

UNIVERSIDAD MAYOR
FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO REMOTO A EQUIPOS DE
RADIOCOMUNICACIONES BASES DE METRO S.A.**

Proyecto de Licenciatura para Optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería

CARLOS ANDRES CORREA URIBE

**SANTIAGO DE CHILE
NOVIEMBRE-2012**

**UNIVERSIDAD MAYOR
FACULTAD DE INGENIERIA**

**DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO REMOTO A EQUIPOS DE
RADIOCOMUNICACIONES BASES DE METRO S.A.**

**Proyecto de Licenciatura para Optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería**

**Alumno
Profesor Guía**

**Carlos Andrés Correa Uribe
Dr. Luis Manuel Sánchez y Bernal**

**SANTIAGO DE CHILE
NOVIEMBRE-2012**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, por haberme dado la oportunidad de nacer y guiar mi camino día a día por la senda de la vida.

A mi familia, que siempre ha estado conmigo para apoyarme y darme fuerzas para seguir adelante.

A mis padres, que con mucho amor y esfuerzo lograron darme las herramientas necesarias para enfrentar un futuro lleno de desafíos.

A mi abuela, quién siempre ha estado conmigo en los momentos más difíciles de mi vida.

A la escuela Robert Kennedy, la cual me entregó los primeros valores de mi formación estudiantil.

Al Liceo de Aplicación, en donde adquirí los conocimientos y los valores que acompañaron toda mi adolescencia.

A la Universidad Mayor, cuerpo directivo, docente y administrativo, por entregarme los conocimientos de mi formación profesional.

Al personal de la Sección Telecomunicaciones del Metro de Santiago de Chile, los cuales muy generosamente me ayudaron a terminar con este desafío.

A la empresa Metro S.A., por haberme dado la oportunidad de haber sido parte de ella.

A todos mis amigos, compañeros de trabajo y de estudio, que siempre estuvieron junto a mí y me dieron el ánimo y el apoyo necesario para seguir siempre hacia adelante.

Muchas Gracias.

DEDICATORIA

Con todo amor a mi esposa Denisse y a mis hijos Carlos y Joaquín por su apoyo, confianza amor y comprensión que han tenido durante todos estos años, ya que con su ayuda constante me permitieron seguir siempre adelante y cumplir con este importante desafío que sin duda beneficiará aún más nuestras vidas.

SOLO USO ACADÉMICO

INDICE

RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES GENERALES Y DE CONTEXTO	1
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	1
1.3 OBJETIVO ESPECIFICO.....	1
CAPITULO II SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DE LINEA 1	2
2.1 DESCRIPCION GENERAL.....	2
2.2 SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DE LINEA 1.....	2
2.2.1 Bloque Consola de Radio Zetrón	3
2.2.2 Bloque Switch Zetron.....	6
2.2.3 Bloque Red Multiservicio OTN y Fibra Optica	8
2.2.4 Mecanismo de transporte Multiplexación por división de tiempo (TDM).....	15
2.2.5 Hardware del NCC	18
2.2.6 Software del NCC.....	19
2.2.7 Bloque de Repetidores.....	20
2.3 ANTECEDENTES GENERALES DEL PROBLEMA	24
2.3.1 Fallas Típicas en el Subsistema de Radio Bases Estaciones	24
CAPITULO III PROPUESTA GENERAL DE SOLUCION	26
3.1 GENERALIDADES	26
3.2 SISTEMA DE MONITORIZACION REMOTA	26
3.2.1 Estados en las Estaciones	27
3.2.2 Comandos a los Equipos Radio Bases de las Estaciones	29
3.2.3 Hardware Estaciones	31
3.2.4 Software Sistema Central	32
CAPITULO IV CONCLUSIONES	38

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Datos OTN.....	16
Tabla N° 2 Estados Posibles con Cinco Bits	28

Tabla N° 3	Estados Válidos Para el Diseño de la Solución	29
Tabla N° 4	Estados Posibles de Salida	30
Tabla N° 5	Estados de Salida Válidos para el Desarrollo de la Solución	31
Tabla N° 6	Valores Válidos Para la Aplicación	34

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	Arquitectura del Sistema de Radiocomunicaciones	2
Figura N° 2	Consola de Radio Zetron	3
Figura N° 3	Software RDPS.....	4
Figura N° 4	Conexión de la Consola Zetron	5
Figura N° 5	Conector de Datos y Audio	5
Figura N° 6	Switch Zetron	6
Figura N° 7	Diagrama de Conexión del Switch.....	7
Figura N° 8	Esquema Simplificado del Sistema	8
Figura N° 9	Anillo de Transporte OTN.....	9
Figura N° 10	Arquitectura OTN.....	10
Figura N° 11	Topología Física Estrella	13
Figura N° 12	Topología Física en Anillo	13
Figura N° 13	Topología Física Punto a Punto.....	14
Figura N° 14	Topología Física de Bus	14
Figura N° 15	Estructura de la Trama OTN	16
Figura N° 16	Repetidores Operaciones y Seguridad Estaciones.....	20
Figura N° 17	Interfaz 4h + E&M	21
Figura N° 18	Radio Base Motorola PRO 5100	21
Figura N° 19	Duplexor 403-430 MHZ.....	22
Figura N° 20	Splitter dos vías 140-170 MHZ	23
Figura N° 21	Antena Omnidireccional.....	23
Figura N° 22	Equipo Portátil Motorola PRO 5150	24
Figura N° 23	Esquema General del Sistema de Monitorización Remota	27
Figura N° 24	Estados de las Radio Bases.....	27
Figura N° 25	Salidas de Estado de las Estaciones.....	30
Figura N° 26	Diagrama de Bloques Hardware de Estaciones.....	31
Figura N° 27	Convertidor Decimal Binario Hardware Estaciones	32
Figura N° 28	Diagrama de Bloques del Software del Sistema Central.....	33
Figura N° 29	Diagrama Lógico de Alarma por Recepción de Datos	34
Figura N° 30	Bloque Convertidor Hexadecimal a Binario	35
Figura N° 31	Visualización y Almacenamiento	35
Figura N° 32	Bloque de Visualización de Estados.....	36

RESUMEN

El Metro de Santiago de Chile demuestra cada día que ha sido un importante ejemplo de desarrollo del país. Prueba de ello, son las nuevas extensiones de las Líneas 1 y 5 y la construcción de las nuevas Líneas 3 y 6. Es que el Metro no es sólo un medio de transporte que facilita el traslado de miles de ciudadanos, sino que es una empresa que está comprometida con brindar un servicio de calidad a sus usuarios.

Para conseguir lo anterior, se ha incorporado tecnologías de última generación. Dentro de ellas se encuentra la OTN (*Open Transport Network*, Red de Transporte Abierta), que sirve principalmente como medio de transporte de servicios de video, voz y datos.

