1kHz, se debería tener una señal de recepción de - 7dBm y - 17dBm para el enlace E&M a una Central Telefónica y una RTU respectivamente. La no aplicación de los niveles de señal adecuados puede repercutir en la degradación de la calidad del servicio, en el caso de telefonía se pueden presentar ecos, ruido, un aumento exagerado del volumen, etc. En los canales E&M que son usados para data, repercutiría en la transmisión de datos

erróneos o en el no establecimiento del enlace para la transmisión de los datos.

2.4 Sistemas de suministro eléctrico

Los sistemas de suministro eléctrico juegan un papel trascendental en los sistemas de telecomunicaciones, aun más cuando los equipos de telecomunicaciones son instalados en provincia donde los factores climáticos tales como descargas atmosféricas, etc pueden llegar a averías los equipos, por ende afectar sustancialmente la disponibilidad de los servicios.

Este capítulo no trata de explicar en su totalidad el funcionamiento de los sistemas eléctricos para telecomunicaciones ya que se extendería demasiado. Este capítulo brindará una idea de los equipos que se tienen en los POP o Nodos de telecomunicaciones, afín de tener una alimentación eléctrica y protección correcta de los equipos.

2.4.1. Banco de Baterías

Tal como se observa en la imagen de la figura 2.17, los bancos de batería para telecomunicaciones son de gran capacidad debido a que deben tener el tiempo de autonomía suficiente para soportar todos los equipos de telecomunicaciones instalados en un POP o NODO. Cada batería en este caso es de 2 Volt., lo que haría un total de 48 Volt. Véase que en la siguiente imagen el conectorizado entre las diferentes celdas con barras de cobre.



Figura 2.17 Banco de baterías para telecomunicaciones.

La autonomía de las baterías depende de algunos factores externos, como tiempo de uso, temperatura ambiente, etc. Para evitar realizar una explicación extensa del cálculo de la autonomía de una batería se toma como referencia el ejemplo siguiente:

Se multiplica el Voltaje nominal (V) por los Amperios hora (Ah), para obtener los Watts-hora de la batería. El resultado se multiplica por 0,70 para obtener los Wh reales que

puede suministrar dicha batería. El nuevo resultado obtenido se divide entre los Watts de la carga a alimentar. Ejemplo:

Voltios de la batería = 12 V

Amperios-hora de la batería = 70 Ah

Watts de la carga = 18 W

$12 \times 70 = 800$ Wh teórico

$800 \times 0.7 = 560$ Wh reales

$560 / 18 = 27,7$ horas que podrá alimentar dicha carga.

Nota: Esto es un aproximado y depende de factores reales (indicados por el fabricante del banco de baterías), según sea el caso.

2.4.2. Rectificadores e Inversores

Se define como un dispositivo eléctrico que convierte energía AC en energía DC. Los rectificadores permiten que la corriente fluya solamente en una dirección.

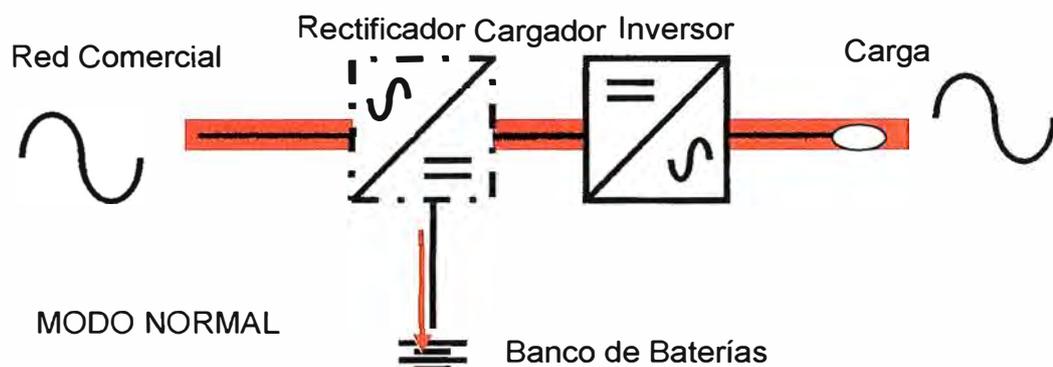


Figura 2.18. Sistemas de suministro eléctrico, rectificador, inversor y banco de baterías en condiciones normales.

Modo de Operación:

a) Condiciones Normales.- En condiciones normales la línea comercial entra al rectificador cargador, la cual a la vez que suministra el voltaje DC al Inversor, carga al Banco de Baterías.

b) Ausencia de Línea Comercial.- En ausencia de línea comercial el Banco de Baterías entrega directamente el Voltaje DC, lo cual permite que el Inversor pueda suministrar los 220VAC. El tiempo de autonomía de estos equipos dependerá de la capacidad del Banco de Baterías. Se debe tener en consideración que este es el principio básico de funcionamiento. Actualmente existen equipos modulares que vienen con un arreglo de rectificadores, así como un arreglo de inversores lo que permite aumentar la capacidad de suministro del sistema. Los equipos actuales vienen con una tarjeta de gestión que

permite monitorear casi todos los parámetros del sistema, así como obtener una gestión de las alarmas que se envían mediante traps SNMP a los servidores o gestores respectivos para tal propósito, de tal forma que se puedan registrar todos los eventos, tales como alarmas por corte de suministro eléctrico comercial, alta temperatura de baterías, límite de voltaje de baterías, etc.

c) Avería de algún módulo.- En caso se presente avería con el equipo estos conmutan a conexión directa, Bypass, con ello se garantiza la operatividad ante fallas.

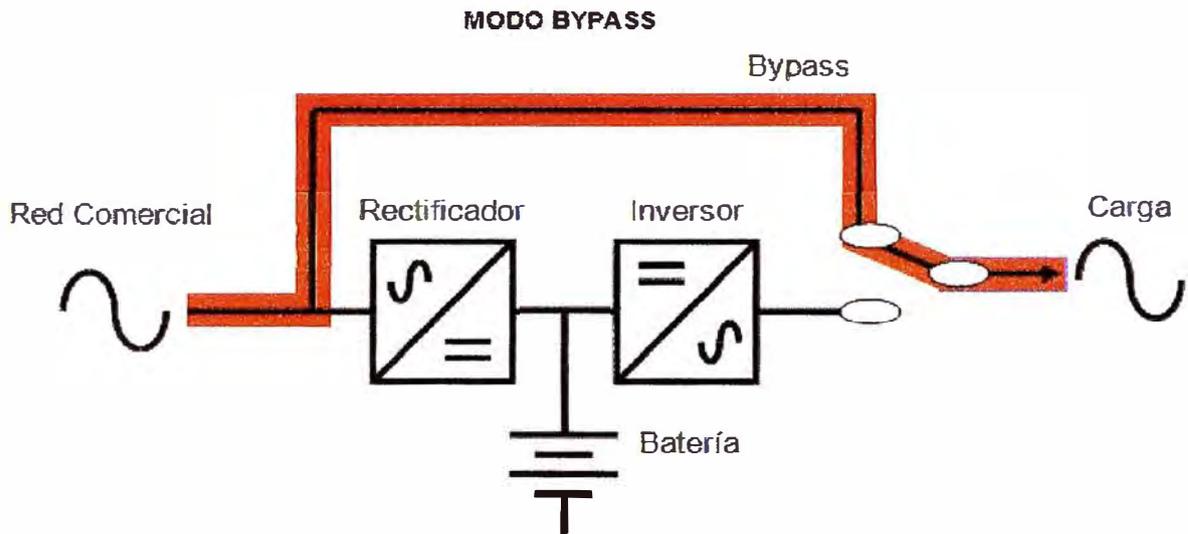


Figura 2.19 Modo de operación en Bypass.

2.4.3.- Sistemas de Puesta a Tierra

Los sistemas de puesta a tierra para los sistemas de telecomunicaciones son trascendentales afín de evitar la avería de equipos. En la primera figura se observa el sistema de aterramiento estándar en la línea de transmisión de la IDU a la ODU, adicionalmente en algunas instalaciones es necesario la instalación de aterradores especiales con fusible que permiten aislar las descargas que puedan provenir del medio exterior a los equipos internos dentro de la sala de comunicaciones o POP.

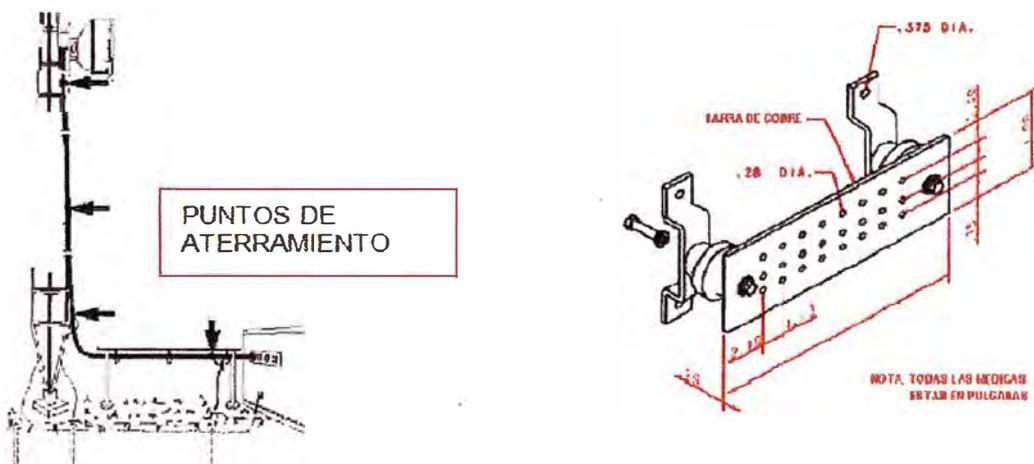


Figura 2.20 Aterramiento en sistemas de telecomunicaciones.

La conexión debe hacerse utilizando un conductor resistente a la intemperie del calibre indicado según especificaciones de los equipos. Las líneas de transmisión deben ser puestas a tierra con sus respectivos conjuntos de aterramientos y conectadas en todas las barras que existan en su recorrido. Adicionalmente se debe tener especial cuidado en las partes metálicas descubiertas de equipos fijos, no destinadas a transportar corriente y tengan probabilidades de entrar en contacto con partes activas en condiciones anormales. Los racks en los cuales se encuentren instalados los equipos así como los equipos de telecomunicaciones dentro deberán ser aterrados.

CAPÍTULO III

INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1.- Análisis Actual

A continuación se muestra un resumen del análisis de la situación actual, mostrando que equipos se usan, y los problemas encontrados. La Fig. 3.1 muestra el diagrama actual de comunicaciones en las sedes involucradas por la empresa eléctrica generadora.

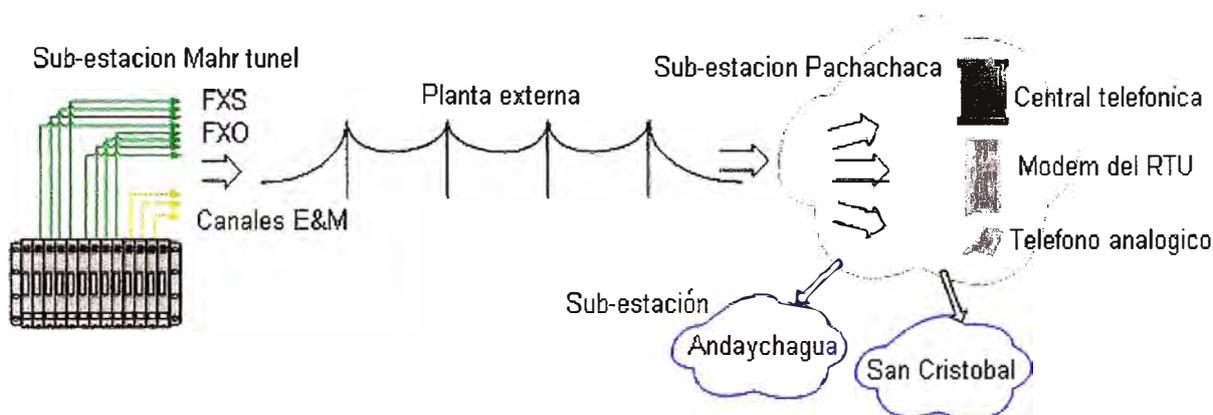


Figura 3.1 Diagrama actual de comunicaciones

3.1.1.- Sistema actual de Telefonía

El sistema de telefonía en la sede Mahr Tunel es suministrado mediante el uso de tarjetas FXS, FXO y E&M en los multiplexores del sistema de microondas analógico actual, los cuales mediante una solución cableada es llevada por posteria (planta externa) a los puntos finales para la distribución de los servicios en la sede de la sub-estación Pachachaca. Actualmente se utiliza 01 enlace E&M para la comunicación con la central telefónica de Pachachaca, el requerimiento actual es el mismo, por lo que en la implementación se buscará liberar un par de hilos de cobre de la planta externa.

3.1.2.- Sistema actual de Comunicación de datos

Actualmente se utilizan 02 enlaces E&M para la comunicación con las RTU, el requerimiento actual es de 04 enlaces E&M, tres de ellas para la conexión con las RTU y una para la interconexión con la central telefónica de Pachachaca. Adicionalmente se utilizan 02 líneas analógicas, una para la obtención de datos de un medidor de energía, y la otra para un reloj marcador de ingreso.

A continuación mostramos un resumen de la situación actual, los servicios activos y los nuevos requerimientos.

Pachachaca:

Tabla 3.1 Requerimientos actuales en la sub-estación Pachachaca

Status	Cantidad	
	Activas	Necesarias
Líneas para telefonía	3	6
Líneas para Datos	2	2
Canales E&M para telefonía	1	1
Canales E&M para datos	2	3

Tal como se muestra en el cuadro anterior, los requerimientos actuales son mayores que los servicios activos. Actualmente debido a la degradación de la infraestructura de planta externa por agentes ambientales, se tiene varios pares de cobre averiados (cruzados, cortes) por lo que no se logran satisfacer dichos requerimientos.

3.2.- Ingeniería e Implementación de la solución

3.2.1.- Enlace inalámbrico punto punto

Debido a que la solución alámbrica actual entre las subestaciones de Mahr Tunel y Pachachaca genera muchos gastos en cuanto a instalación y mantenimiento, la solución adecuada es la instalación de un enlace inalámbrico en banda no licenciada que nos permita llevar los diferentes tipos de servicios por un mismo medio. El equipo inalámbrico a usar es un Canopy Backhaul, con reflector de 18 dBi. Se explican algunas características básicas de este equipo.

- Plato reflector 18 dBi
- Ganancia de la antena sin plato reflector 7 dBi
- Energizado del feeder por PoE
- Utilizado para aplicaciones sencillas.
- Ancho de banda de 4 Mbps (real comprobado)

Obs.: La factibilidad de la línea de vista y nivel de señal del enlace se da por superado debido a la distancia corta del enlace inalámbrico (menor a 3 Km). Se ha utilizado el método de espejos para verificar la línea de vista. A continuación se realiza el cálculo del enlace.

$$Pr = Pt - Lp - Ls + GantenaRx + GantenaTx + GReflectorRx + GReflectorTx \quad (3.1)$$

Las pérdidas en los cables no se consideran ya que el cableado de la IDU a la ODU se realiza mediante cable STP. Se consideran las pérdidas en espacio libre.

$$Ls = 32,4 + 20 \log(d/km) + 20 \log(f/MHz) \quad (3.2)$$

$$Ls = 32,4 + 20 \log(2.2km/km) + 20 \log(5.8 \times 10^3 MHz/MHz)$$

$$L_s = 39.25 + 75.27 = 114.52 \text{ dB}$$

$P_r = P_t - 114.52 + 18 + 18 + 7 + 7$. Se conoce la sensibilidad de recepción -86 dBm (de las especificaciones técnicas del equipo), el nivel de saturación es de -30 dBm . Se elige $P_t = 8 \text{ dBm}$

$$P_r = 8 - 114.52 + 18 + 18 + 7 + 7 = -56.52 \text{ dBm}$$

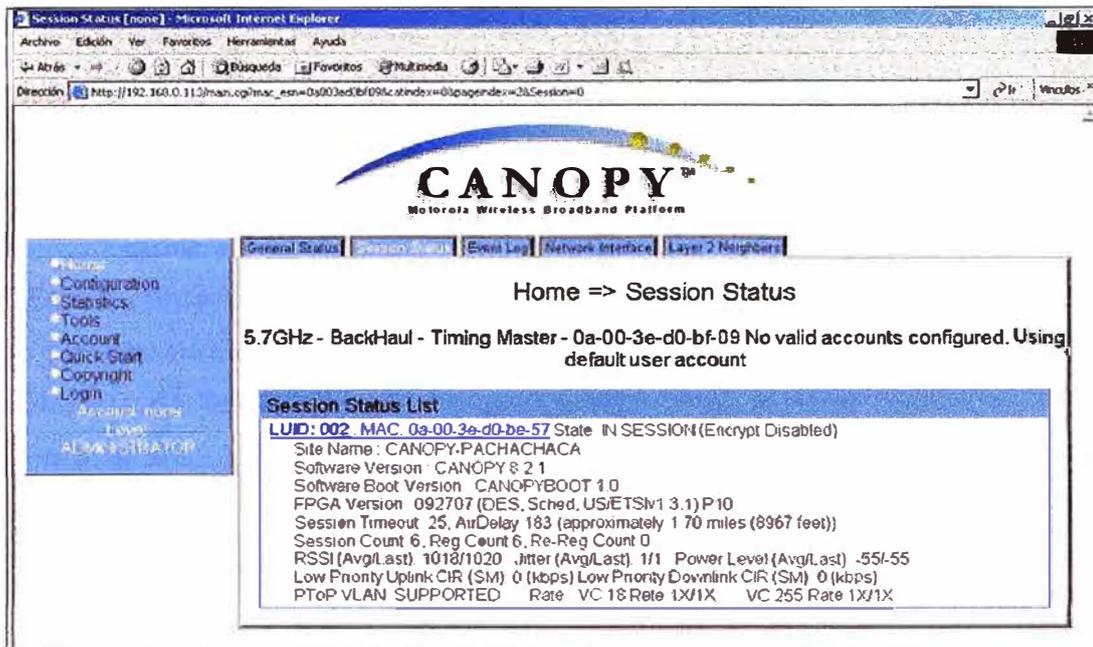


Figura 3.2 Parámetros del enlace inalámbrico obtenidos en campo

Tal como se muestra en la Figura 3.2, el nivel de recepción obtenido en Pachachaca es de aprox. -55 dBm , el cual es muy cercano al valor calculado en nuestro diseño. También se puede observar que la distancia real entre las dos sub-estaciones es de 8967 pies. En la Figura 3.4 se observa la configuración de la radio canopy como Maestro (master), esta configuración es comúnmente usada y útil para realizar múltiples saltos mediante enlaces canopy.

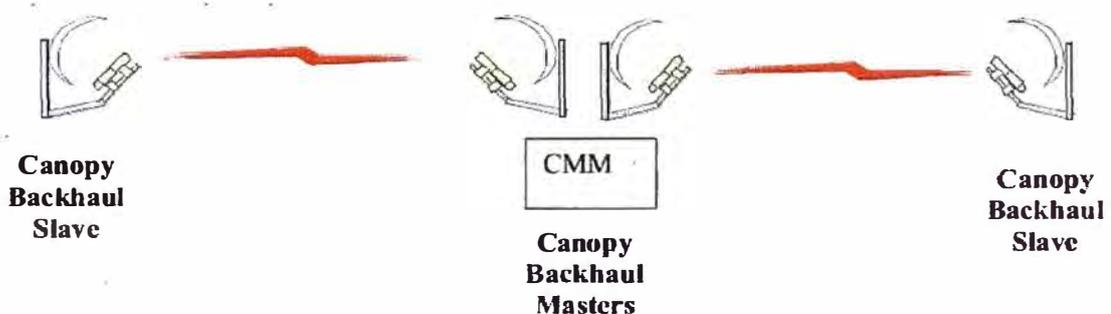


Figura 3.3 Aplicación de múltiples saltos, usando el modulo Maestro en medio del enlace

El modulo CMM mostrado en la figura 3.3 es un dispositivo que posee un receptor GPS que suministra el sincronismo de GPS a las radios canopy en un cluster, y/o

backhaul. Esta sincronización es importante debido a que evita que un AP (Punto de Acceso en un sector del Cluster) transmita cuando los demás APs cercanos están prestos a recibir las señales de los SMs (Suscriber Module o modulo suscriptor).

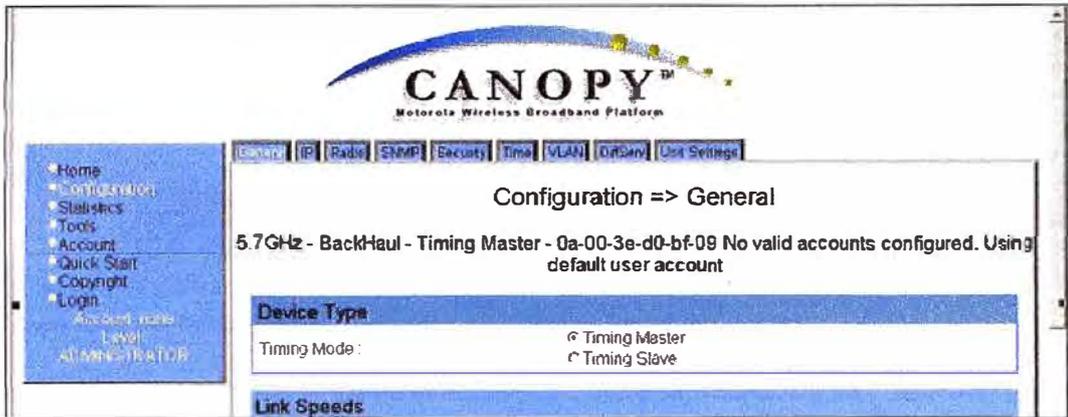


Figura 3.4 Configuración Maestro-Esclavo en las radios canopy

En este proyecto, al tratarse de un único enlace, se configurará una radio como maestro y el otro como esclavo.

3.2.2.- Sistema de Telefonía

Para la solución de telefonía se deben utilizar equipos Gateway de Voz de 8 puertos, un equipo de 08 puertos FXO, un equipo de 08 puertos FXS. Seis puertos de cada equipo serán usados exclusivamente para telefonía, voz.

Se debe instalar un equipo Gateway de voz AddPac AP1100 de 8 puertos FXO en la sub-estación de Mahr Tunel y un equipo Gateway de voz AddPac AP1100 de 8 puertos FXS, ellos funcionaran como anexos extendidos.

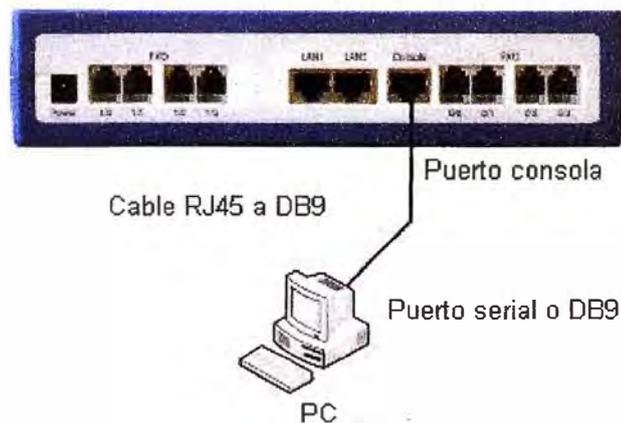


Figura 3.5 Equipo Gateway de voz de puertos FXO

Líneas analógicas para telefonía:

Tabla 3.2 Líneas analógicas

Línea	Códec	Necesarias
Líneas para telefonía	G729	6

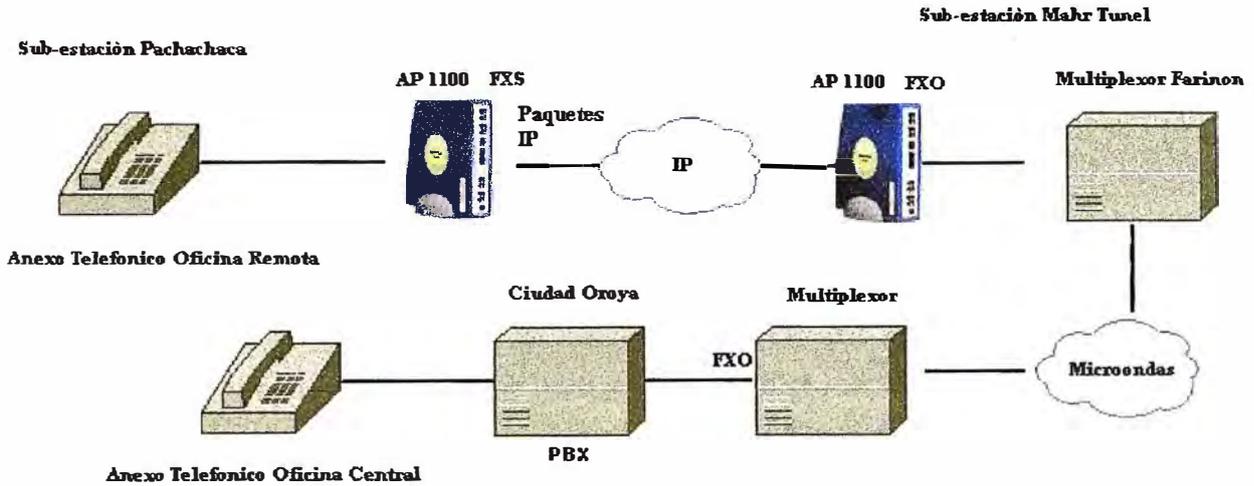


Figura 3.6 Solución de anexos extendidos hacia la sub-estación de Pachachaca.

Canales E&M para telefonía:

Tabla 3.2 Canales E&M para telefonía.

Línea	Tipo	Necesarias
Canales E&M para telefonía	4 Hilos – Tipo 2	1

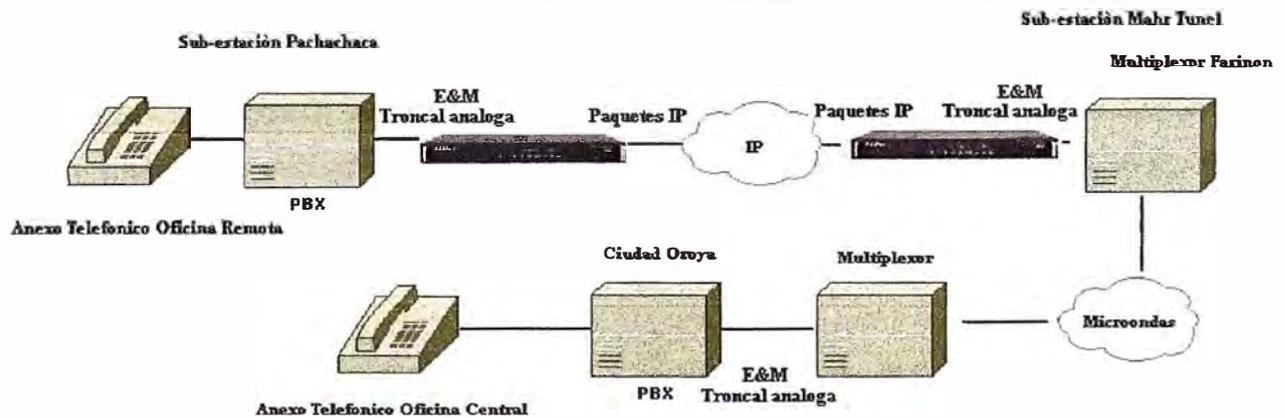


Figura 3.7 Solución de canales E&M, interconexión entre la PBX de la Sede Principal en la ciudad de la Oroya y la sub-estación de Pachachaca.

3.2.3.- Sistema de Comunicación de datos

Líneas analógicas para datos:

Tabla 3.3 Líneas de telefonía para datos.

Status	Códec	Necesarias
Líneas para Datos	G711	2

El escenario es el mismo que el mostrado en la figura 3.6, la diferencia radica principalmente que en vez de utilizar un aparato telefónico, se usará un modem para adquisición de datos. Obsérvese que para la transmisión de datos si se conserva el códec G.711, el cual consume más ancho de banda.

Canales E&M para datos:

Tabla 3.4 Canales E&M para datos.

Status	Tipo	Necesarias
Canales E&M para datos	4 Hilos – Tipo 2	3

El escenario para los canales E&M de datos, es el mismo que el mostrado en la figura 3.7, la única diferencia radica en que no se usara una central telefónica en los terminales, sino un modem E&M de un lado y por el otro el modem de la RTU en al sub-estación. Tener en consideración que para los canales E&M de datos se debe usar la señal de supervisión inmediata (Immediate), y la señalización de supervisión por guiño (Wink Start) para la interconexión con la central telefónica. Se utiliza la señalización por guiño (wink start) con la central telefónica de la Sub-estación de Pachachaca, ya que es la única señalización que esta central telefónica maneja. Para ello se realizaron pruebas de los enlaces entre los equipos AP2620 y dos canales E&M proveídos desde la central telefónica Avaya Definity, en el Centro de operaciones de la ciudad de la Oroya. Se configuraron los dos equipos AddPac 2620 de tal forma que el tráfico de voz hacia la Sub-estación de Pachaca debe pasar por ellos. Las pruebas realizadas fueron 100% exitosas. Adicionalmente se realizaron pruebas para la transmisión de datos mediante los canales E&M, para ello se instaló un equipo AddPac 2620 en una sede secundaria de la empresa generadora en la ciudad de la Oroya dentro de una red LAN. El otro equipo AddPac se instaló en la sede Principal centro de operaciones de la ciudad de la Oroya dentro de una red LAN diferente de la red LAN del otro equipo AddPac. Se procedió con la configuración de los equipos de acuerdo a la redes LAN en la que se encontraban. Se inyectaron señales con un Power Meter en ambos lados, y se simuló la puesta a tierra de los terminales E&M. Se verifico el funcionamiento completo de los equipos, específicamente también el funcionamiento de los atenuadores regulables que poseen estos equipos. Se verificó la configuración en Wink Start del canal E&M destinado a la central telefónica sub-estación de Pachachaca.

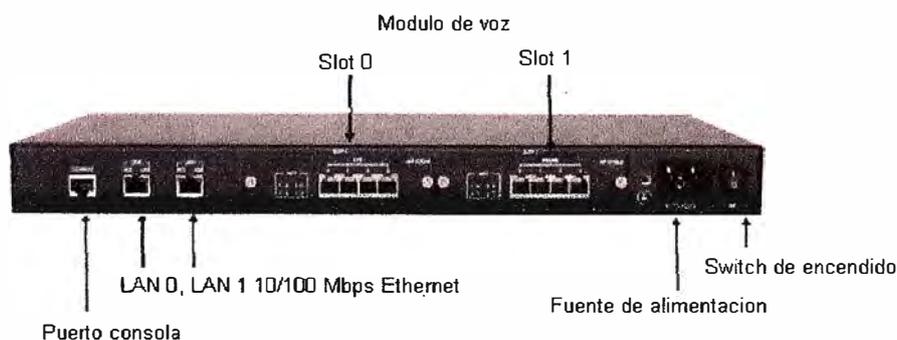


Figura 3.8 Equipo AddPac 2620

A continuación se muestra los niveles de señal requeridos para los enlaces E&M (usados en nuestro proyecto).

Tabla 3.5 Niveles de señal para la calibración de los canales E&M para datos y telefonía.

E&M	Pachachaca		Mahrtunel (Mux)	
	Enlace Telefonía	RX	-7 dBm	0 dBm
TX		0 dBm	- 16 dBm	TX
Enlace a RTU	RX	- 17 dBm	0 dBm	RX
	TX	0 dBm	- 6 dBm	TX

En el cuadro anterior, se muestran los niveles de señal de un canal E&M de un Mux a un RTU y un enlace E&M de un Mux a una Central telefónica. (Medidas a una frecuencia de prueba de 1kHz).

Para entender la configuración realizada en los equipos se hace una breve descripción de ella. A continuación se muestra parte de la configuración de algunos equipos FXO y FXS, los cuales funcionan como aplicación de anexos extendidos.

Interface ethernet 0.0

ip address 20.20.20.10 /24

→ Se configura la IP usada en el equipo FXS

dial-peer voice 0 pots

destination-pattern 1000

port 1/0

→ Indica que lo que venga con 1000 se enviara por la interface 1/0

voice port configuration

voice-port 1/0

connection plar 2000

→ Indica que lo que cuando se coja esta línea se enviara a la numeración 2000 automáticamente.

voip peer configuration

dial-peer voice 1000 voip

destination-pattern 200

sesión target 20.20.20.20

dtmf-relay h245-alphanumeric

→ En esta parte se define a que Gateway de voz se enviarán las llamadas con cierto patrón indicado.

Ahora mostraremos el otro extremo, el equipo Gateway de voz de puertos FXO.

```

Interface ethernet 0.0
ip address 20.20.20.20 /24
voice port configuration
    voice-port 1/0
    connection plar 1000
dial-peer voice 0 pots
    destination-pattern 2000
port 1/0
voip peer configuration
dial-peer voice 1000 voip
    destination-pattern 100
    sesión target 20.20.20.10
    dtmf-relay h245-alphanumeric

```

El funcionamiento

Se genera la llamada mediante los puertos FXS, al tener una conexión PLAR ésta automáticamente se dirige a la numeración 2000, el cual relaciona un *dial-peer voice XXX voip*, y se enruta al gateway de voz con la IP indicada. Recibida la información por el Gateway remoto, ésta verificará el patrón enviado, en este caso la numeración 2000, y decidirá a que puerto se debe derivar, en este ejemplo al puerto 1/0. Logrado todo ello, se habrá establecido una conexión entre los puertos 1/0 entre los equipos FXS y FXO. El funcionamiento es el mismo para una llamada ingresante al anexo.



Figura 3.9 Ejemplo de aplicación de anexos extendidos

En la Figura 3.9 Se observa una aplicación de anexos extendidos mediante un enlace T1, para el funcionamiento de esta solución se configura un conexión plar que va dirigido al Gateway de voz maui-vgw-01, el cual recibe la marcación de dígitos y lo de deriva al puerto fxs respectivo de acuerdo al patrón configurado.

A continuación se muestran las asignaciones de las IP's de los equipos a usar.

Asignación de Direcciones IP

Tabla 3.6 Dirección IP de los equipos de radio Canopy

Equipo	Dirección
Canopy - MAHR TUNEL	192.168.0.113 /24
Canopy - PACHACHACA	192.168.0.111 /24

Tabla 3.7. Dirección IP de los Gateways ADDPAC 2620

	MAHR TUNEL	PACHACHACA
LAN 0	192.168.0.114 /24	192.168.0.112 /24
LAN 1	192.168.207.201 /24	192.168.208.200 /24

Tabla 3.8. Dirección IP de los Gateways ADDPAC 1100

	MAHR TUNEL	PACHACHACA
LAN 0	192.168.207.202 /24	192.168.208.201 /24
LAN 1	Modo BRIDGE	Modo BRIDGE

Los equipos Canopy funcionarán en modo Bridge y estarán en la misma red de las interfaces WAN de los equipos AddPac 2620. Los equipos AddPac 1100 estarán configurados en otra red afín de separar las redes internas de las redes troncales de servicios y de esta forma guardar un orden. Para tener las dos redes conviviendo, las redes internas apuntan como default Gateway a la interface LAN de los equipos AddPac 2620. Afín de lograr la conectividad entre las redes se habilita la capacidad de enrutamiento de los equipos AddPac 2620, y se realiza el enrutamiento de las LAN internas de cada sub-estación apuntando a las WAN respectiva del siguiente salto. Las interfaces WAN de los equipos AddPac 1100 deberán conectarse a las interfaces LAN de los equipos AddPac 2620 y no después de cualquier equipo de capa 2, debido a que estos equipos aseguran el ancho de banda para los servicios de voz.

3.2.4 Resumen implementación del proyecto

Equipos usados:

a) Sub-Estación MAHR TÚNEL

1.- Inversor IPU1000 Gamatronic

Número de serie: 0747593030

2.- Radio Canopy Backhaul 5.7GHZ

Número de serie: 0a-00-3e-d0-be-57

3.- AddPac 1100F 8FXO

Número de serie: AP1100F-C 805030164

4.- AddPac 2620: Modulo de 4 E&M

Número de serie: 801153018

b) Sub-Estación PACHACHACA

1.- Inversor IPU1000 Gamatronic

Número de serie: 0747593029

2.-Radio Canopy Backhaul 5.7GHZ

Número de serie: 0a-00-3e-d0-bf-09

3.- AddPac 1100F 8FXS

Número de serie: 710235356

4.- AddPac 2620: Modulo de 4 E&M

Número de serie: 801153019

A continuación se muestran imágenes que hacen referencia a los conexionados de los equipos en cada una de las sub-estaciones.