El Sistema de Radiocomunicaciones, es utilizado por los funcionarios dedicados a las labores de operación, seguridad y mantención dentro de la empresa, involucrando principalmente a conductores de trenes, tranvías, vigilantes, guardias, reguladores de tráfico, supervisores de seguridad, técnicos de mantenimiento y jefes de estación, quienes se comunican con el CIC (Centro Integrado de Comunicaciones) para cambiar trenes de vías, llevar trenes a talleres, trasladar trenes de una Línea a otra, controlar la delincuencia, realizar contención cuando la demanda de público sobrepasa la capacidad de los trenes, trabajos de primeros auxilios, etc. Todo este sistema de comunicación está basado en la integración de tres tecnologías independientes, la primera enfocada a la centralización de las comunicaciones de radio, la segunda enfocada al transporte de señales de audio y señalización hacia las estaciones y la tercera enfocada al sistema radiante o interface aire/tierra.

La importancia del sistema actual llevó a idear el Proyecto de Licenciatura **“Diseño de Sistema de Monitoreo Remoto a Equipos de Radiocomunicaciones Bases de Metro S.A.”**, el cual realiza un estudio del sistema de radiocomunicaciones de Línea 1 con el fin de investigar y proponer una solución de supervisión y control para el sistema radiante el cuál hasta ahora a diferencia de los otros dos nombrados anteriormente, no cuenta con este tipo de tecnología

El proyecto de Licenciatura se ha estructurado en cuatro capítulos. En el Capítulo I de Introducción, se indican los Objetivos generales y de desarrollo del trabajo. El Capítulo II describe la filosofía y el funcionamiento del Sistema de Radiocomunicaciones de Línea 1. El Capítulo III hace mención a la filosofía de trabajo y funcionamiento del trabajo propuesto. Por último, el Capítulo IV está referido a las conclusiones de este trabajo.

ABSTRACT

Metro de Santiago de Chile (Santiago's Metropolitan Subway) shows each day that it has been an important example of the development of the country. As test, the new Lines 1 and 5's extensions and the new Lines 3 and 6 constructions. The Metro is not only a way of transport for thousands of citizens, it is an enterprise compromised to offer a high quality of service to its users.

To achieve it, Metro has incorporated the latest generation technologies. Among them, it is found the OTN (Open Transport Network), that serves mainly as carrier of video, voice and data.

Radio System, is used by the officers engaged in the work operation, safety and maintenance within the company, mainly involving drivers of train, trams, watchmen guards, traffic controllers, safety supervisors, maintenance technicians and station chiefs, who communicate with the ICC (Integrated Communication Center) to change trains either way, take trains to shops, trains move one line to another, control crime, making containment when public demand exceeds the capacity of the trains, first aid work, etc. All this communications systems is bases on the integration of three separate technologies, the first focusing on the centralization of radio communications, the second focused on the transport of audio signals and signs for the seasons and the third focused on the heating system or interface air/ground

The importance of the current systems was devised bachelor degree project "**Diseño de Sistema de Monitoreo Remoto a Equipos de Radiocomunicaciones Bases de Metro S.A.**", which made a study of the radio system Line 1 to investigate and propose a monitoring and control solution which hitherto radiant unlike the other two named above, do not have this type of technology

The project has been structured in six chapters. In the Chapter I Introduction, the generals' objectives are indicated and the project's development. The Chapter II describes the philosophy of work and operation of the Radio System of Line 1. The Chapter III mentions the philosophy of work and operation of the proposed work. The Chapter IV, details the implementation and design of the solution. The Chapter V, is referred to the cost involved in the project's implementation. Besides, it compares the cost of maintenance of the present system, with the proposed in this project. Finally, the Chapter VI is referred to the conclusions of this work.

CAPITULO I INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES GENERALES Y DE CONTEXTO

El sistema de Radiocomunicaciones de Metro S.A, es un sistema analógico de comunicaciones que utiliza tanto el personal de Seguridad como el personal de Operaciones de la empresa. Gracias a él se coordinan acciones como por ejemplo: movimiento de trenes, trabajos en las vías, procedimientos de seguridad, labores de mantenimiento, etc.

El sistema está formado por Consolas de Radio que se ubican en los puestos de control de Operaciones y Seguridad en el 7° Piso del edificio SEAT (Sub Estación de Alta Tensión), luego estas consolas son conectadas a través de pares telefónicos a los armarios de radiocomunicación Zetrón, ubicados en el área de Telecomunicaciones en el 5° piso del mismo edificio y son los encargados de gestionar las comunicaciones entre los puestos centrales y las estaciones.

La comunicación entre las estaciones y el edificio central, se realiza por medio de una red multiservicio de transporte basada en Fibra Optica, la cuál es responsable de enviar y recibir todo el tráfico de Video, Voz y Datos de la empresa; luego en cada estación del Metro se ubica en los locales técnicos un Rack de Radiocomunicaciones, el cuál alberga en su interior cuatro equipos de Radio Motorola modelo PRO 5100. Estos se conectan a la red Multiservicio y son los responsables de generar y recibir todas las comunicaciones de radio que se efectúen desde el puesto central o desde los equipos móviles.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Estudiar e investigar el sistema de Radiocomunicaciones de Línea 1 de Metro de Santiago con el fin de identificar las debilidades que presenta y con ello evaluar la mejor alternativa para diseñar un Sistema de Monitorización Remota para las Radios Base de las estaciones de la Línea 1, que permita facilitar las tareas de administración y supervisión del personal del área Telecomunicaciones a los equipos ubicados en la estaciones.

1.3 OBJETIVO ESPECIFICO

Idear un sistema basado en comunicación digital que facilite al área de Telecomunicaciones de Metro S.A., conocer en todo momento el estado de las radio bases que se encuentran distribuidas en las estaciones de Línea 1.

CAPITULO II

SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DE LINEA 1

2.1 DESCRIPCION GENERAL

El sistema de radiocomunicaciones de línea 1, es un sistema formado por un conjunto de equipos los cuales se encuentran distribuidos tanto a nivel central como en las estaciones. La comunicación con las estaciones se realiza a través de una red multiservicio de fibra óptica.

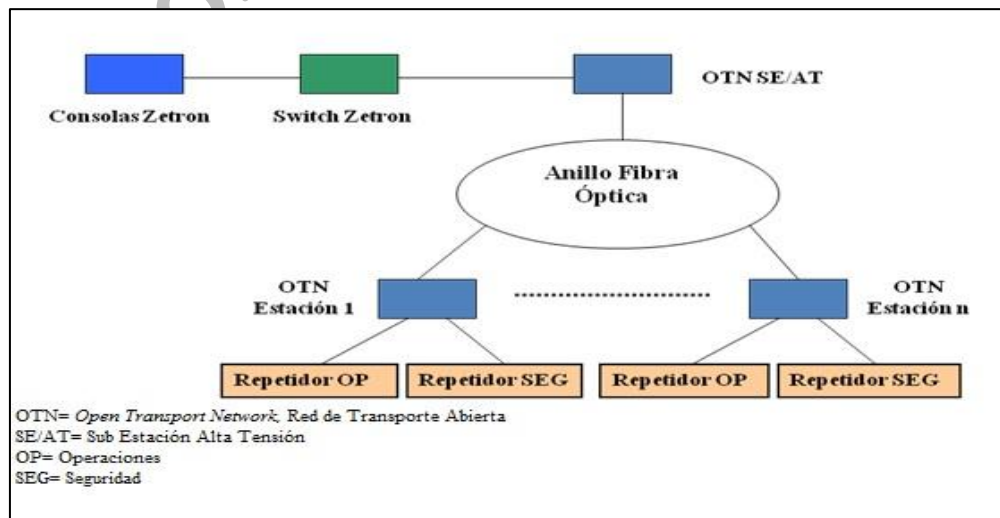
El presente capítulo mostrará en forma lógica el sistema de radiocomunicaciones de línea 1, identificando cada uno de los elementos que participan del sistema con el fin de dar a conocer su arquitectura y funcionamiento.