Conexión Eléctrica del sistema Mahrtunel

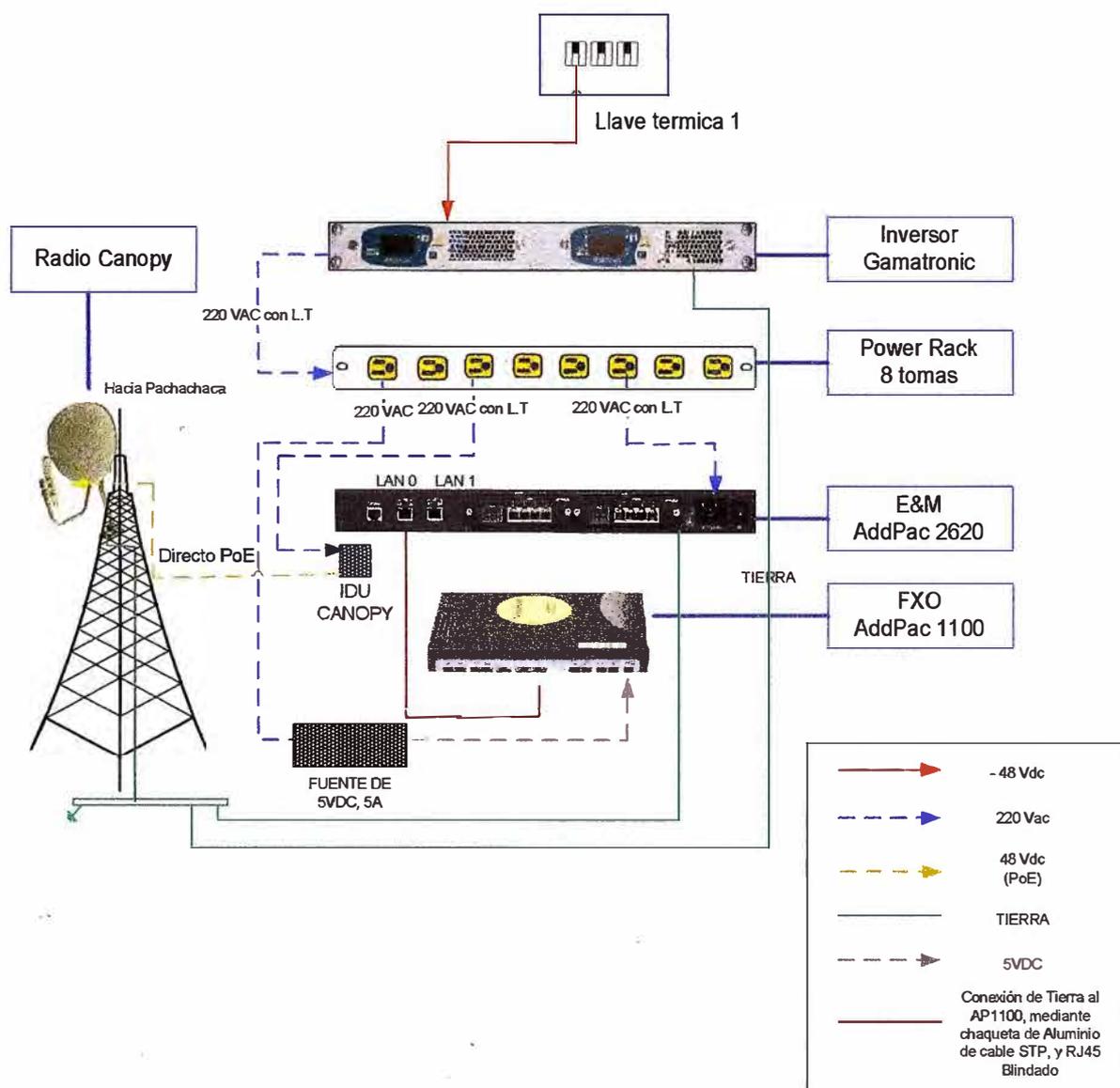


Figura 3.10 Esquema Conexionado eléctrico de los equipos

Tal como se observa en la figura 3.10, muestra el conexionado eléctrico y la puesta a tierra de los equipos para la sub-estación de Mahr tunnel.

**Interconexión de sistema
Mahr Tunnel**

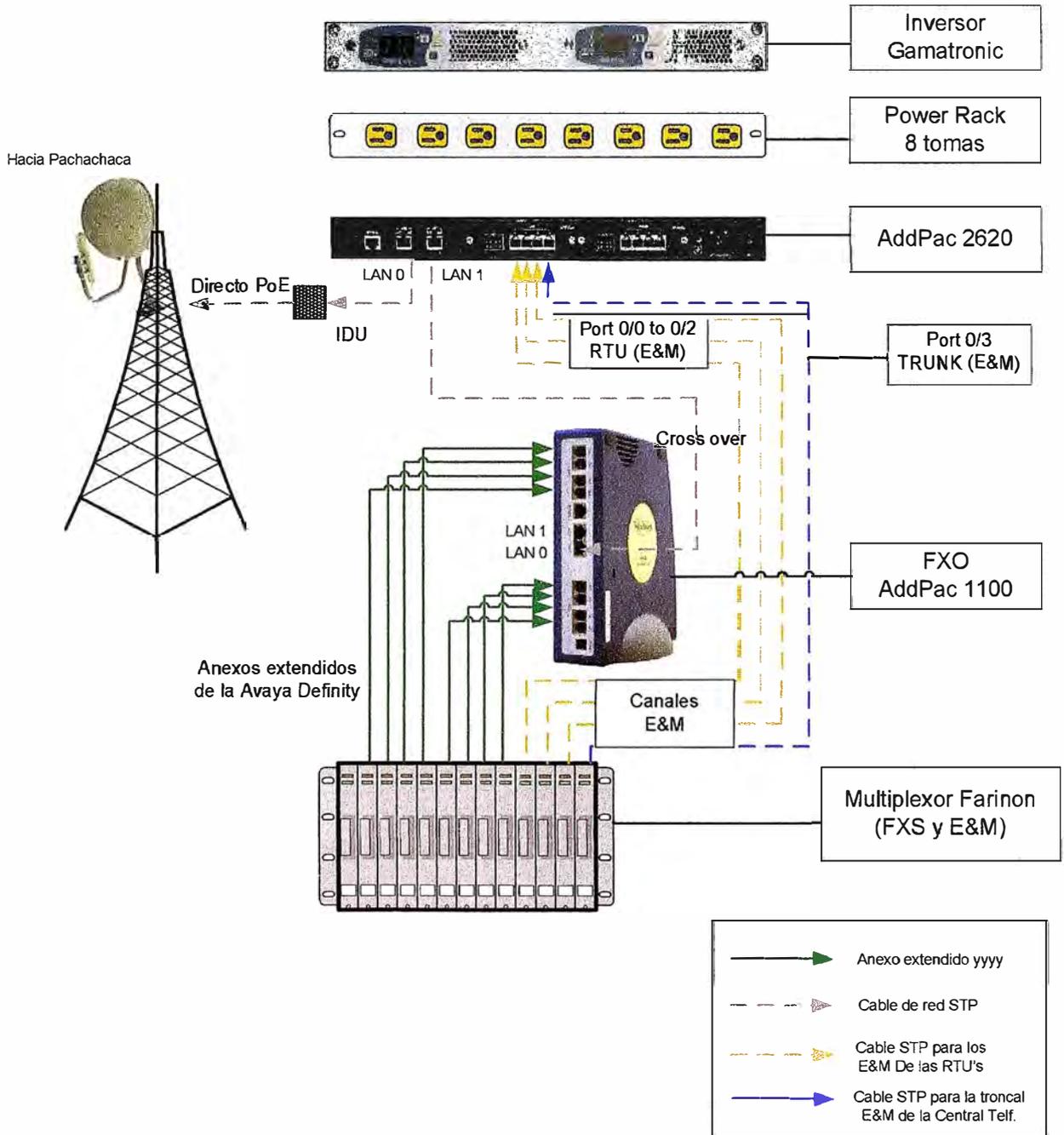


Figura 3.11 Conexionado de datos de los equipos

En la figura 3.11 Se muestra el conexionado de datos (cableado de datos y voz) entre los equipos internos presente en la sub-estación de Mahr tunnel. También se observa la interconexión de los cuatro canales E&M entre el multiplexor Farinon y el equipo Gateway de voz AP2620, este último se encargará de llevar los canales E&M a la sub-estación de Pachacha por el enlace inalámbrico, y terminarlo mediante otro terminal AddPac 2620 de las mismas características.

LAYOUT DE LOS EQUIPOS INSTALADOS

SUB-ESTACION MAHR TUNEL

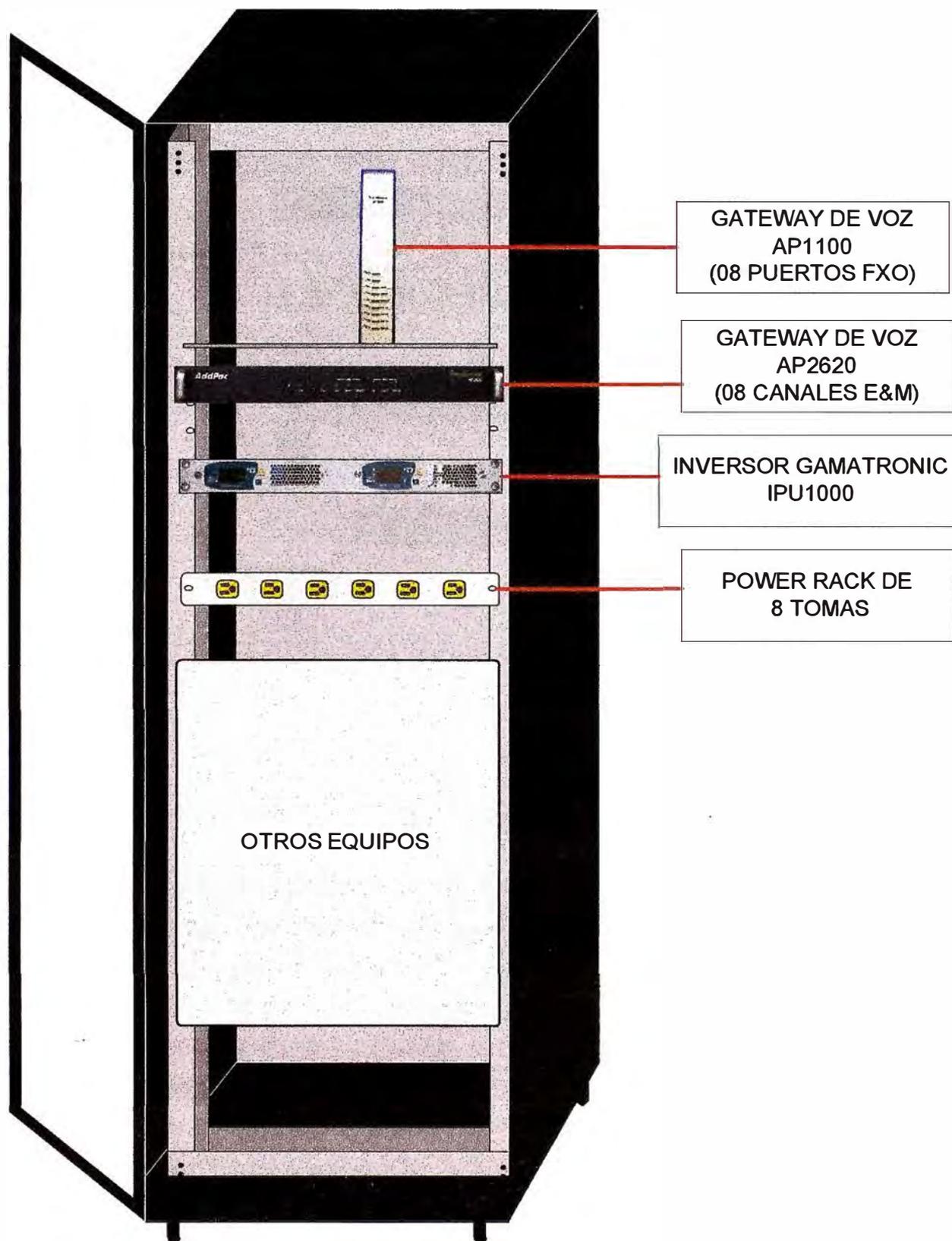


Figura 3.12 Distribución de equipos en Gabinete

Conexión Eléctrica del sistema Pachachaca

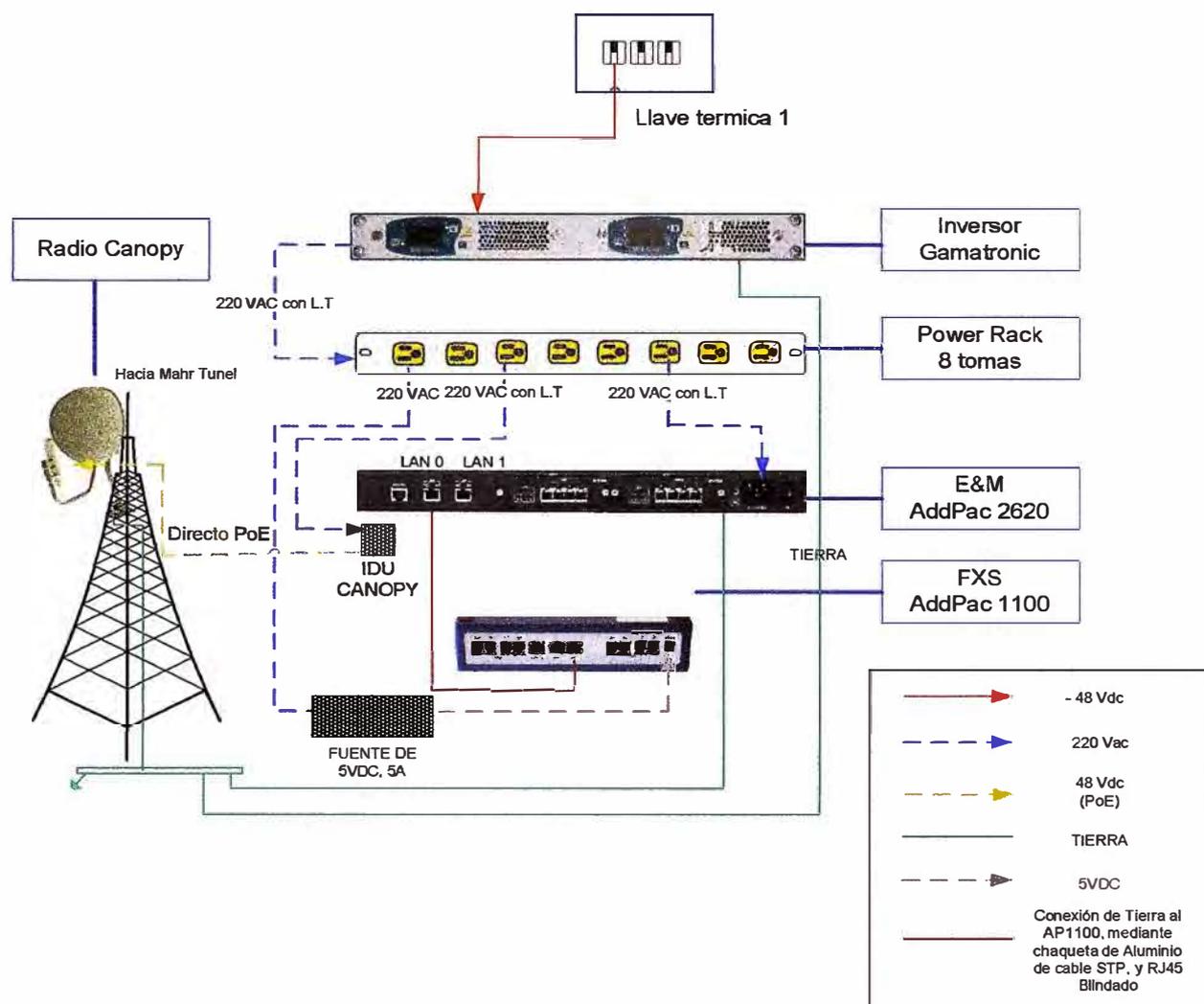


Figura 3.13 Esquemas Conexionado eléctrico de los equipos

Tal como podemos observar en la figura 3.13, se muestra el conexionado eléctrico de cada uno de los equipos instalados, así como la indicación en algunos casos de los valores de voltaje y corriente. En el grafico también se observa el conexionado de la puesta a tierra de cada uno de los equipos.

Los equipos AddPac 1100, no tiene una bornera exclusiva para la colocación de un toma a tierra, por lo que se optó por usar un cable STP con conectores blindados como patch cord entre los equipos AddPac 1100 y AddPac 2620, ya que estos últimos si poseen una bornera para tal fin.

En la siguiente figura se muestra el conexionado de datos en la sub-estación Pachachaca.

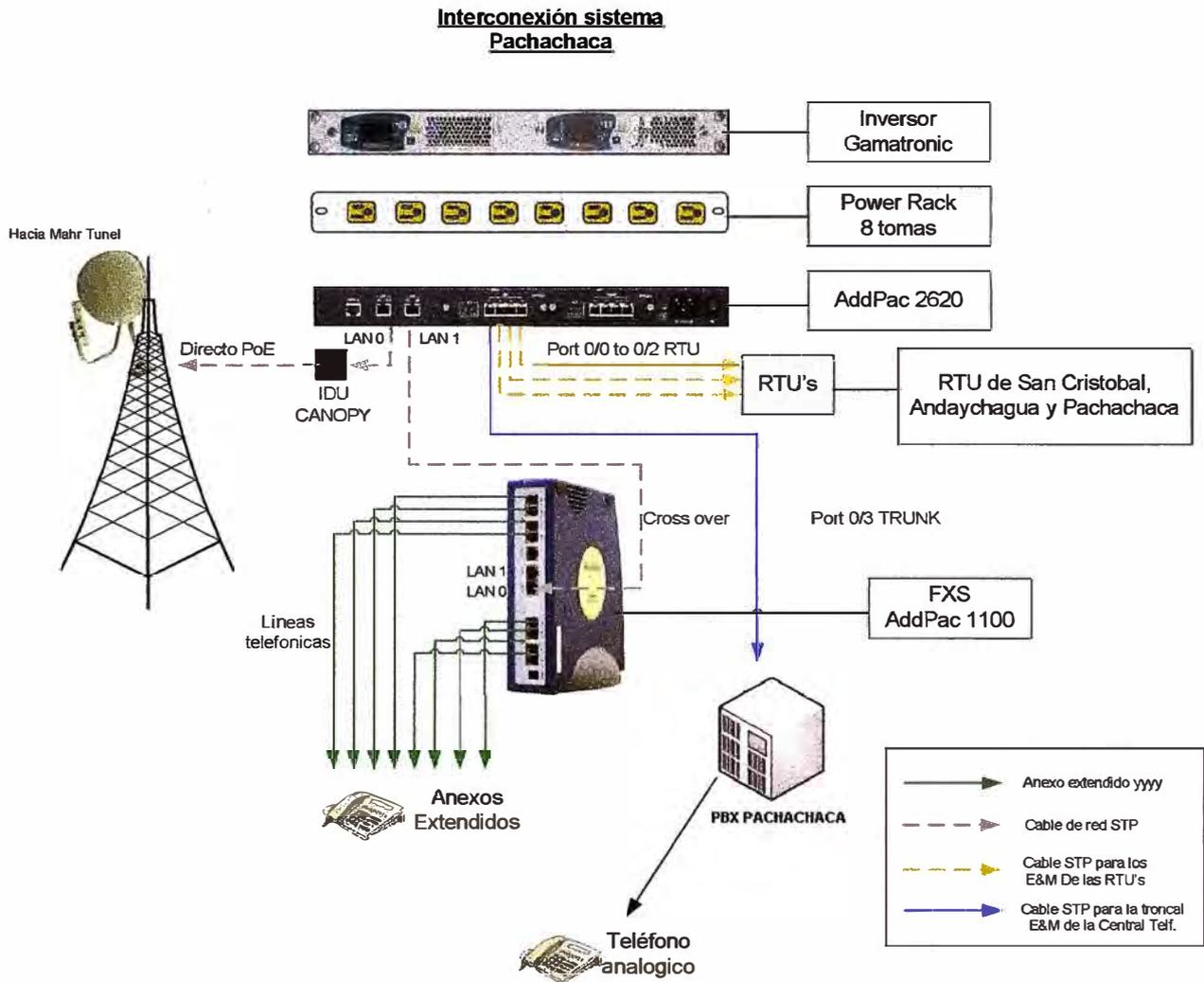


Figura 3.14 Conexionado de datos de los equipos

En la figura 3.14 se observa el conexionado de datos de los equipos a instalar en la sub-estación de Pachachaca donde terminaran los servicios traídos desde Mahr túnel. Tal como se observa y como se había comentado anteriormente, a través de la sub-estación de Pachacha se proveen servicios a otras sub-estaciones mediante una solución alámbrica, por lo que es de vital importancia el funcionamiento óptimo de los servicios en dicha sub-estación. En el gráfico se observa que los puertos de los equipos AddPac 2620 se han seleccionado para las interconexiones con los modem de las RTU, y la interconexión con la central telefónica de Pachacha.

También se muestra el detalle de conexionado entre el equipo inalámbrico canopy, específicamente la IDU y la interface LAN 0 del equipo Gateway de voz AddPac 2620. La conexión entre los equipos AddPac, se realiza entre interface LAN 1 del AddPac 2620 y la interface LAN 0 del equipo AddPac 1100.

LAYOUT DE LOS EQUIPOS INSTALADOS
SUB-ESTACION PACHACHACA

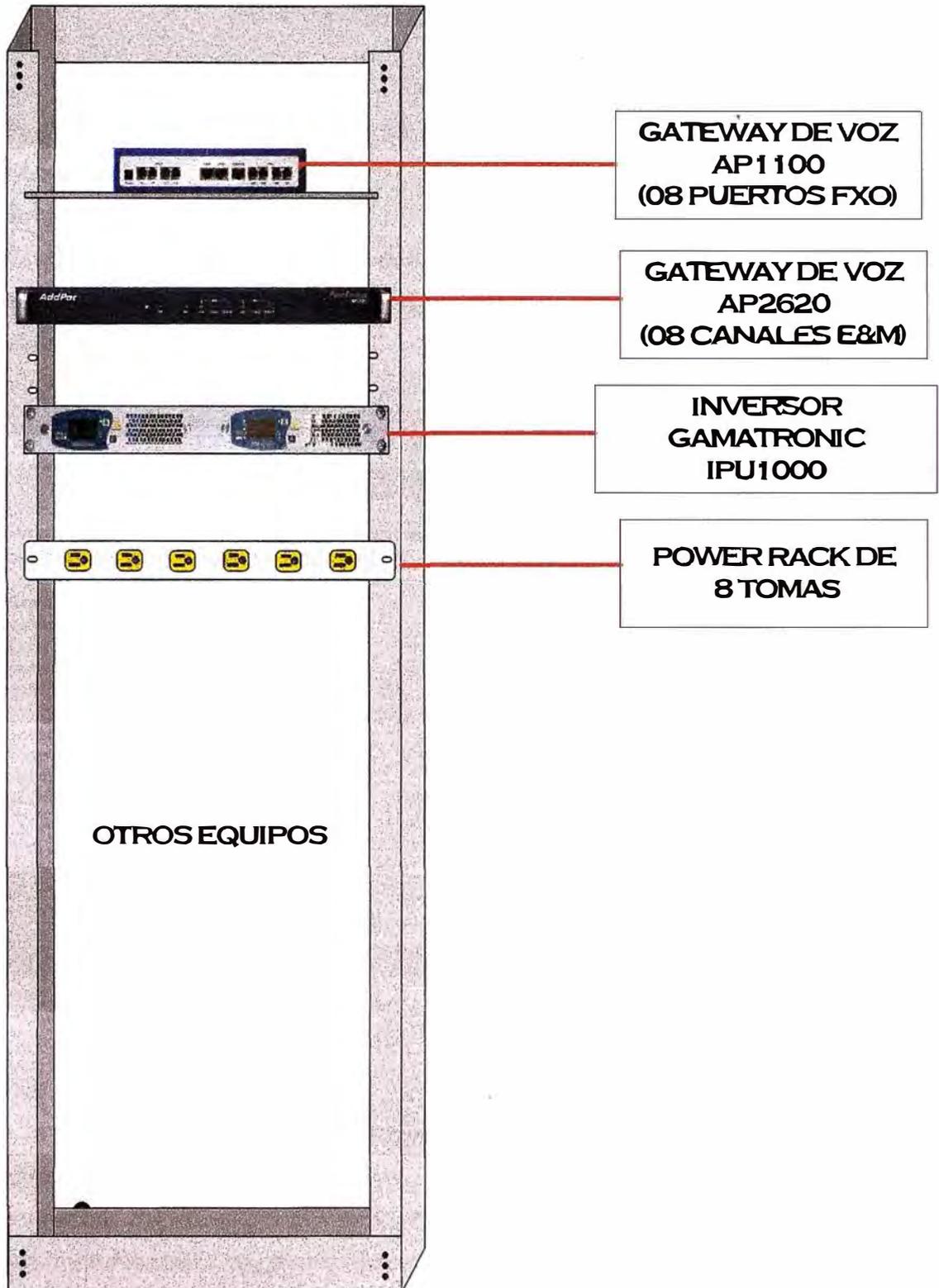


Figura 3.15 Distribución de equipos en Gabinete

CAPÍTULO IV EVALUACION ECONOMICA

En el presente capítulo se presenta el presupuesto del proyecto así como el tiempo de ejecución de este.

4.1 Costo del proyecto

Para la realización del proyecto se consideraron los costos de movilidad, viáticos, y los costos respectivos del equipamiento, así como los accesorios que se necesitaban para una correcta instalación.

Pos.	Cant.	Descripción	Precio unitario USD	Precio total USD	Instalación USD
Hardware y Software					
	1	Mejoramiento de sistema de comunicaciones para la sub estación de Pachachaca			
	2	Radios Canopy Backhaul	1,500.00	3,000.00	
	2	Gateway AddPac 1100 (FXO y FXS)	1,300.00	2,600.00	
	2	Gateway AddPac 2620	1,500.00	3,000.00	
	2	Tarjeta de 4 E&M	200.00	400.00	
	2	Inversores	1,200.00	2,400.00	
	1	Cableado y accesorios	800.00	800.00	
	2	Accesorio para montaje de antenas	200.00	400.00	
	1	Viaticos	800.00	800.00	
	1	Movilidad	600.00	600.00	
					1,500.00
		TOTAL POSICIÓN		14,000.00	1,500.00
		SUB-TOTAL			15,500.00
		IGV 19%			2,945.00
		TOTAL			18,445.00

Figura 4.1 Presupuesto presentado a la empresa generadora.

4.2 Tiempo de ejecución

Para la ejecución del presente proyecto fue necesaria la participación de 02 técnicos. Adicionalmente se tuvo el apoyo del técnico de telecomunicaciones de la empresa generadora debido al conocimiento del sistema de telecomunicaciones que ya se encontraba implementado, así como conocimiento del sistema de control que se tiene implementado en las sub-estaciones.

A continuación se presenta en el cuadro de la tabla 4.1 el proceso del desarrollo del

proyecto.

Tabla 4.1 Ejecución del proyecto

ETAPAS	Días	Inicio	Fin
Etapa de investigación			
Adquisición de conocimientos temas relacionados	07	06/04/08	13/04/08
Lectura, especificaciones técnicas de los equipos	02	13/04/08	15/04/08
Realización de pruebas previas	02	15/04/08	17/04/08
Etapa de implementación			
Instalación del enlace inalámbrico punto punto	02	17/04/08	19/04/08
Instalación de los equipos internos	01	19/04/08	20/04/08
Medición y calibrado de parámetros de equipos	01	20/04/08	21/04/08
Etapa de pruebas			
Pruebas de saturación de enlace.	01	21/04/08	22/04/09
Prueba de llamada, prueba de transmisión de datos	01		
Total	17		

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los problemas que se presentaron para la interconexión del sistema analógico antiguo con el sistema implementado, éste fue específicamente uno, y se explicará el motivo por el cual el sistema de líneas analógicas extendidas no se llegó a implementar, adicionalmente se explicará las pruebas realizadas antes de la instalación y el resultado real en campo en la implementación de este sistema, tal como se muestra a continuación.

1.- Instalación de equipos Gateway de voz FXO y FXS en Mahr túnel y Pachachaca.

Previo a la instalación se realizaron pruebas en la LAN del cliente con los equipos AddPac 1100, siendo estas pruebas exitosas. Adicionalmente se probó el esquema de ruteo en los equipos AddPac 2620 afín de probar un escenario más real, ya que los equipos AddPac 1100, se encontraran en redes diferentes.

Al término de la instalación y prueba de los servicios en campo, estos funcionaron correctamente siendo las llamadas 100 % exitosas, pero se observó que pasados los días, progresivamente se averiaban los puertos del equipo FXO. En dos ocasiones se instalaron los equipos AP1100, y en las dos se dañaron físicamente los puertos FXO (no alterando la configuración interna). Se observó que el suministro eléctrico no era la causa, ya que se instaló un inversor de 48VDC/230VAC marca Gamatronic en cada sub-estación para tal fin. Se verificó que el problema radicaba en el circuito de timbrado del equipo de interconexión antiguo, lo cual degradaba el funcionamiento de los equipos AP1100 a tal punto de averiarlos. Por lo que se recomienda que antes de proceder con una instalación de este tipo, verificar los parámetros del circuito de timbrado de los equipos a interconectar. También se recomienda la instalación de fusibles para la protección de los puertos de los equipos AddPac AP1100 FXO y FXS, se debe tener especial cuidado en el aterramiento de los equipos, ya que se encuentran expuestos a bastante estática por su cercanía a las sub-estaciones.

2.- Troncal E&M para la Central Telefónica de Pachachaca

Se configuró el equipo AP2620, para verificar el funcionamiento correcto de los canales E&M, dicha prueba se realizó con dos troncales E&M de la Central telefónica Avaya definity ubicada en la sala de telecomunicaciones de la sede de Electroandes en la Oroya, la prueba se realizó en los modos de supervisión wink-start y immediate, siendo estas pruebas 100% exitosas en ambos modos. Se debe tener especial cuidado en

verificar los parámetros de las PBX a las cuales serán conectados los equipos AP2620, ya que la incapacidad de configurar algunos parámetros en estos equipos, pueden ocasionar un funcionamiento erróneo de las llamadas entre estas centrales, no siendo optimas. Al término de la instalación en campo, se verifico el correcto funcionamiento de la interconexión de las centrales telefónicas Avaya Definity ubicada en el centro de operaciones en la ciudad de la Oroya y la central telefónica en la ciudad de Pachachaca.

3.- Troncal E&M para la Comunicaciones de datos de Pachachaca

No se presentó inconveniente alguno en la implementación de los servicios en las troncales E&M. La conexión de las RTUs a los canales E&M de los equipos AddPac se realizaron con éxito. Se recomienda tener especial cuidado en los niveles de señales en que deben estar los terminales. Según sea necesario se utilizarán atenuadores para obtener el nivel de señal adecuado. Los equipos AddPac 2620 ya vienen con atenuadores los cuales se pueden regular por configuración.

ANEXO A
GLOSARIO DE TÉRMINOS

IDU	Unidad de interior de un enlace inalámbrico
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
LAN	Red de área local (Local Area Network)
MAC	Control de acceso al medio (Media Access Control- MAC). Identificador de 48 bits que pertenece a una tarjeta física, normalmente para red Ethernet, y es una manera de identificación única del dispositivo al cual pertenece. Esta determinada por el IEEE (los últimos 24 bits) y el fabricante (los primeros 24 bits) utilizando el Identificador Único Organizacional, este identificador único, identifica a cada empresa u organización a nivel mundial.
MODEM	Dispositivo que sirve para enviar una señal llamada moduladora mediante otra señal llamada portadora.
ODU	Unidad de exterior de un enlace inalámbrico
PDH	Jerarquía digital plesiócrona
POTS	Plain Old Telephone System o línea de telefonía simple.
PBX	Private Branch Exchange, Central Telefónica Privada
RSSI	RSSI es la abreviatura en inglés de Receive Signal Strength Indication, Indicador de fuerza de señal de recepción. Este término se usa comúnmente para medir el nivel de fuerza de las señales recibidas en las redes inalámbricas
RTPC	Red de telefonía pública conmutada o PSTN de sus siglas en inglés.
RTU	es una unidad básica de testeo y medición en una subestación, él cual recoge los datos de la subestación tales como voltajes, corrientes, etc.
SNR	Relación de señal a ruido.
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Síncrona
SUB-ESTACION	Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, con el fin de facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica.
PoE	Alimentación a través de Ethernet (Power Over Ethernet) Estándar 802.3af
QoS	Calidad de servicio
VLAN	Red de Área Local Virtual (Virtual Local Area Network). Habilita la creación de redes lógicamente independientes dentro de una misma infraestructura física.
WAN	Red de área amplia (Wide Area Network)
WLAN	Red de Área Local Inalámbrica (Wireless Local Area Network)

ANEXO B
CONFIGURACION DE LOS EQUIPOS Y PRUEBAS DEL SISTEMA

1. Contraseñas de Equipos

Para el equipo Canopy no es necesaria ninguna clave de acceso para ingresar al software de configuración. El modo de configuración es vía web, solo se coloca la dirección IP del equipo de radio y listo.

Para los gateways de voz ADDPAC 2620 y 1100, la configuración de los puertos puede ser vía telnet o vía HyperTerminal, la clave de acceso es la siguiente:

```

Login:      root
Password:   router
  
```

2. Configuración Final de los Equipos

2.1 Equipos Canopy

Los equipos instalados son:

Estación Pachachaca: Wireless Motorola Canopy, Canopy Backhaul 5.7 GHz (MAC: 0a-00-3e-d0-bf-09).

Estación Mahr Túnel: Wireless Motorola Canopy, Canopy Backhaul 5.7 GHz (MAC: 0a-00-3e-d0-be-57).

Especificaciones técnicas:

	PTP 100 2 & 4 Mbps	PTP 100 7.5 Mbps	PTP 100 14 Mbps
Part Number	5700BH02G and 5700BH04G	5700BHG, 2400BHG	5700BH20G, 2400BH20G
Market Availability	Asia Pacific	Worldwide	Worldwide
Radio Technology			
Frequency Band	5725-5850 MHz	2400-2483 MHz, 5250-5350 MHz 5470-5725 MHz, 5725-5850 MHz	
Non Overlapping Channels	6		
Channel Size	20 MHz		
Channel Spacing	Every 5 MHz		
EIRP	Adjustable from 10 mW to 1.0 W		
Antenna Gain	7 dB		
Reflector Gain	18 dB		
Antenna Beamwidth	3 dB Antenna Beam with 6 degrees Azimuth & Elevation		
Modulation	High Index 2- Level FSK Optimized for Interference Rejection		High Index 4- Level FSK Optimized for Interference Rejection
Access Method	Time Division Duplex (TDD)		
Performance			
Typical Aggregate Useful Throughput	2 & 4 Mbps	7.5 Mbps	14 Mbps
Typical LOS Range	2 Miles (1.6 km)	2.4 GHz: 5 Miles (8 km) 5.2, 5.4 & 5.7 GHz: 2 Miles (3.2 km)	2.4 GHz: 2 Miles (3.2 km) 5.4 & 5.7 GHz: 1 Mile (1.6 km)

Figura 5.1 Especificaciones técnicas del equipo radio Canopy

Latency	2.5 msec	
Encryption	DES & AES	
Receive Sensitivity	-86 dBm	-79 dB
Carrier to Interference Ratio (C/I)	~3 dB at -65 dBm	~10 dB at -65 dBm
DFS	5.4 GHz: Implements DFS and TPC	
Data		
Interface	10/100 Base T, half/full Duplex, Rate Auto Negotiated (802.3 compliant)	
Protocols Used	IPV4, UDP, TCP, ICMP, Telnet, HTTP, FTP, SNMP	
Network Management	HTTP, TELNET, FTP, SNMP V2c	
Physical		
DC Power (Typical)	0.34A@24 VDC = 8.2W	
Dimensions (Module)	11.75" H x 3.4" W x 3.4"D (29.9 cm H x 8.6 cm W x 8.6 cm D)	
Dimensions (Passive Reflector)	18" H x 24" W (45 cm H x 60 cm W)	
Weight	1 lb (.45 kg)	
Operating Temperature	-40° C to +55° C (-40° F to +131° F)	
Wind Speed Survival	190 km/hr (118 miles/hr)	
Mean Time Between Failure (MTBF)	> 40 Years	

Figura 5.2 Especificaciones técnicas del equipo radio Canopy.