Además se identificará la problemática que existe en los repetidores del sistema de radiocomunicaciones, con el fin de dar a conocer cómo afecta la falta de un equipo de monitorización remota a la operación y mantención de las áreas involucradas.

2.2 SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES DE LINEA 1

El sistema de radiocomunicaciones de la Línea 1, se subdivide en dos grandes sistemas, uno orientado al control y gestión de las comunicaciones y el otro orientado a satisfacer los requerimientos de radio para permitir la comunicación entre el personal de estaciones y en centro de comunicaciones central. La Figura N° 1 muestra el diagrama en bloques de la arquitectura del sistema de radiocomunicaciones de línea 1

FIGURA N° 1
ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES



Fuente: Proyecto Radiocomunicaciones Metro de Santiago L1 (2000)

En la Figura N° 1, se puede apreciar ambos sistemas, el primero está compuesto principalmente por una consola de comunicación, desde allí el operador ubicado en el 7° piso del edificio SE/AT (Sub Estación Alta Tensión), se comunica a las distintas estaciones para coordinar, administrar y gestionar los eventos que en ellas ocurran. Esta consola se compone principalmente de un computador, un micrófono y un par de parlantes.

La conexión de los datos y el audio con el switch se realiza por medio de pares telefónicos, que unen el 7° piso del edificio SE/AT con el área de Telecomunicaciones, ubicada en el 5° piso del mismo edificio. En el switch se conmuta y encamina la comunicación desde y hacia las estaciones, a través del anillo de fibra óptica que administra la red multiservicio OTN

El segundo sistema corresponde a las estaciones y es allí en donde la señal de control y audio provenientes del anillo de fibra óptica son entregados a los equipos repetidores de operaciones y seguridad los cuales se encargan de modular y demodular el audio en frecuencias de radio las cuales son enviadas y recibidas por el aire, desde y hacia los equipos portátiles.

A continuación en forma descendente se identificará cada bloque que participa del sistema de radiocomunicaciones de la línea 1.

2.2.1 Bloque Consola de Radio Zetrón

Este bloque corresponde a la IHM (Interface Hombre Máquina), desde donde el operador central gestiona todas las comunicaciones de radio que se efectúan con las estaciones de la línea 1. Desde aquí se coordinan las labores de Seguridad, Operaciones y Mantenimiento con el personal que se encuentra en terreno. La Figura N° 2, muestra la consola de radio Zetrón.

**FIGURA N° 2
CONSOLA DE RADIO ZETRON**



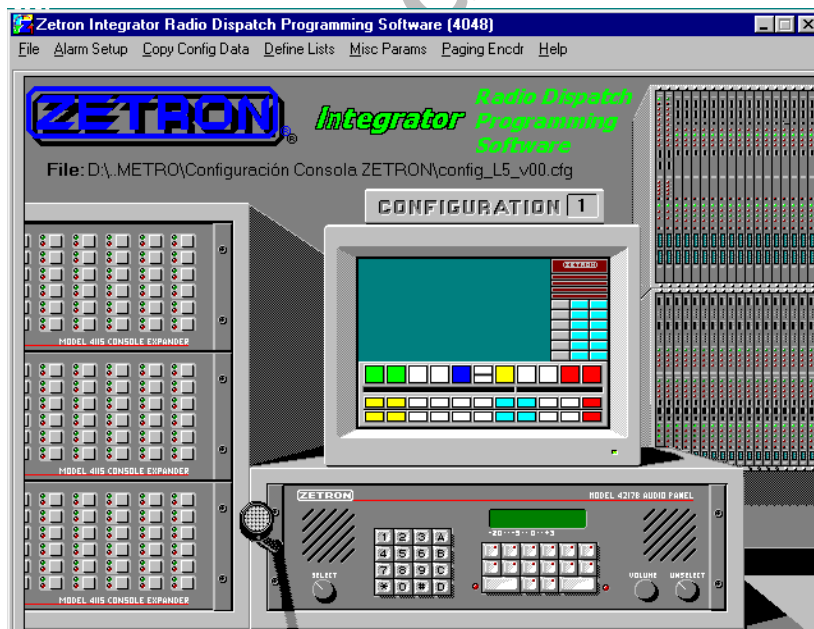
Fuente: Centro de Comunicaciones y Seguridad, Metro de Santiago L1 (2000)

Una de las funciones claves de los sistemas de la Serie Zetrón es que se pueden programar totalmente utilizando una PC con sistema operativo Windows 2000, XP o Vista y el Console Programming System para Windows (CPSW) o el Radio Dispatch Programming Software (RDPS).

Estos programas no sólo permiten que los canales sean configurados para distintos tipos de estaciones bases, sino que también permiten que cualquier tecla sea asignada a cualquiera de las funciones disponibles. Esto elimina la necesidad de actualizaciones costosas a la vez que permiten que el administrador del sistema pueda reconfigurar las teclas o iconos en cualquier momento para acomodar nuevos procedimientos operativos o cambios en el sistema de radio.

Para cambiar la función de una tecla sólo hace falta usar el cursor para seleccionar una nueva función desde la lista del menú que aparece en pantalla. Al terminar de escoger las nuevas funciones la nueva configuración queda almacenada en la unidad extraíble (pendrive, disquete). No es necesario interrumpir la operación de la consola hasta que se completen los cambios y se guarden en la unidad extraíble. Una vez terminada y almacenada la configuración ésta puede ser descargada de la PC a la consola en cuestión de segundos. También es posible copiar la configuración de una consola a la PC para almacenarla o modificarla. La Figura N° 3, muestra el software RDPS

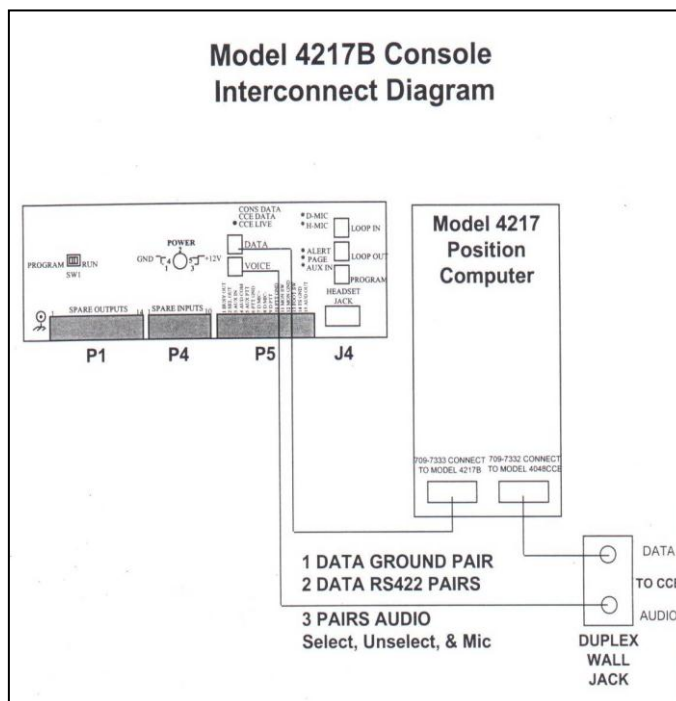
**FIGURA N° 3
SOFTWARE RDPS**



Fuente: Software Configuración Consola Zetron, Metro de Santiago L1 (2000)