Las configuraciones de los equipos son:

Estación PACHACHACA:

Dirección IP : 192.168.0.111

Máscara : 255.255.255.0

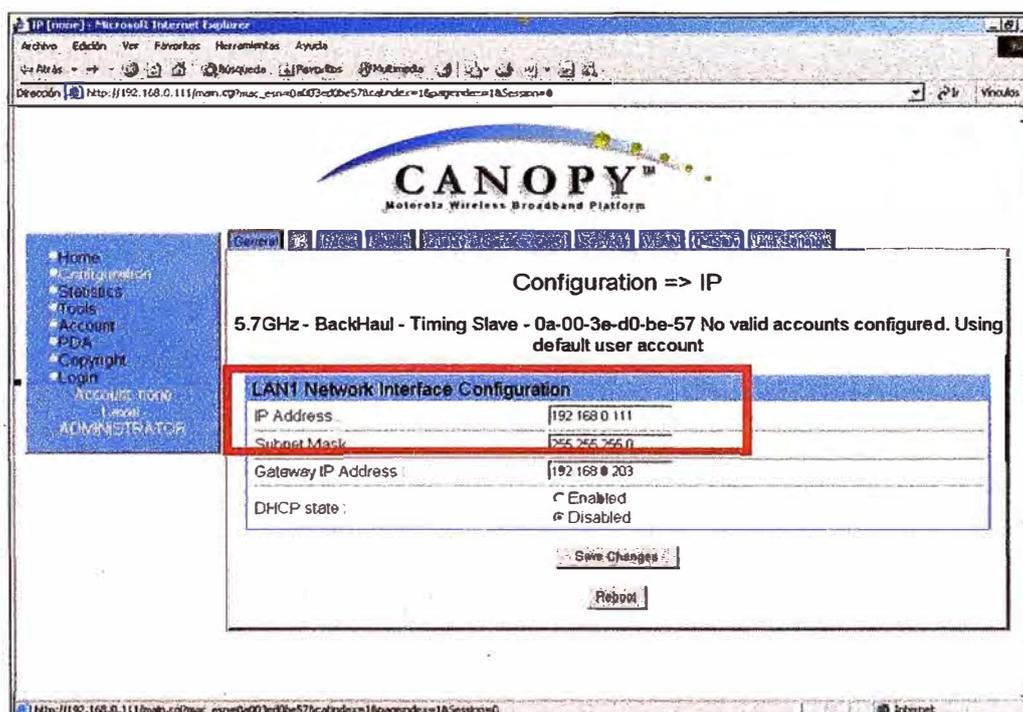


Figura 5.3 Configuración de la dirección IP

Configuración Maestro/Esclavo:

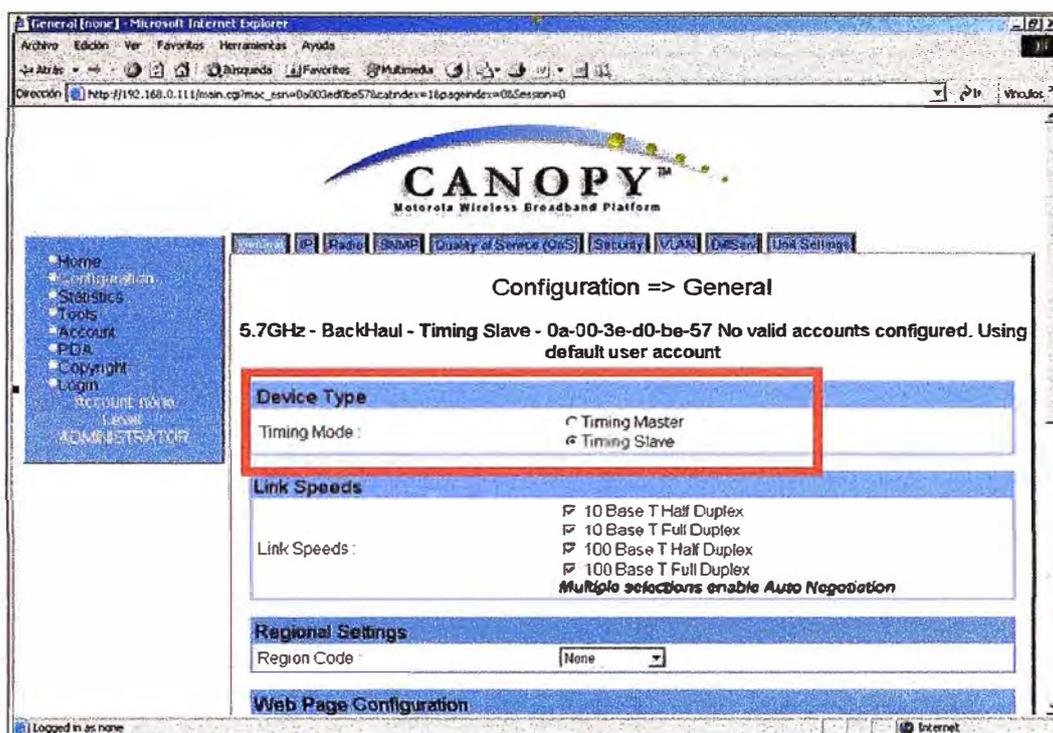


Figura 5.4 Configuración maestro esclavo.

Frecuencia de Operación – Potencia de Transmisión:

Lista de Frecuencias : 5810 MHz

Potencia de Transmisión : 8 dBm

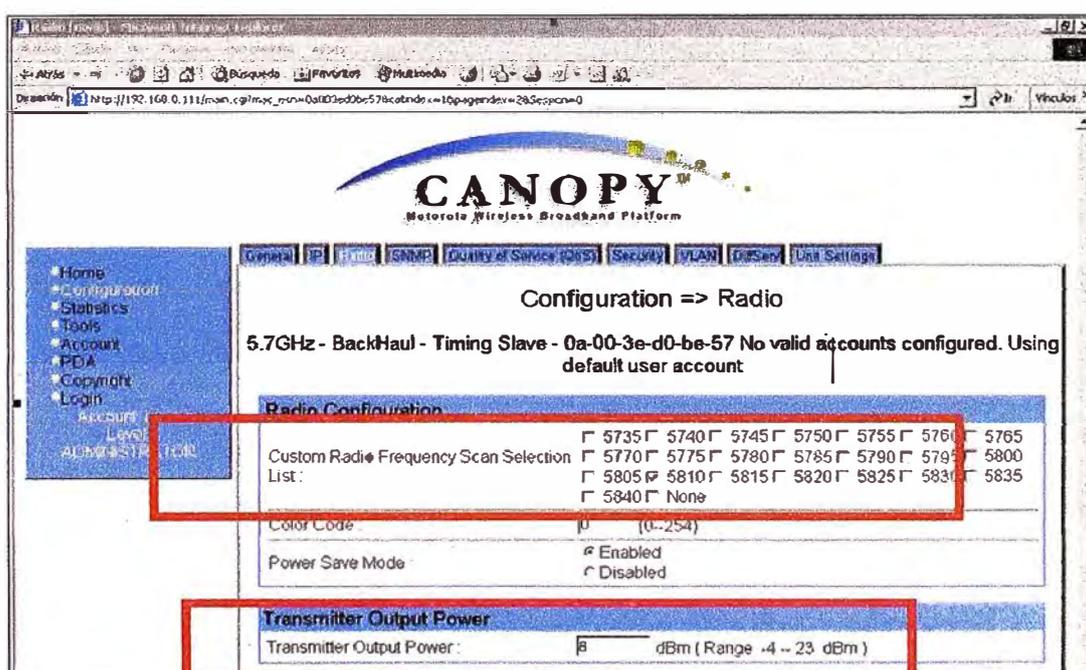


Figura 5.5 Configuración de la frecuencia y de la potencia de transmisión.

Potencia de Recepción: Potencia de Recepción: -55/-56 dBm

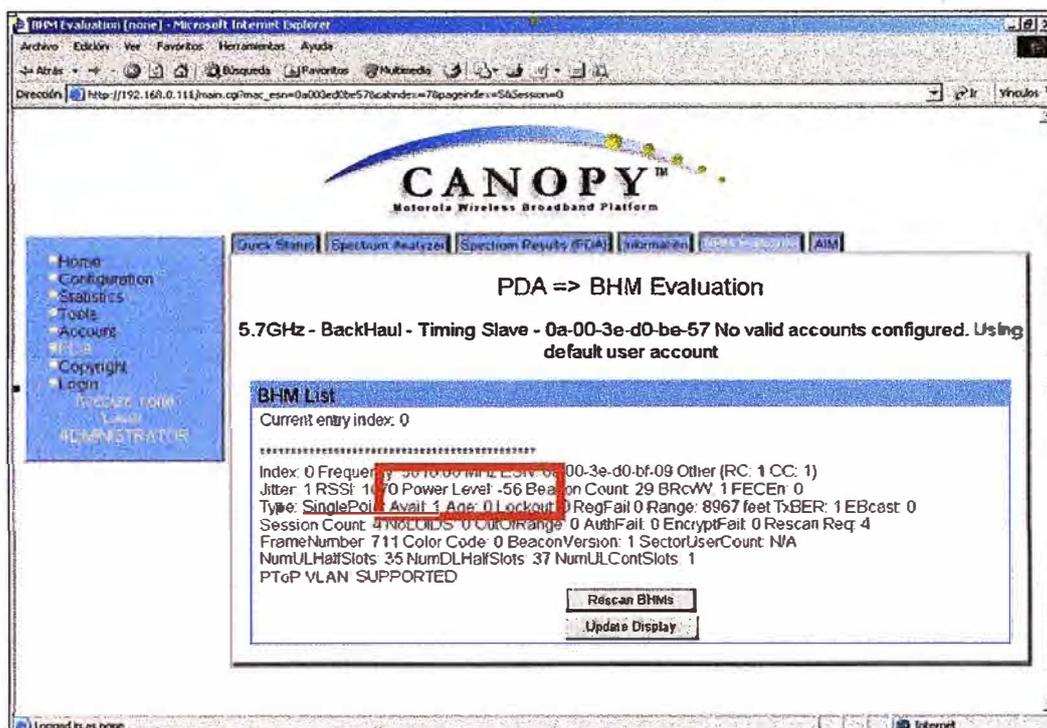


Figura 5.6 Nivel de potencia de recepción del enlace inalámbrico.

Estación MAHR TUNEL:

Dirección IP : 192.168.0.113

Máscara : 255.255.255.0

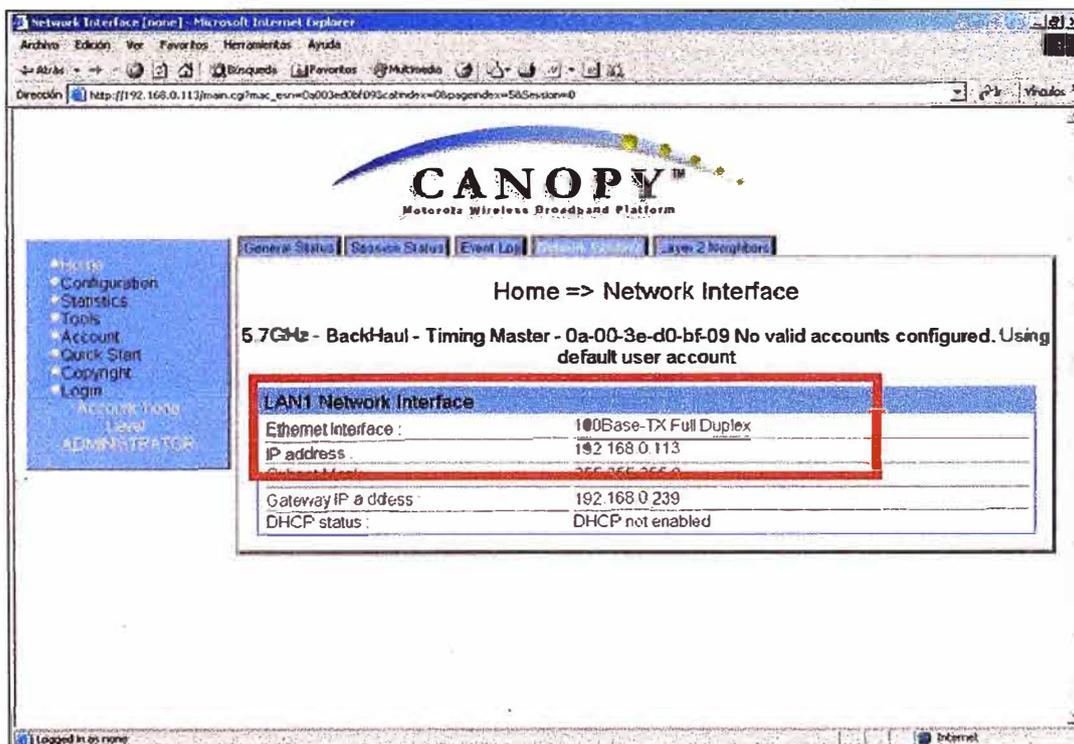


Figura 5.7 Configuración de la dirección IP.

Configuración Maestro/esclavo:

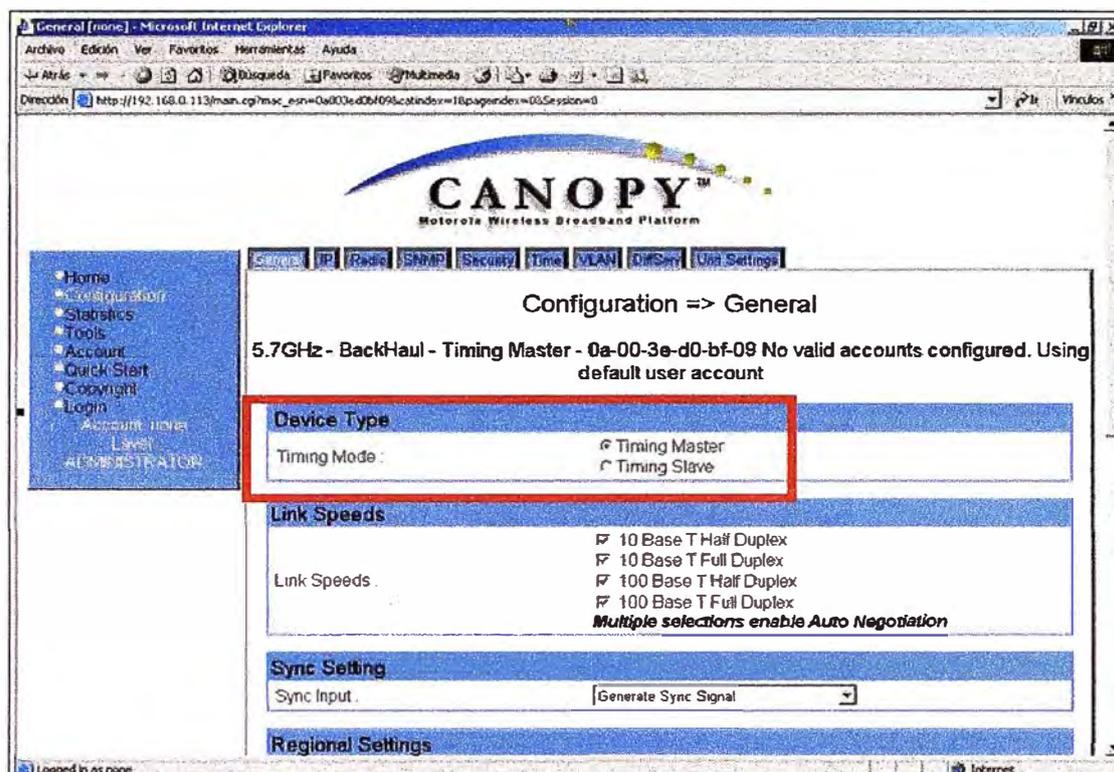


Figura 5.8 Configuración maestro esclavo.

Frecuencia de Transmisión – Potencia de Transmisión:

Frecuencias : 5810 MHz

Potencia de Transmisión : 8 dBm

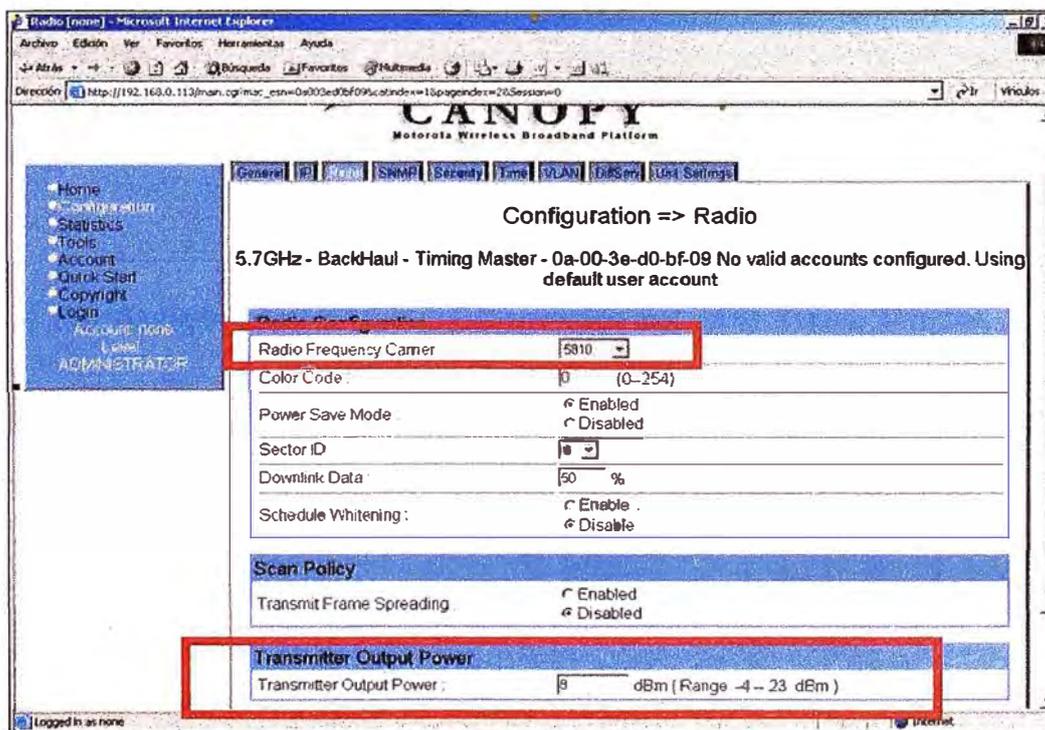


Figura 5.9 Configuración de la frecuencia y de la potencia de transmisión.

Potencia de Recepción: Potencia de Recepción: -55 dBm

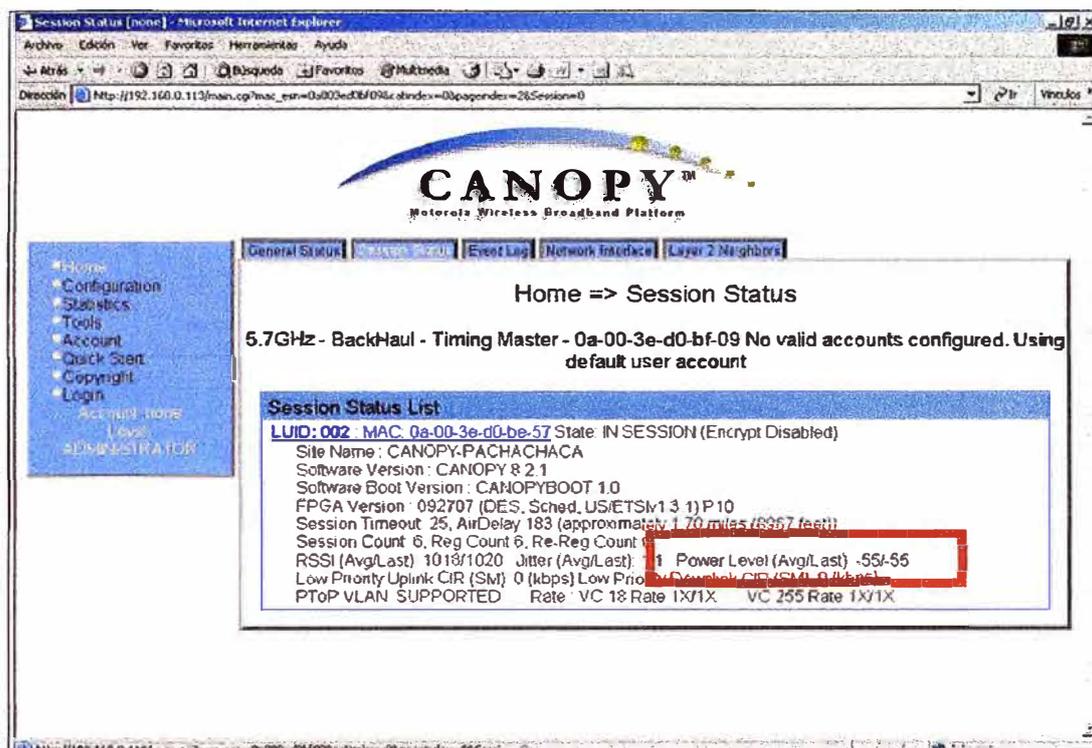


Figura 5.10 Nivel de potencia de recepción del enlace inalámbrico.

2.2 Equipos Addpac

Los archivos de configuración final de los equipos Gateways de Voz Addpac 2620 y 1100 son los siguientes:

En los equipos AP2620 es necesario realizar la configuración de jumpers según sea el tipo y/o según sea el modelo de 2 o 4 hilos del canal E&M

Pin Assignment of RJ45 Connector by E&M 4Wire Model

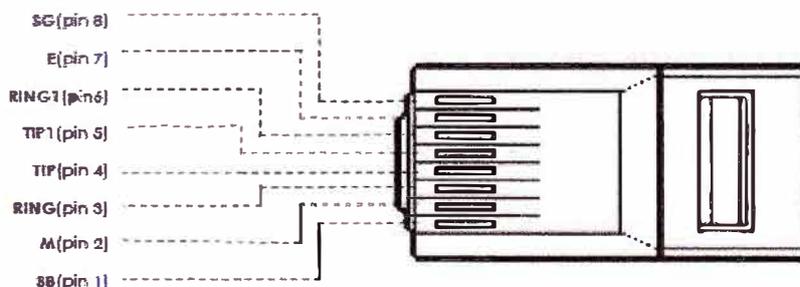


Figura 5.11 Pinado de conector para canal E&M de los equipos AddPac 2620

E&M Type Selection

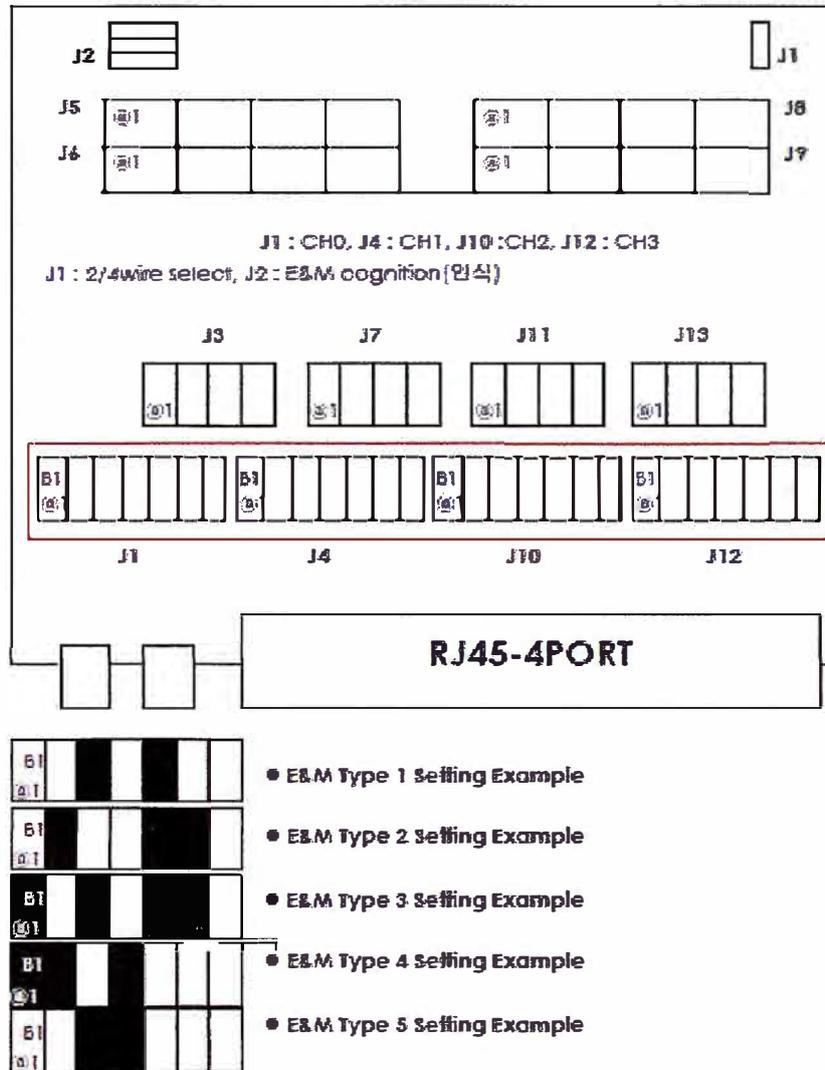


Figura 5.13 Configuración de jumper de la tarjeta 4 E&M, modulo de voz de los equipos AddPac 2620 por Tipo.

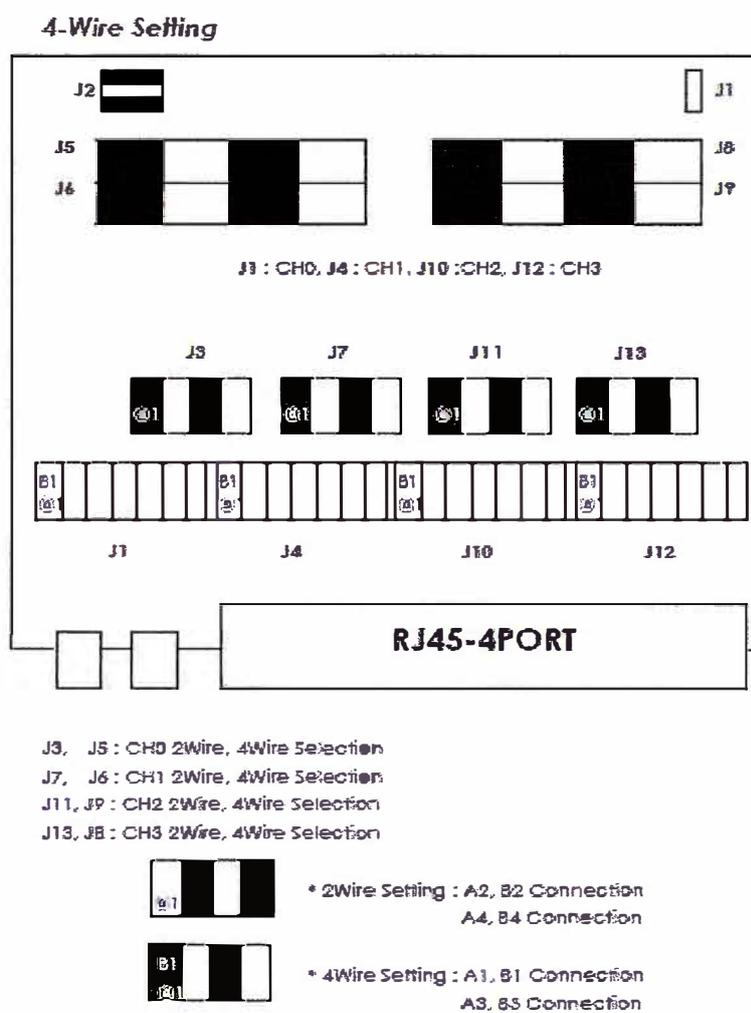


Figura 5.14 Configuración de jumper de la tarjeta 4 E&M, modulo de voz de los equipos AddPac 2620 por utilización de hilos de conexión.

Configuración interna de los equipos AddPac.

Estación MAHR TUNEL:

Addpac 2620:

```

!
version 8.30N
!
hostname MAHRTUNEL
!
no bridge spanning-tree
!
no ip-share enable
!
interface ether0.0
 ip address 192.168.0.114 255.255.255.0
!
interface ether1.0
 ip address 192.168.207.201 255.255.255.0
!
snmp name AP2620
snmp enable-trap dn-register 300 forcely-block
!
no arp reset
!
route 192.168.208.0 255.255.255.0 192.168.0.112
!
! VoIP configuration.
!
! Controller configuration.
!
! Voice service voip configuration.
!
voice service voip
 fax protocol t38 redundancy 0
 fax rate 9600
 h323 call start fast
 h323 call tunnel enable
!
!
! Voice port configuration.
!
! E&M
voice-port 0/0
 input gain -7
 output gain -7
 connection trunk answer 1000
 operation 4-wire
 signal immediate
!
! E&M
voice-port 0/1

```

```
input gain -7
output gain -7
connection trunk answer 1001
operation 4-wire
signal immediate
!
! E&M
voice-port 0/2
input gain -7
output gain -7
connection trunk answer 1002
operation 4-wire
signal immediate
type 2
!
! E&M
voice-port 0/3
input gain -7
output gain -6
connection plar 1003
operation 4-wire
signal wink-start
!
! Pots peer configuration.
!
dial-peer voice 0 pots
destination-pattern 2000
port 0/0
!
dial-peer voice 1 pots
destination-pattern 2001
port 0/1
!
dial-peer voice 2 pots
destination-pattern 2002
port 0/2
!
dial-peer voice 3 pots
destination-pattern 2003
port 0/3
!
! Voip peer configuration.
!
dial-peer voice 1000 voip
destination-pattern 100.
codec g711alaw
session target 192.168.0.112
dtmf-relay h245-alphanumeric
modem passthrough payload 192
no vad
!
gatekeeper
!
! Gateway configuration.
!
```

```

gateway
  h323-id voip.192.168.0.114
  no ignore-msg-from-other-gk
  !
  ! SIP UA configuration.
  !
sip-ua
  !
  ! MGCP configuration.
  !
mgcp
  codec g711ulaw
  vad
  !
  ! Tones
  !
voip-interface ether0.0
  !

```

Estación PACHACHACA:

Addpac 2620

```

version 8.30N
  !
hostname PACHACHACA
  !
no bridge spanning-tree
  !
no ip-share enable
  !
interface ether0.0
  ip address 192.168.0.112 255.255.255.0
  !
interface ether1.0
  ip address 192.168.208.200 255.255.255.0
  !
snmp name AP2620
snmp enable-trap dn-register 300 forcely-block
  !
no arp reset
  !
route 192.168.207.0 255.255.255.0 192.168.0.114
  !
  ! VoIP configuration.
  !
  ! Controller configuration.
  !
  ! Voice service voip configuration.
  !
voice service voip
  fax protocol t38 redundancy 0.
  fax rate 9600
  h323 call start fast
  h323 call tunnel enable

```

```
!  
! Voice port configuration.  
!  
! E&M  
voice-port 0/0  
  input gain -6  
  output gain -3  
  connection trunk initiate 2000  
  operation 4-wire  
  signal immediate  
!  
! E&M  
voice-port 0/1  
  input gain -6  
  output gain -3  
  connection trunk initiate 2001  
  operation 4-wire  
  signal immediate  
!  
! E&M  
voice-port 0/2  
  input gain -6  
  output gain -3  
  connection trunk initiate 2002  
  operation 4-wire  
  signal immediate  
!  
! E&M  
voice-port 0/3  
  output gain -9  
  connection plar 2003  
  operation 4-wire  
  signal wink-start  
!  
! Pots peer configuration.  
!  
dial-peer voice 0 pots  
  destination-pattern 1000  
  port 0/0  
!  
dial-peer voice 1 pots  
  destination-pattern 1001  
  port 0/1  
!  
dial-peer voice 2 pots  
  destination-pattern 1002  
  port 0/2  
!  
dial-peer voice 3 pots  
  destination-pattern 1003  
  port 0/3  
!  
! Voip peer configuration.  
!  
dial-peer voice 1000 voip
```

```

destination-pattern 200.
codec g711alaw
session target 192.168.0.114
dtmf-relay h245-alphanumeric
modem passthrough payload 192
no vad
!
gatekeeper
!
! Gateway configuration.
!
gateway
h323-id voip.192.168.0.112
no ignore-msg-from-other-gk
!
! SIP UA configuration.
!
sip-ua
!
! MGCP configuration.
!
mgcp
codec g711ulaw
vad
!
! Tones
!
voip-interface ether0.0
!
```

Estación MAHR TUNEL:

Addpac 1100:

```

Interface ethernet 0.0
ip address 192.168.207.202 /24
Interface ethernet 1.0
no ip address
!
route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.207.201
!
voice service voip
fax protocol t38 redundancy 0
fax rate 14400
h323 call start fast
!
voice port configuration
voice-port 1/0
connection plar 1000
voice-port 1/1
connection plar 1001
voice-port 1/2
connection plar 1002
voice-port 1/3
```

```
        connection plar 1003
voice-port 1/4
        connection plar 1004
voice-port 1/5
        connection plar 1005
voice-port 1/6
        connection plar 1006
voice-port 1/7
        connection plar 1007
!
!
dial-peer voice 0 pots
    destination-pattern 2000
port 1/0
!
dial-peer voice 1 pots
    destination-pattern 2001
port 1/1
!
dial-peer voice 2 pots
    destination-pattern 2002
port 1/2
!
dial-peer voice 3 pots
    destination-pattern 2003
port 1/3
!
dial-peer voice 4 pots
    destination-pattern 2004
port 1/4
!
dial-peer voice 5 pots
    destination-pattern 2005
port 1/5
!
dial-peer voice 6 pots
    destination-pattern 2006
port 1/6
!
dial-peer voice 7 pots
    destination-pattern 2007
port 1/7
!
voip peer configuration
dial-peer voice 1000 voip
    destination-pattern 100
    sesión target 192.168.208.201
    dtmf-relay h245-alphanumeric
!
h323-id voip. 192.168.207.202
voip-interface ether 0.0
```

Estación PACHACHACA:**Addpac 1100:**

```

Interface ethernet 0.0
ip address 192.168.208.201 /24
Interface ethernet 1.0
    no ip address
!
route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.208.200
!
voice service voip
    fax protocol t38 redundancy 0
    fax rate 14400
    h323 call start fast
!
voice port configuration
    voice-port 1/0
        connection plar 2000
    voice-port 1/1
        connection plar 2001
    voice-port 1/2
        connection plar 2002
    voice-port 1/3
        connection plar 2003
    voice-port 1/4
        connection plar 2004
    voice-port 1/5
        connection plar 2005
    voice-port 1/6
        connection plar 2006
    voice-port 1/7
        connection plar 2007
!
!
dial-peer voice 0 pots
    destination-pattern 1000
port 1/0
!
dial-peer voice 1 pots
    destination-pattern 1001
port 1/1
!
dial-peer voice 2 pots
    destination-pattern 1002
port 1/2
!
dial-peer voice 3 pots
    destination-pattern 1003
port 1/3
!
dial-peer voice 4 pots
    destination-pattern 1004
port 1/4

```

```

!
dial-peer voice 5 pots
    destination-pattern 1005
port 1/5
!
dial-peer voice 6 pots
    destination-pattern 1006
port 1/6
!
dial-peer voice 7 pots
    destination-pattern 1007
port 1/7
!
voip peer configuration
dial-peer voice 1000 voip
    destination-pattern 200
    sesión target 192.168.207.202
    dtmf-relay h245-alphanumeric
!
h323-id voip. 192.168.208.201
voip-interface ether 0.0

```

Para verificar la configuración de los equipos AP2620 seguir el siguiente procedimiento:

Utilice el cable consola de fabrica y conéctelo al equipo addpac.

Inicie sesión de hyperterminal (igual que en los equipos cisco).

Le solicitará un login y un password:

login: root

password: router

A continuación digitar: show run (desplegará la configuración del equipo)

2.3 Prueba de Enlace

2.3.1 Pruebas de saturación del enlace.- Los resultados de la prueba de Ethernet realizada son los siguientes. La prueba se realizó empleando el siguiente software:

WAN Killer.- Herramienta generadora de tráfico para la WAN. Con solo poner el ancho de banda del enlace y el porcentaje de carga requerido, este software generará tráfico en forma aleatoria. También es posible especificar el tamaño de los paquetes. (Dirección: www.solarwinds.com/products/toolsets/WANKiller.aspx)

PRTG Traffic Grapher.- Programa que nos permite monitorear en forma gráfica el uso del ancho de banda disponible (Throughput) dentro del enlace y/o medio de comunicación. El usuario obtiene datos exactos sobre el tráfico de red y sobre tendencias de uso. PRTG presenta los resultados en reportes individuales de manera grafica fácil de comprender. (Dirección: www.paessler.com/prtg). Se detalla la forma que como se desarrolló la prueba Ethernet:

Desde Estación de Mahr Túnel: Por medio de una Laptop y el Software WanKiller se procedió a generar tráfico de forma creciente en 1Mbps con la finalidad de verificar el valor máximo de Ethernet posible en el enlace. Desde Estación de Pachachaca: Por medio de una Laptop y el Software PRTGS, se procedió a medir el valor de ancho de banda (throughput) que venía siendo ocupado por el WanKiller desde la Estación de Mahr Túnel. Del mismo modo, la prueba es realizada en sentido inverso.