La conexión de las consolas de radio con el switch central se realiza por medio de pares telefónicos y conectores del tipo RJ-11. El par de audio va conectado en forma directa al switch Zetron, en cambio el par de datos pasa primero por la tarjeta RS-422 del computador de la consola y luego se va a través de par telefónico hacia el switch zetron. Las Figuras N° 4 y 5, muestran la conexión de la consola.

**FIGURA N° 4
CONEXION DE LA CONSOLA ZETRON**



Fuente: Manual de Instalación M4020/M4048 , Metro de Santiago L1 (2000)

**FIGURA N° 5
CONECTOR DE DATOS Y AUDIO**

VOZ				
Pin RJ11	Color RJ 11	Señal		Color
1	Azul	UNS	-	Azul/Blanco
2	Amarillo	UNS	+	Blanco/Azul
3	Verde	MIC	-	Naranja/Blanco
4	Rojo	MIC	+	Blanco/Naranja
5	Negro	SEL	-	Verde/Blanco
6	Blanco	SEL	+	Blanco/V erde

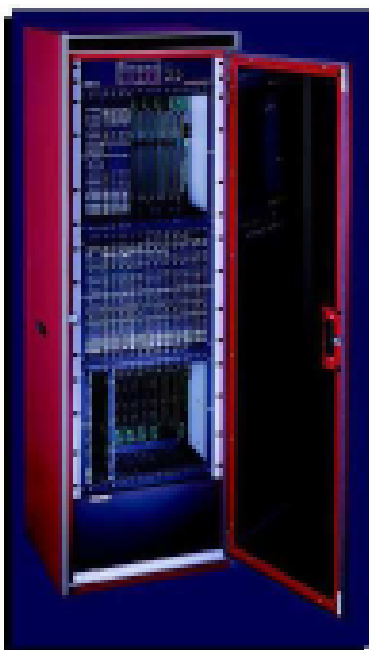
DATOS				
Pin RJ11	Color RJ 11	Señal		Color
1	Azul	GND(Data)	-	Rojo/Azul
2	Amarillo	CI	+	Café/Blanco
3	Verde	CI	-	Blanco/Café
4	Rojo	IC	+	Gris/Blanco
5	Negro	IC	-	Blanco/Gris
6	Blanco	GND(Data)	+	Azul/Rojo

Fuente: Manual de Instalación M4020/M4048 , Metro de Santiago L1 (2000)

2.2.2 Bloque Switch Zetron

El switch Zetron es la unidad de control central responsable de conmutar y encaminar los múltiples canales de audio entre las consolas de despacho utilizadas por los operadores y los dispositivos externos como estaciones bases, estaciones de control, repetidores, teléfonos, intercomunicadores, etc. A este equipo convergen todos los canales de radio y anexos telefónicos, permitiendo realizar, a través de una matriz de conmutación, las interconexiones entre canales. La Figura N° 6, muestra el Switch Zetrón.

**FIGURA N° 6
SWITCH ZETRON**



Fuente: Manual de Instalación M4020/M4048 , Metro de Santiago L1 (2000)

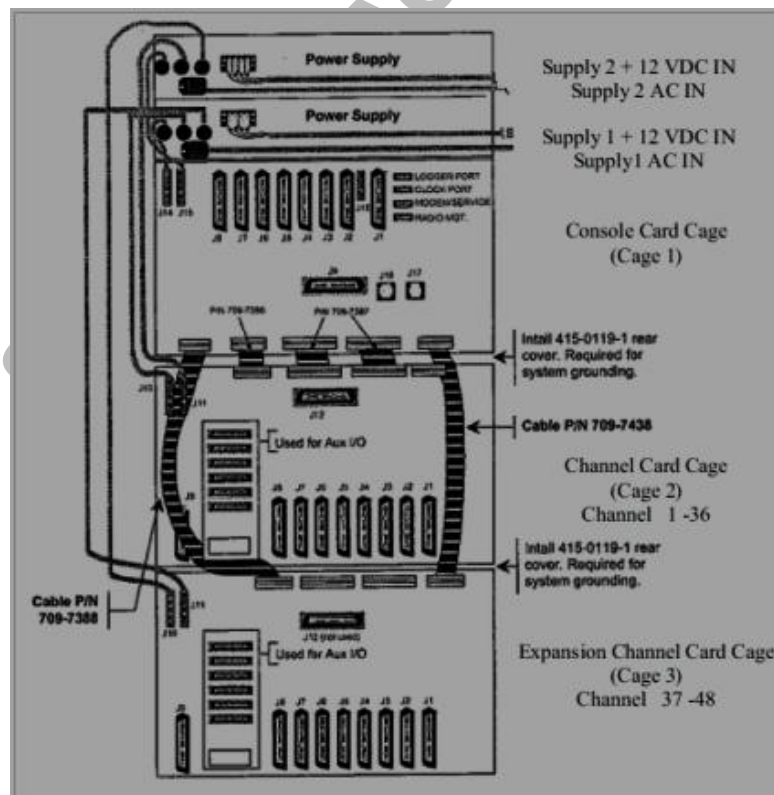
El Switch está compuesto por los siguientes elementos:

- Console Interface Card Cage: Gabinete que ofrece 18 slots (ranuras) para conectar las System Traffic Cards (Tarjetas de Tráfico del Sistema ó STCs), las Console Interface Cards (Tarjetas de Interfaz de Consola ó CICs), y la Patch Card.
- System Traffic Card: Es la unidad controladora del sistema. Es posible utilizar 2 de estas tarjetas para dar redundancia “hot stand-by” al sistema.
- Console Interface Cards: Tarjeta a la cual se conectan las posiciones de despacho. El M4048 permite incluir hasta 15 tarjetas de consola (posiciones de despacho) y si el “patching” no es requerido, la capacidad se extiende a 16.
- Patch Card: Provee los recursos para realizar los patch entre canales.

- Channel Card Cage: Gabinete que ofrece 18 slots (hendiduras) para conectar las Dual Channel T/R Control Cards (Tarjetas de Control de Canales Duales ó DCCs) y las Auxiliary I/O Cards (Tarjetas de módulos Input/Output auxiliares). Una Channel Card Cage totalmente utilizada soporta hasta 36 canales de radio y telefónicos, sin embargo para lograr la capacidad máxima de canales (48 canales) se requiere la unidad Channel Card Cage Expansion. El Channel Card Cage Expansion es un gabinete que ofrece 6 slots para conectar las DCCs, por lo que es capaz de soportar hasta 12 canales de radio y telefónicos.
- Dual Channel T/R Control Cards: Tarjeta a la cual se conectan los canales de audio provenientes de las base/repetidores. Cada tarjeta permite interconectar hasta 2 canales de audio.
- Power Supply Modules: Los voltajes de operación del M4048 pueden ser suministrados por una sola fuente de poder. Sin embargo para el funcionamiento dual redundante, se debe conectar en paralelo una segunda fuente de poder.

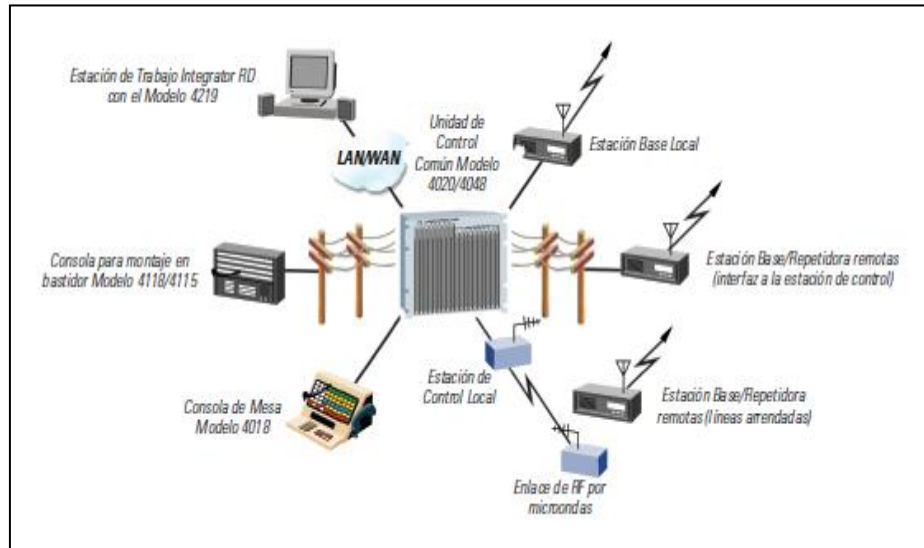
La Figura N° 7 y Figura N° 8, muestran el diagrama de conexión del Switch. y un esquema simplificado del sistema, respectivamente

**FIGURA N° 7
DIAGRAMA DE CONEXION DEL SWITCH**



Fuente: Manual de Instalación M4020/M4048 , Metro de Santiago L1 (2000)

FIGURA N° 8
ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL SISTEMA



Fuente: Manual de Instalación M4020/M4048 , Metro de Santiago L1 (2000)

2.2.3 Bloque Red Multiservicio OTN y Fibra Óptica

El sistema de transmisión **OTN** u "**O** pen **T** ransport **N** etwork" (Red de Transporte Abierta) se basa en la más avanzada tecnología de fibra óptica disponible hoy en día. Se caracteriza por el enfoque de anillo doble que se traduce en una elevada disponibilidad de la red así como en la integración de distintas clases de servicios en una sola red pudiendo, de esta forma, satisfacer casi todos los requerimientos de transmisión de sonido, datos, LAN, vídeo y cualquier servicio especial que se requiera. En la Figura N° 9 se observa una topología de anillo compuesta de cuatro nodos. La red utiliza TDM (*Time Division Multiplexing*, Multiplexación por División en el Tiempo) para la comunicación entre los nodos.

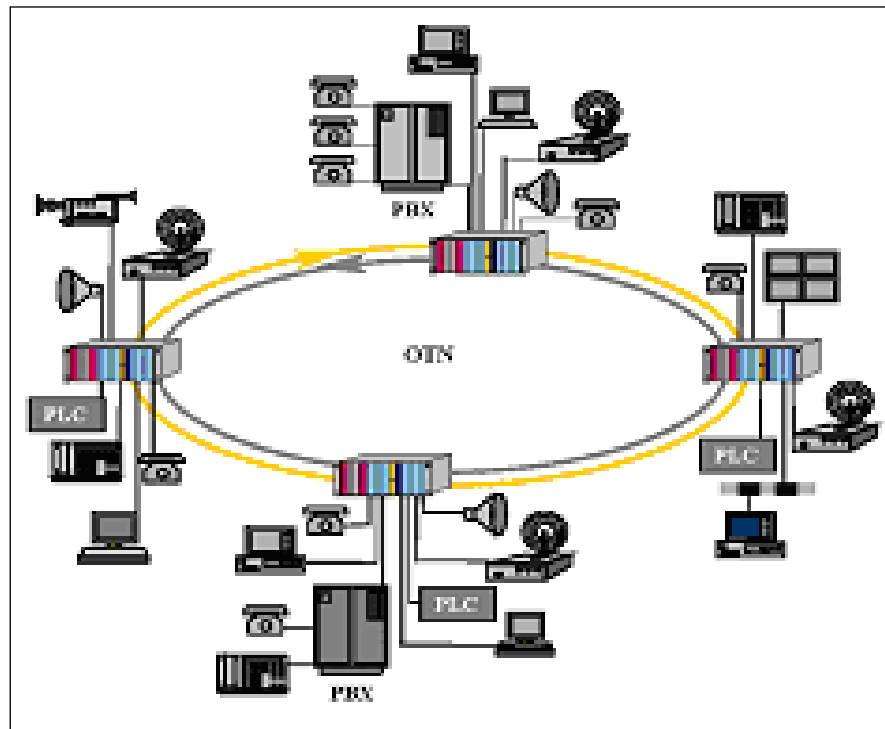
a) ¿Qué es la OTN?

OTN es precisamente lo que su nombre indica:

- **Open:** Puede manejar casi todos los estándares de interface físicos existentes así como protocolos de comunicación muy específicos en entornos especiales, a través de sus módulos de interface.
- **Transport:** Transmite distintas clases de información (p.e., sonido, datos, vídeo digital y LAN) de manera totalmente transparente a través de la red con un índice de disponibilidad elevado.
- **Network:** Está basada en la tecnología de fibra óptica en una infraestructura de red con garantía de futuro, con distancias virtualmente ilimitadas. OTN es la solución ideal para un entorno mixto como los que se hallan en muchas redes, por ejemplo, el entorno de transporte de los trenes metropolitanos, los ferrocarriles, los ferrocarriles ligeros, los

sistemas de las minas, los aeropuertos, a lo largo de acueductos, gaseoductos u oleoductos, redes de distribución de electricidad así como para las industrias química y petroquímica.