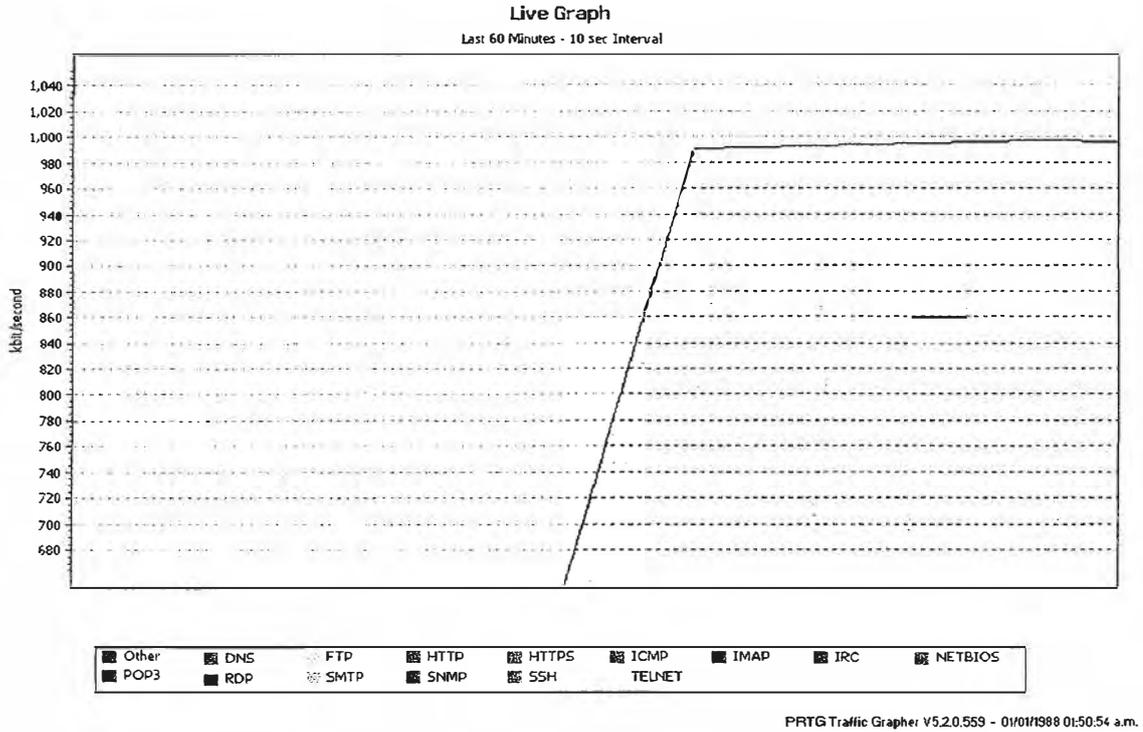


Figura 5.15 Prueba a 1 Mbps:

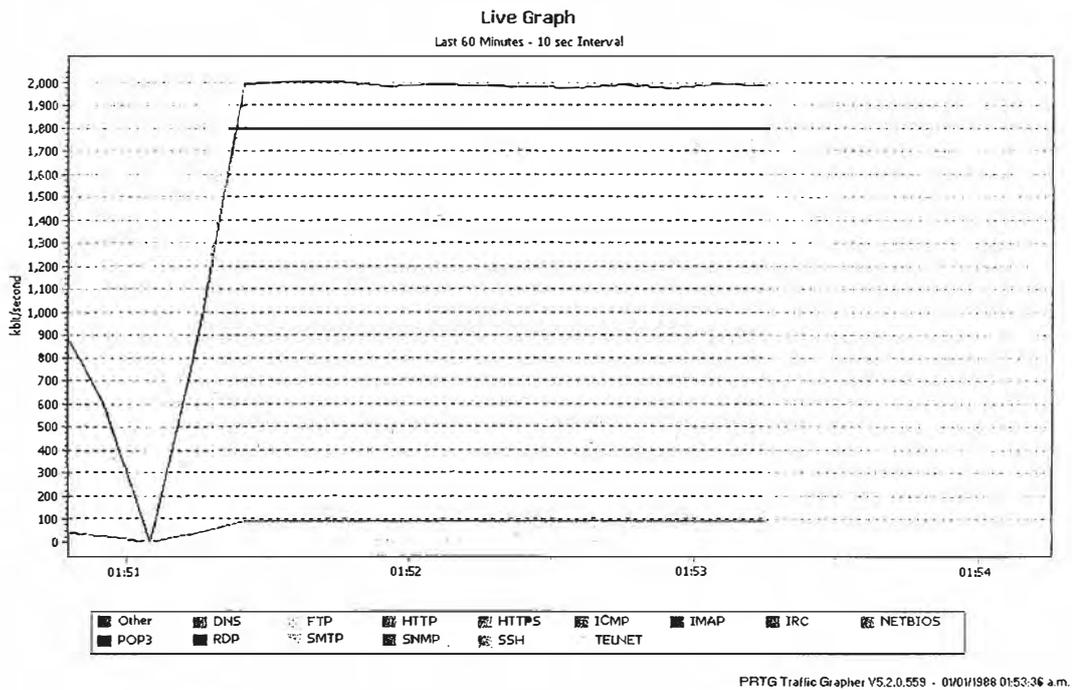
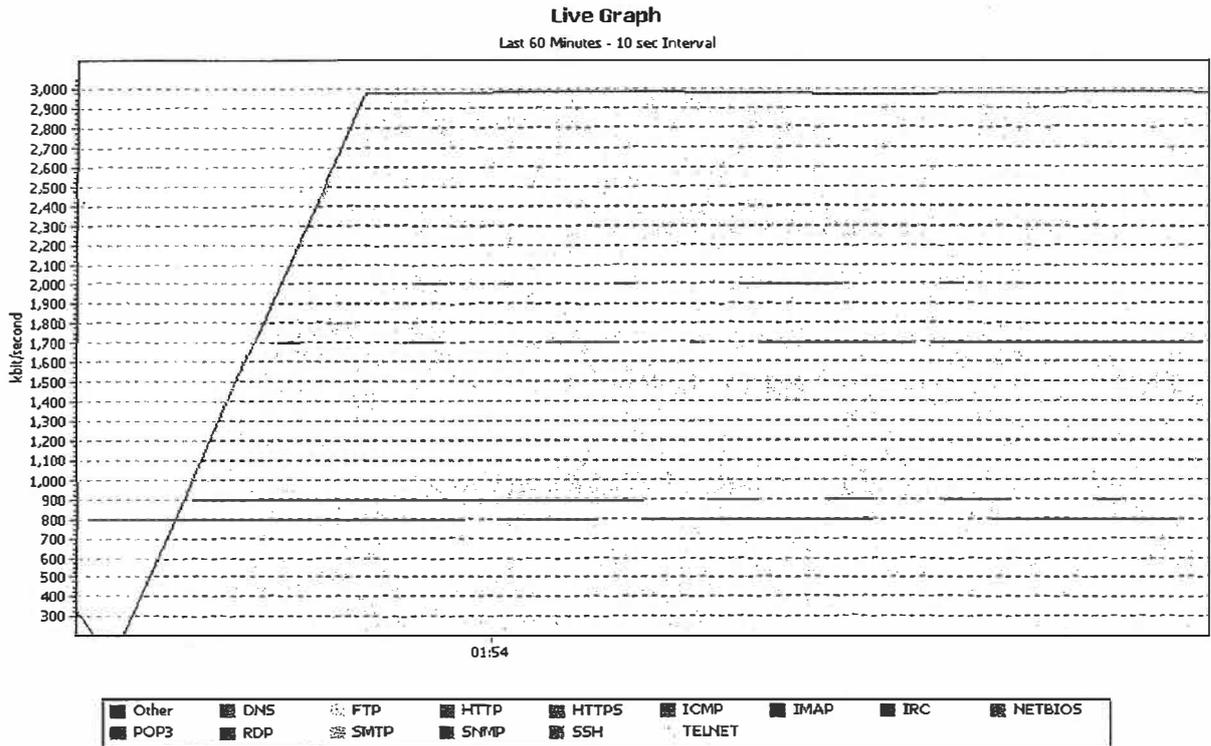


Figura 5.16 Prueba a 2 Mbps:

Graph: lapt_centrales



PRTG Traffic Grapher V5.2.0.559 - 01/01/1988 01:55:07 a.m.

Figura 5.17 Prueba a 3 Mbps:

Graph: lapt_centrales

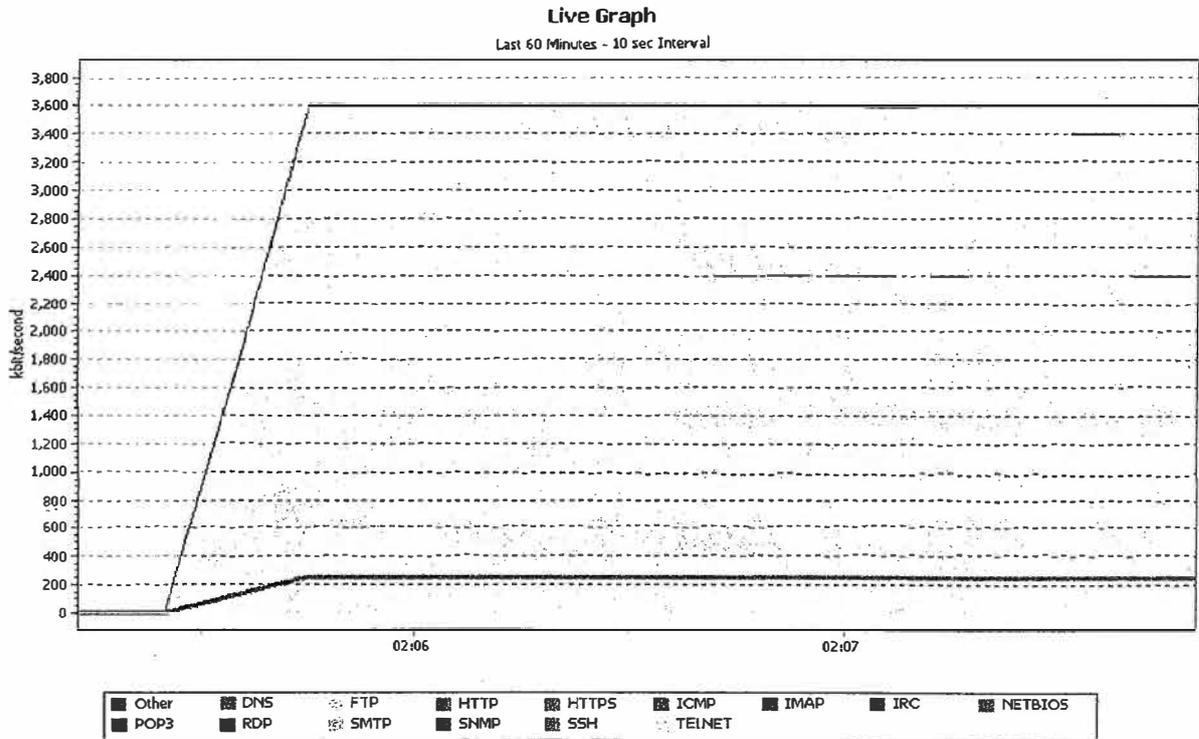


Figura 5.18 Prueba a 4 Mbps:

Conclusión: De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que el enlace permanece estable al valor de velocidad del circuito.

2.3.2 Resultados del alineamiento.

Verificación de calidad del enlace: Se procedió a disminuir la Potencia de Transmisión en pasos de 1 dBm en una estación para observar la variación de la potencia de recepción en la otra. Del mismo modo en el sentido inverso.

Para la sub-estación de Pachachaca: Se observa que aún reduciendo en 14 dB la potencia de transmisión en la sub-estación de Mahr Túnel, el enlace radio con la estación de Pachachaca permanece estable. Asimismo, no se produce pérdida de paquetes.

Tabla 5.1 Nivel de señal para diferentes potencia de Transmisión

Mahr Túnel	Estación Pachachaca		Estado del Enlace	Paquetes
Potencia de Transmisión (dBm)	Potencia de Recepción (dBm)	Atenuación Registrada (dBm)		
10	-55		OK	OK
8	-55	2	OK	OK
6	-58	4	OK	OK
4	-61	6	OK	OK
2	-68	8	OK	OK
0	-71	10	OK	OK
-2	-74	12	OK	OK
-4	-76	14	OK	OK

Para la sub-estación de Mahr Túnel: Se observa que aún reduciendo en 14 dB la potencia de transmisión en la sub-estación de Pachachaca, el enlace radio con la sub-estación de Mahr Túnel permanece estable. Asimismo, no se produce pérdida de paquetes.

Tabla 5.2 Nivel de señal para diferentes potencia de Transmisión

Pachachaca	Estación Mahr Túnel		Estado del Enlace	Paquetes
Potencia de Transmisión (dBm)	Potencia de Recepción (dBm)	Atenuación Registrada (dBm)		
10	-55		OK	OK
8	-55	2	OK	OK
6	-56	4	OK	OK
4	-60	6	OK	OK
2	-64	8	OK	OK
0	-72	10	OK	OK
-2	-73	12	OK	OK
-4	-75	14	OK	OK

ANEXO C
IMAGENES DE LA IMPLEMENTACION

1. Imágenes de la implementación Sub-estación Mahr Tunnel

1.1 Arrestor

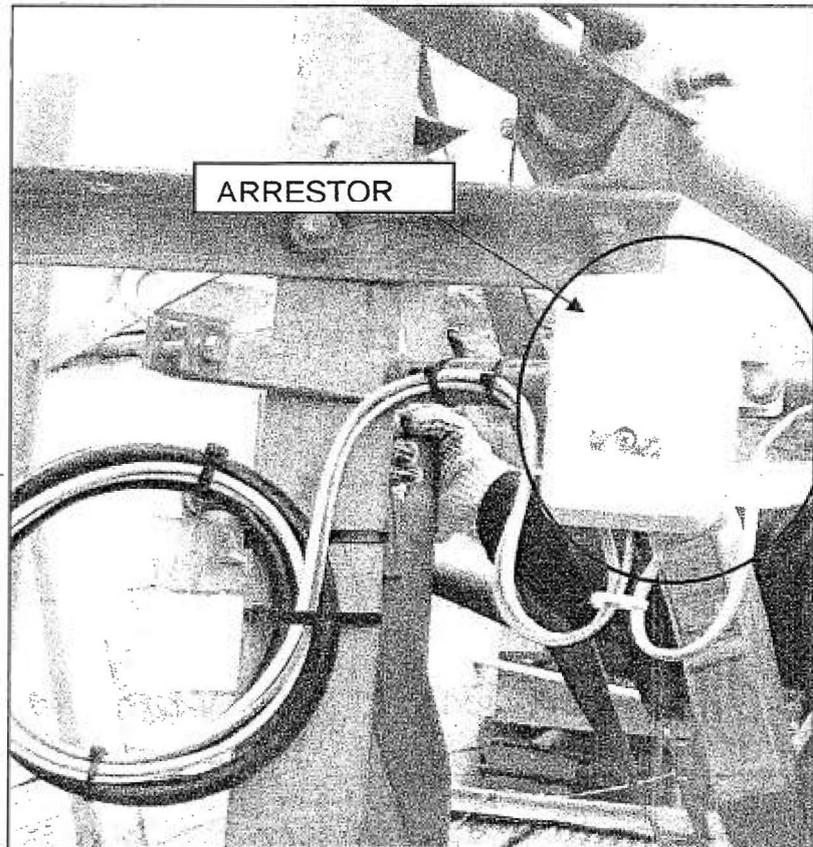


Figura 6.1 Arrestor

1.2 ODU, Reflector

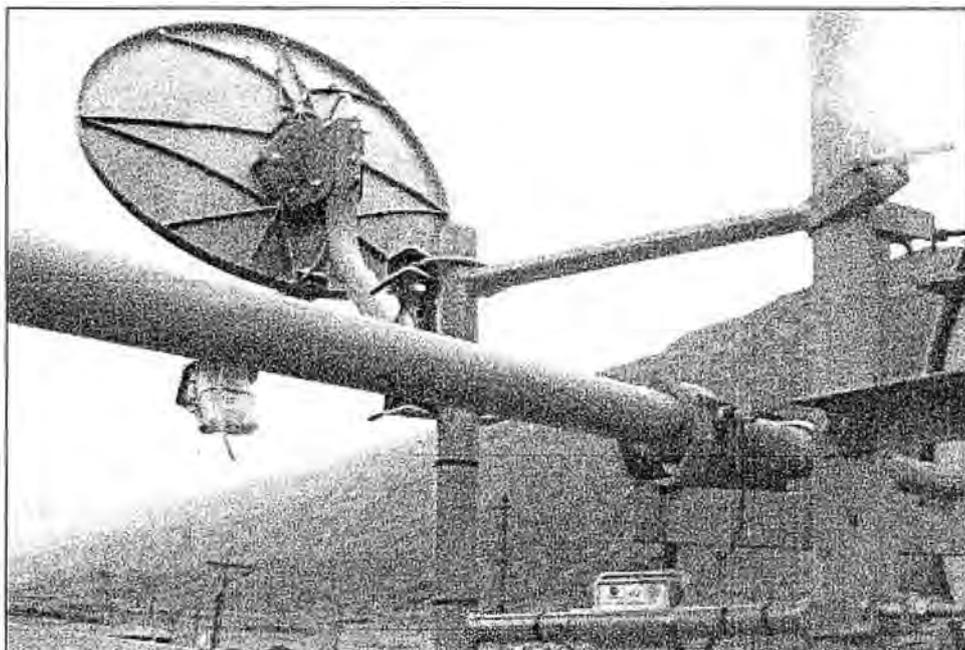


Figura 6.2 ODU, Reflector

1.3 Cableado y Conectorizado

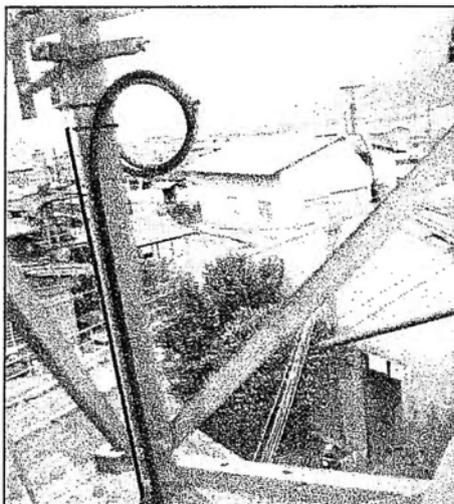


Figura 6.3 Bajada de cables a la sala de equipos



Figura 6.4 Bajada del Cable de datos y tierra (se encuentra dentro de tubo flexible color negro)