FIGURA N° 9
ANILLO DE TRANSPORTE OTN



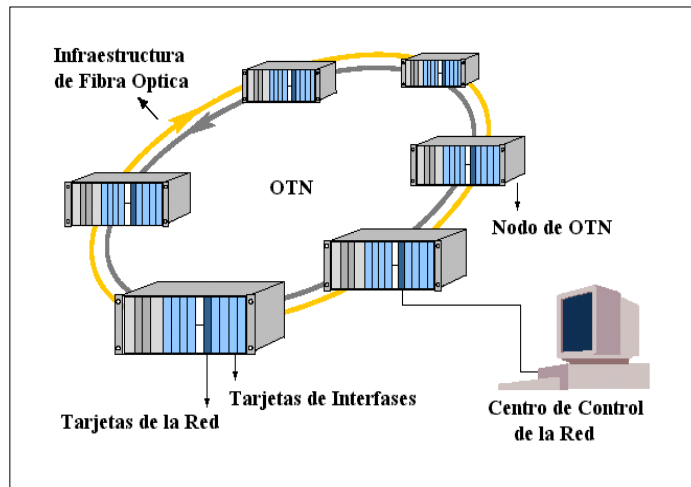
Fuente: Siemens Atea (2000A). "Descripción del Producto"

b) La arquitectura de OTN

Como se muestra en la Figura N° 10, la arquitectura de OTN está basada en 4 componentes principales del sistema:

- La red principal de fibra óptica;
- Los nodos de OTN;
- Las tarjetas de interface que permiten el acceso de los usuarios al sistema;
- El sistema de administración de la red (NCC – Network Control Center), Centro de Control de la Red

FIGURA N° 10
ARQUITECTURA OTN



Fuente: Siemens Atea (2000A). "Descripción del Producto"

c) Anillo doble

Los nodos OTN de la red están conectados entre sí mediante enlaces dobles de fibra óptica de punto a punto. Dichas fibras forman 2 anillos de rotaciones contrarias. Durante el funcionamiento normal, todos los datos del equipo conectado se transmiten por un anillo, mientras que el segundo permanece en reserva. Aún así, el de reserva se mantiene sincronizado de manera que se pueda controlar su disponibilidad. El segundo anillo es de reserva y puede encargarse, ya sea parcial o totalmente, de la transmisión de datos en caso de una emergencia, esta activación se realiza en forma automática.

d) Estructura modular

El nodo OTN se monta sobre un chasis de 19 pulgadas (doble del tamaño estándar de la euro tarjeta). Está equipado con varios módulos comunes, pudiendo alojar 8 módulos de interfaces. Todos los módulos se insertan en el nodo. Sus paneles frontales conforman el panel frontal del nodo OTN.

Los módulos comunes son: la (s) fuente (s) de alimentación, dos módulos transductores y una tarjeta lógica normal. Los nodos disponen de 8 slots para módulos de interfaces, pudiendo introducir en las mismas varias combinaciones de tarjetas en cualquier posición.

e) Tarjeta lógica común

La tarjeta lógica común ejecuta el esquema de multiplexación por división de tiempo enviando la información recibida a las interfaces pertinentes y de éstas al módulo de fibra óptica para la transmisión. Asimismo, incluye en uno o dos ASIC (Circuitos Integrados de Aplicación Específica) los algoritmos para llevar a cabo distintas funciones tales como la reconfiguración y sincronización. Este módulo también contiene la RAM de conexión que almacena las conexiones programadas y la batería la cual permite solventar posibles fallos en la

alimentación. Por consiguiente, cada nodo contiene su propia inteligencia grabada en el hardware VLSI. Los fallos que se detecten, como ruptura de cables, pueden corregirse rápidamente (50 a 120 ms), desde que ocurren, sin la intervención del NCC (Network Control Center (Centro de control de la red)). Para volver a arrancar la red, tras un fallo parcial o completo en la alimentación, no es necesario ejecutar ninguna rutina de inicialización del software. Después de una auto-verificación el sistema estará inmediatamente disponible.

f) El nodo OTN-N22

Si bien esta clase de nodo tiene la misma carcasa de 19 pulgadas que el OTN-N12, sus slots son diferentes. Puede emplearse para red tipo OTN-150 y OTN-600, suministrando hasta 184 Mb/s a las tarjetas de interface. El módulo lógico común se denomina BORA (Broadband Optical Ring Adapter – Adaptador de anillo óptico de banda ancha).

g) Módulos transductores

Los TRM (Transmitter/Receiver Module) (OTR, STR o ETR) se montan en el módulo BORA realizando las operaciones de transmisión y recepción ópticas, la conversión electro-óptica, de codificación (4B/5B, 8B/10B, CMIT entre otros) así como las funciones de recuperación de reloj. En las hojas de especificaciones se recoge una descripción de la tarjeta transductora.

h) Slots de interfaces

Un nodo OTN-N22 dispone de dos clases de slots de interface. El slot LS (Low Speed – Baja velocidad) puede ser utilizada por cualquier clase de interfaz utilizable en la OTN-36. El slot HS (High Speed – Alta velocidad) puede proporcionar una mayor capacidad a una interface, que puede operar, hasta 184 Mb/s. Soporta tanto interfaces HS como LS. Un ejemplo de interfaz HS es la ET100.

i) Módulos de fuentes de alimentación

El nodo N22 puede dotarse de una o dos fuentes de alimentación de 24 V CC (V30812-A5020-A9) o -48 V CC (V30812-A5020-A8), 115 V CA (V30812-A5020-A7) o 230 V CA (V30812-A5020-A6) pudiendo, cada una, alimentar el nodo de forma independiente. De no emplearse nodos redundantes, será suficiente un solo módulo de fuente de alimentación. Dos módulos aumentan la confiabilidad del nodo (reparto de la carga). Si una fuente de alimentación falla, la otra la reemplazará automáticamente.

j) Slots adicionales

Entre los dos módulos de fuentes de alimentación se hallan dos slots adicionales en donde puede instalarse, por ejemplo, un módulo PSU 48 V con RG-25.

k) Topología

La topología de la red puede considerarse desde dos niveles distintos: lógico y físico. La topología lógica describe los caminos recorridos por la información en la red. La topología física describe la disposición y la interconexión de nodos y medios.

l) Topología lógica

La topología lógica que se prefiere para la OTN es la estructura de anillo doble puesto que proporciona una resistencia óptima contra los fallos. Sin embargo, la topología lógica de OTN puede también destinarse a operaciones de encadenamiento. Al configurarse para anillo doble, el camino de fibra óptica queda cerrado. Tan pronto como se abra (ruptura del cable) el sistema responderá a este cambio a través de un bucle de vuelta indicando una condición de fallo.

El anillo óptico doble se utiliza especialmente para garantizar un elevado nivel de servicio, confiabilidad y disponibilidad. El sistema corregirá automáticamente distintos tipos de fallos en la red. Al configurarse para operaciones de encadenamiento a través de la característica de bucle se forma un anillo lógico. El NCC señalará esta configuración como operación normal y no como condición de fallo.

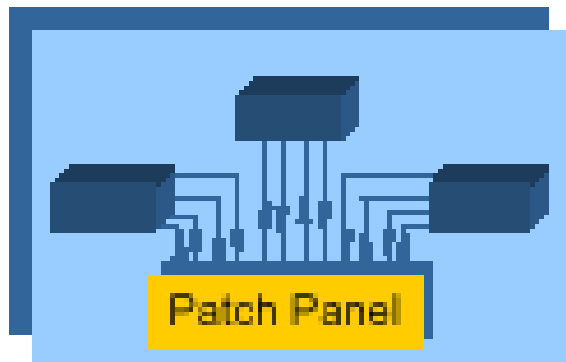
m) Topología física

La configuración lógica puede implantarse en distintas topologías físicas: punto a punto, anillo, estrella y bus. Se trata de topologías simples para las que se siguen los procedimientos de instalación estándares y que permiten una adaptación flexible de una a otra.

n) La topología física en estrella

En la topología en estrella (Figura N° 11), la organización de la red tiene forma de estrella, con cables que irradian de un punto central que normalmente contiene un panel de conexiones de fibra óptica. Aquí, la fibra de recepción de cada nodo está conectada con la de transmisión de otro nodo. Esta topología posibilita el uso de cables existentes, de pasos de cables o de cables canalizados. Sin embargo, en muchos casos, tiene la desventaja de necesitar más equipo y unos costos de instalación más elevados, así como una cobertura geográfica limitada con respecto al anillo físico.

FIGURA N° 11
TOPOLOGIA FISICA ESTRELLA

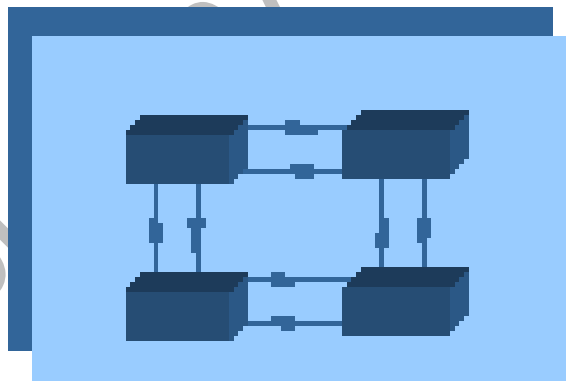


Fuente: Siemens Atea (2000A). "Descripción del Producto"

ñ) La topología física de anillo

Esta topología necesita menos cables que la de estrella y crea automáticamente recorridos de cables alternativos en caso de siniestros. Algunos ejemplos son; anillo entre varios edificios en un campus, anillo a lo largo de una vía de ferrocarril o anillo que rodea un aeropuerto. En la Figura N° 12 se muestra esta topología de red.

FIGURA N° 12
TOPOLOGIA FISICA EN ANILLO

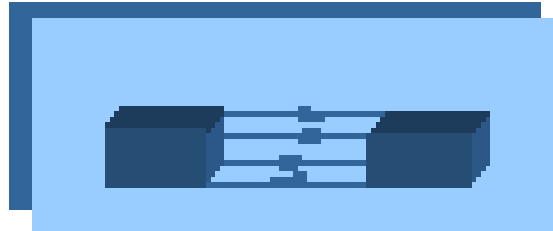


Fuente: Siemens Atea (2000A). "Descripción del Producto"

o) La topología física de punto a punto

Esta topología proporciona la misma resistencia contra las interrupciones de cables que la de anillo siempre y cuando las fibras de los dos anillos pertenezcan a cables diferentes de rutas alternativas. La Figura N° 13 muestra esta topología de red.

FIGURA N° 13 TOPOLOGIA FISICA PUNTO A PUNTO

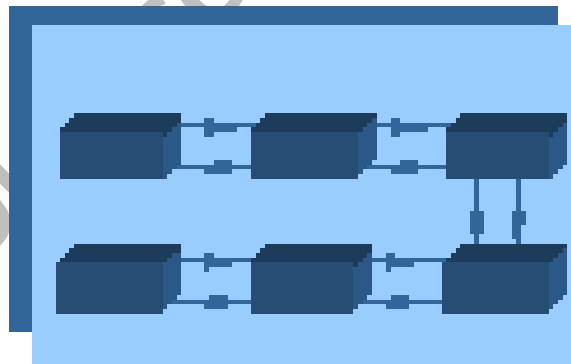


Fuente: Siemens Atea (2000A). “Descripción del Producto”

p) El encadenamiento físico o la topología de bus

Puesto que esta topología no ofrece ninguna resistencia contra las interrupciones de cables, podrán utilizarse derivaciones de fibra óptica para conseguir resistencia contra los fallos del equipo. Un nodo defectuoso (fallo de alimentación o errores internos detectados por auto verificación) se pone en bypass ópticamente. El balance óptico deberá calcularse por grupos de tres nodos consecutivos con el fin de garantizar la disponibilidad de un balance óptico suficiente si al fallar un nodo, el otro pasa a la modalidad de bypass. Esto tiene la desventaja de tener una cobertura geográfica limitada. Debido al interruptor de bypass óptico, los transductores de fibra óptica serán también más caros. La topología de bus se muestra en la Figura N° 14.

FIGURA N° 14 TOPOLOGIA FISICA DE BUS



Fuente: Siemens Atea (2000A). “Descripción del Producto”

q) Clases de conexiones

Las redes de hoy en día muestran una serie de conexiones típicas. La OTN puede utilizarse para soportar cualquiera de estas clases de conexión mediante el uso de interfaces apropiadas:

- **Punto a punto**

En una conexión punto a punto, los equipos se comunican por parejas, como en el caso de una conexión entre teléfono y PBX o de una conexión ordenador terminal –

ordenador principal. En la OTN estas conexiones pueden realizarse totalmente al azar entre cualquier par de puertos con interfaces idénticas, colocadas en un slot de interfaz cualquiera de un nodo, pero no dentro del mismo nodo.

- **Multipunto**

En una conexión multipunto muchos equipos están conectados a la misma "línea" en un bus (por ejemplo, Ethernet) o anillo (por ejemplo, anillo con paso de testigo). El acceso al medio está controlado por un protocolo de acceso. Las LAN son ejemplos típicos de estas conexiones multipunto. Este tipo de conexión puede realizarse entre cualquier cantidad de interfaces idénticas, situadas en cualquier slot en nodos diferentes.

- **Multiterminal**

En una conexión multiterminal los datos enviados al medio se descargan en muchos puntos. Puede tratarse de un sistema unidireccional como en el caso de megafonía, o bidireccional, como acontece en algunos sistemas de recolección de datos donde los datos de retorno se controlan, por ejemplo, por un esquema de votación. Este tipo de conexión puede realizarse entre una tarjeta y muchas tarjetas situadas en otros nodos, pero tan sólo una por nodo y no entre tarjetas del mismo nodo.

2.2.4 Mecanismo de transporte Multiplexación por división de tiempo (TDM)

La comunicación entre los nodos de OTN en el anillo de fibra óptica se basa en TDM (*Time Division Multiplexing*). La trama tiene una magnitud temporal de 31,25 ms y contiene varios canales o bits:

- 1.152 bits para OTN-36;
- 4.608 bits para OTN-150;
- 18.432 bits para OTN-600.

Los "canales" y los "bits por trama" son equivalentes para la OTN. Para fines de direccionamiento, las tramas TDM están divididas en 384 canales o grupos de bits. Los bits de un grupo de bits están disponibles en paralelo en la placa posterior. En la Tabla N° 1 se muestran algunos datos básicos relativos al ancho de banda en OTN.