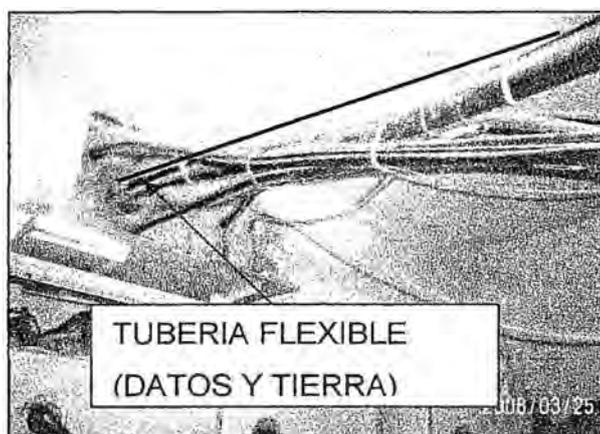


Figura 6.5 Entrada de los cables de datos y tierra a la sala de equipos

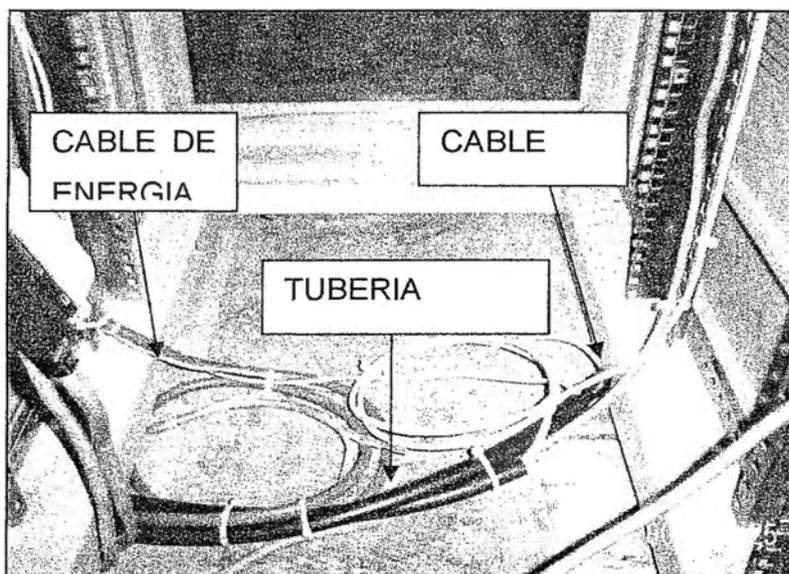


Figura 6.6 Entrada de cables al gabinete
Cable STP (viene de la ODU), Cable de energía 48Vdc, Cable de tierra

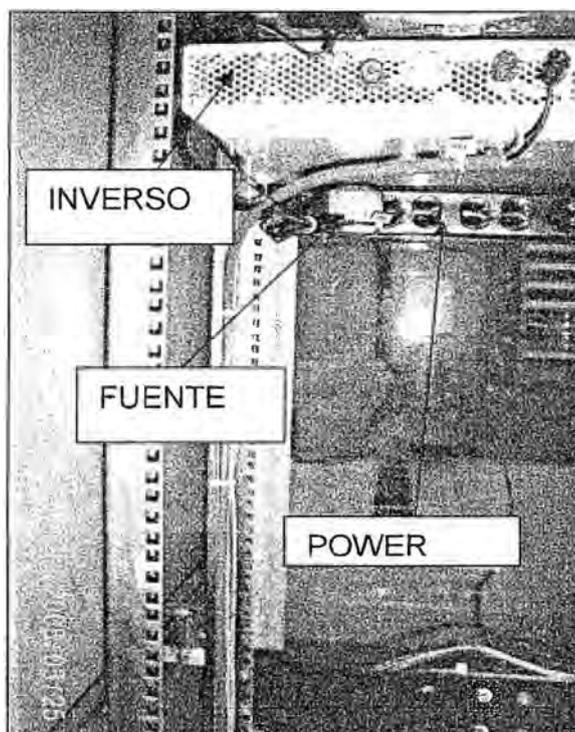


Figura 6.7 Vista del inversor Gamatronic IPU1000, power rack y fuente de la IDU Canopy

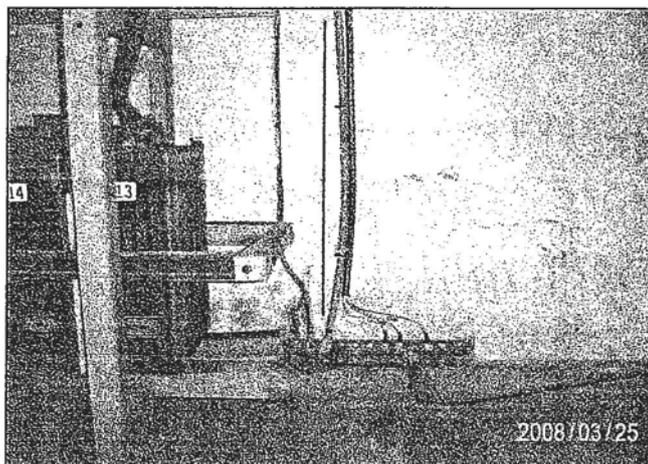


Figura 6.8 Conexión de los equipos a la barra de tierra (Vista de la barra de tierra)

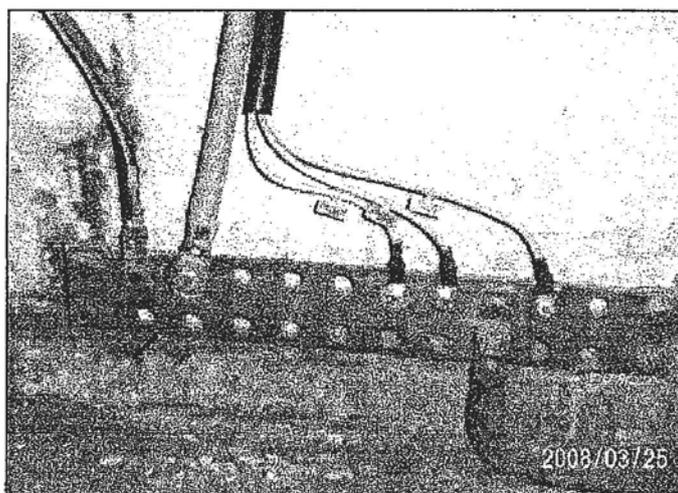


Figura 6.9 Vista de la barra de tierra
(Conexión de los cables de tierra de los equipos AP2620, inversor, ODU Canopy)

2 Imágenes de la Instalación Sub-estación Pachachaca

2.1 Arrestor

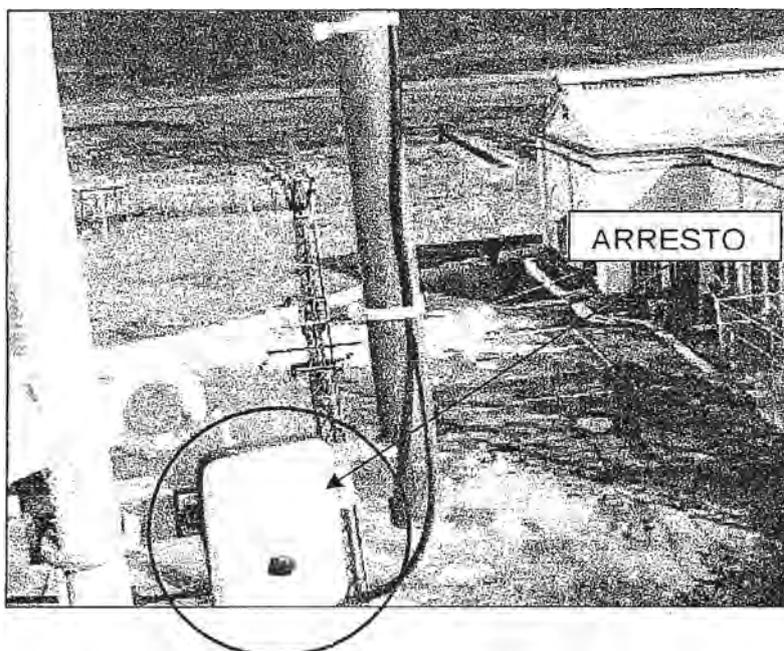


Figura 6.10 Vista de la barra de tierra

2.2 Antena

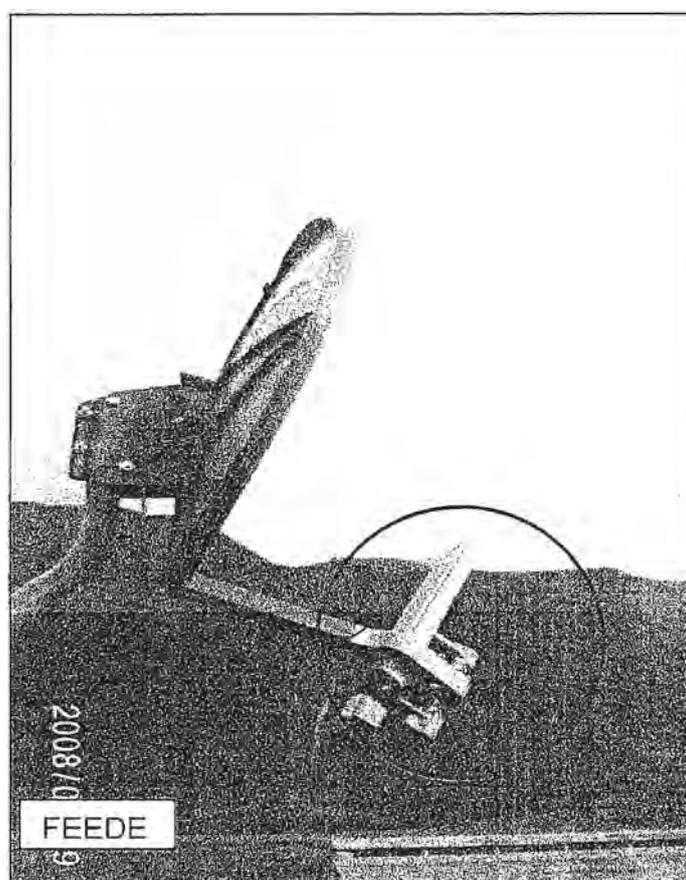


Figura 6.11 Antena Canopy instalada

2.3 Cableado y Conectorizado

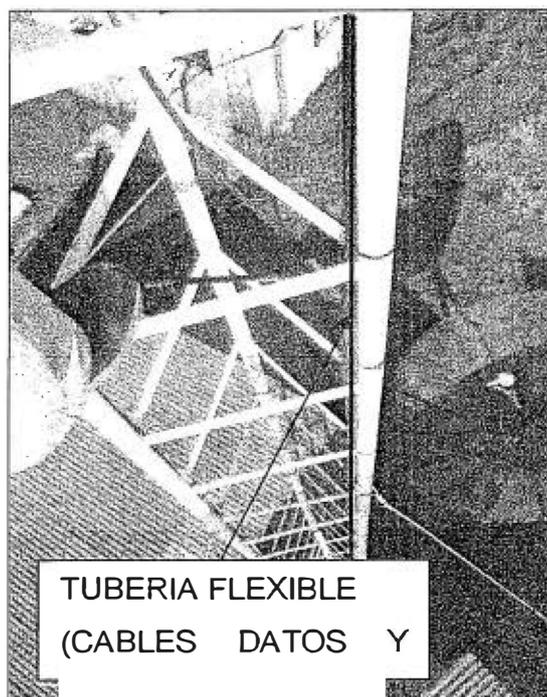


Figura 6.12 Vista de la tubería flexible
(dentro de ella se encuentran el cable STP de datos y el cable de tierra)

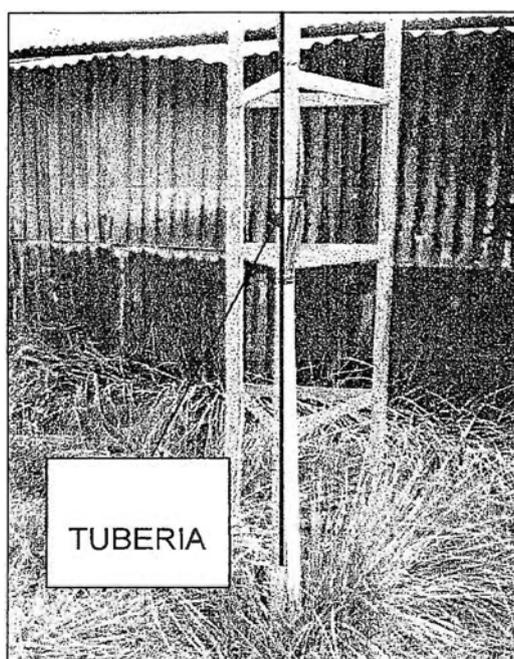


Figura 6.13 Entrada de la tubería (cable de tierra y cable de datos)

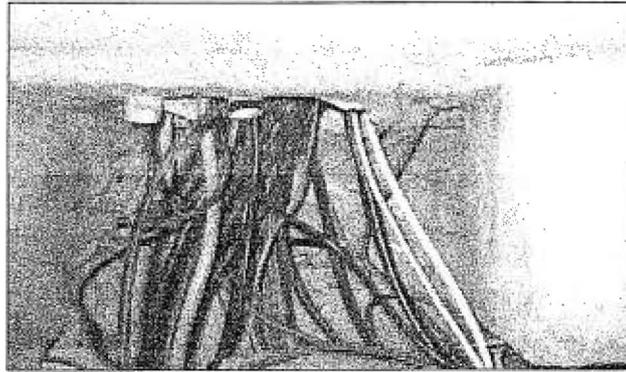


Figura 6.14 Ducteria de entrada para los cables de tierra y datos

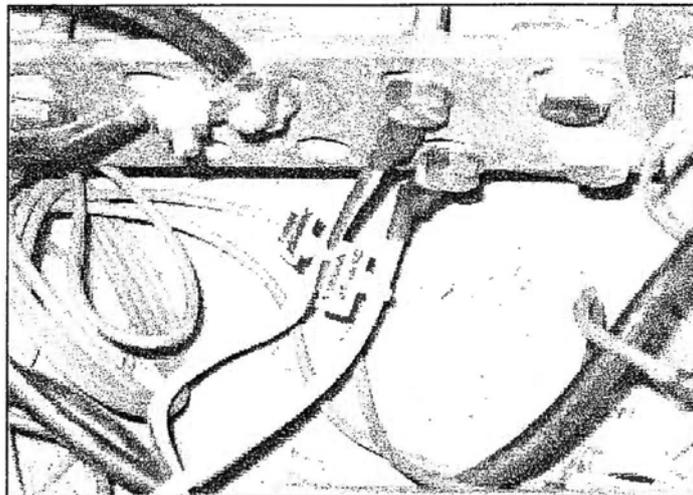


Figura 6.15 Cables de tierra de los equipos AddPac y del equipo inversor IPU1000



Figura 6.16 Ingreso del cableado de datos al rack de comunicaciones

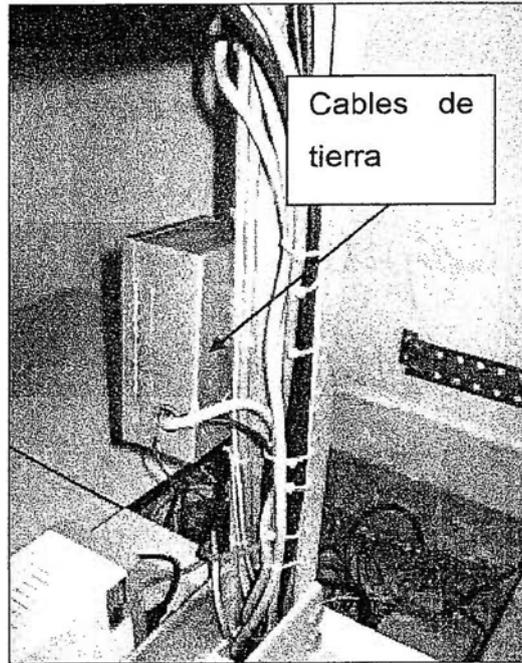


Figura 6.17 Ingreso del cableado de tierra al rack de comunicaciones

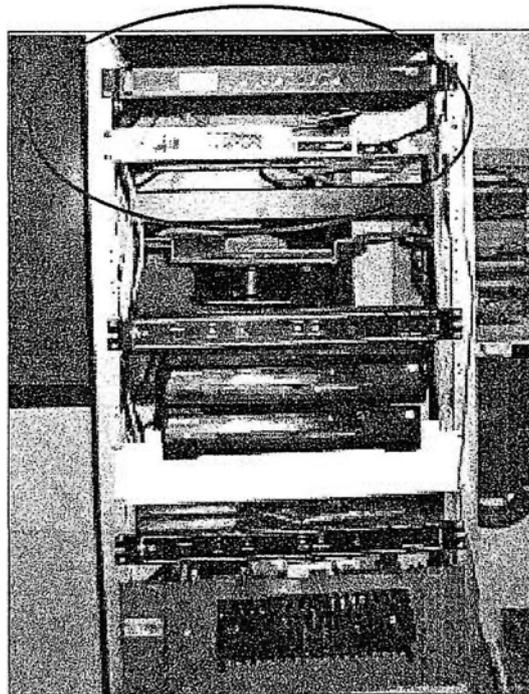


Figura 6.18 Vista de los equipos instalados

BIBLIOGRAFÍA

1. PTP100 series Wireless Ethernet bridges Datasheet, Motorola Wireless Broadband.
2. Fundamentos de voz sobre IP, Maribel Martínez Moyano, James Peters, Jonathan Davidson, Pearson Educación.
3. Analog E&M Voice Signaling Overview. Cisco Systems, Inc.
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk1077/technologies_tech_note09186a0080093f60.shtml
4. Canopy wireless Notes Issue 2, Release 9.4 http://canopywireless.com/software/sw_downlink_public.php?id=4f9c9e06fa3b94b46f3405f30e070611.
5. Cisco IOS Voice Troubleshooting and Monitoring E&M Interfaces.
http://docwiki.cisco.com/wiki/Cisco_IOS_Voice_Troubleshooting_and_Monitoring_-_E%26M_Interfaces. Cisco System, Inc
6. Gateway Protocols, Configuration Examples and TechNotes, Cisco Systems, Inc
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk1077/tech_configuration_examples_list.html.
7. Installation Guide, AddPac1100. AddPac Technology.
8. APOS Quick Operation Guide [Voice over IP] Release 1.00 October, 2003.
9. AddPac Technical training guide, VoiceFinder VOIP Gateway series.
10. AP 2620 Installation Guide, Design Concept, Release Note, E&M Guide.
http://www.addpac.com/addpac_eng2/addpac_product_view_detail.php?class_id=19&item_id=71.