**TABLA N° 1
DATOS OTN**

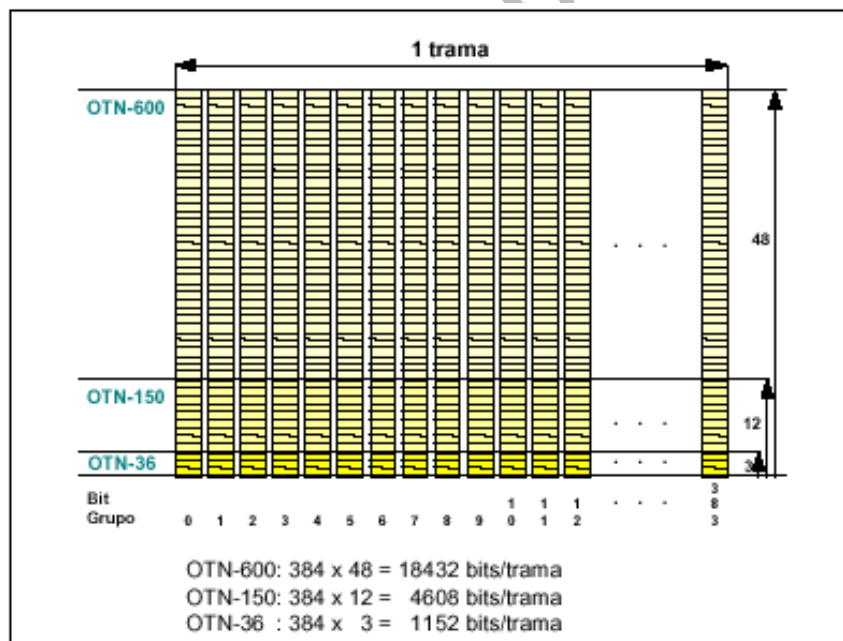
Características	OTN-36	OTN-150	OTN-600
Longitud de la trama (bits)	1.152	4.608	18.432
Bits / grupo de bits	3	12	48
Bits / trama de cabecera	11	55	151
Capacidad de red (bits/trama)	1.141	4.553	18.281
Capacidad de red (Mb/s)	36.512	145.696	584.992

Fuente: Siemens Atea (2000A). "Descripción del Producto"

a) Estructura de la trama

La Figura N° 15 muestra la estructura de las tramas OTN. El número de bits por grupo depende de la versión de la capacidad. La dirección de un bit consta del número del grupo (0-383) y del número de bit dentro del grupo (0-2, 0-11 ó 0-47).

**FIGURA N° 15
ESTRUCTURA DE LA TRAMA OTN**



Fuente: Siemens Atea (2000A). "Descripción del Producto"

b) Asignación de la capacidad

La capacidad requerida para una conexión varía mucho según la clase de tarjeta de interfaz, por ejemplo, tarjeta analógica de sonido frente a Ethernet, estando determinado por el número de bits en la trama que se ha asignado a este tipo de conexión. El número de bits (32 kb/s para cada bit asignado en la trama) tiene que corresponderse con la tasa de los "datos" actuales y el SOH (signaling overhead). El NCC asigna la capacidad a una conexión durante la instalación.

c) Información de control y estado

Los transductores, la tarjeta lógica común (DRA o BORA) y las interfaces generan información del estado visualizándola a través de LEDs en el panel frontal de cada uno de los módulos conectables. La misma se enviará también al NCC. Cualquier modificación de la información de estado se notificará inmediatamente al NCC. La información sobre el estado de los módulos incluye toda la información sobre los parámetros, el estado y las alarmas de dichos módulos. Ejemplos: parámetros de puente, estado de recepción/transmisión y el resultado de una auto verificación. Los módulos también posibilitan, llegado el caso, el control remoto de sus parámetros a través del NCC, incluyendo la activación/desactivación de los módulos de interfaces.

d) Información sobre el anillo

El NCC dispone de información sobre el estado del anillo:

- anillo activo y en reserva;
- estructura del anillo (anillo normal o bucle);
- nodo maestro;
- nodos activos, previstos, no previstos;
- número de nodo al que está conectado el NCC. Se trata, naturalmente, de un listado no exhaustivo.

e) Información óptica

Esta información concierne, básicamente, a las alarmas:

- Low Light Alarm – Alarma de luminosidad baja (LLA);
- Alarma de violación de código;
- Índice de violación de código excesiva;
- Pérdida de la señal óptica;
- Estimaciones BER.

f) Información sobre el nodo

Puede conseguirse información general sobre el estado del nodo:

- Clase de tarjeta insertada en cada slot;
- Clase de tarjeta prevista en cada slot;
- Tarjeta conectada o desconectada;
- Tarjeta activa/inactiva.

g) Información sobre la interfaz

La información de estado de las interfaces varía según la clase. Lógicamente, la información de una interfaz de sonido analógico será distinta de la de una interfaz de Ethernet. Se remite a las descripciones de los distintos tipos de tarjetas de interface. Todas ellas comparten:

- Clase de tarjeta
- Conexión/Desconexión

2.2.5 Hardware del NCC

El NCC es un paquete de software instalado en un PC que permite supervisar la red en su totalidad. Se trata de un sistema guiado por menús, fácil de utilizar para el usuario, dotado de una representación gráfica del estado de la red. Para un control continuo de la red, el PC se emplea específicamente como centro de control de la red registrando los eventos de la misma y los cambios de estado en una impresora y/o en un archivo.

a) Conexión del NCC

El NCC está conectado a cualquier nodo a través del módulo RS232 (DRA, para OTN-36) o de un 10BASE2 Ethernet (BORA, para OTN-150 y OTN-600). Estas clases de comunicaciones han sido escogidas por su disponibilidad universal y a su conexión de "cable único". Todos los nodos tienen un conector NCC (DB-9 para RS232 o BNC para Ethernet en función del tipo de nodo) en el módulo lógico central. La comunicación entre el NCC y los nodos conectados indirectamente se realiza a través de canales del sistema en la red OTN.

En el caso de RS232, la tasa de datos puede establecerse en 2.400 b/s o 9.600 b/s. La velocidad más baja puede ser útil para una conexión vía módem en líneas telefónicas de baja calidad. Para OTN-150/600, puede realizarse una conexión remota con el NCC a través de puentes remotos Ethernet.

b) Señales de alarma

Las incidencias de la red que requieren la atención inmediata del responsable de la misma generan también una señal sonora; los mensajes de alarma indican la naturaleza y la ubicación del fallo, mientras que el diseño de la red cambia de color para que se pueda localizar y resolver el fallo rápidamente.

c) Dispositivo de registro

Los mensajes de alarma se visualizan en la pantalla, pudiendo almacenarse en un archivo del disco duro del PC, o en una impresora en línea.

2.2.6 Software del NCC

El software del NCC dispone de una interfaz hombre-máquina fácil de utilizar por parte del usuario con una representación gráfica de la red y mantiene actualizada una base de datos de la red misma, proporcionando los servicios siguientes:

a) Configuración de la red

La información sobre los nodos, sus tarjetas y los transductores ópticos se almacena en la base de datos. Esta información se utiliza durante la fase de supervisión para comparar las clases de nodos y módulos actuales con las previstas para así poder interpretar correctamente las indicaciones de las alarmas. Asimismo, esta información es necesaria a la hora de asignar la capacidad a las conexiones. Otra característica de esta categoría es la activación/desactivación (o reiniciación/liberación en algunos casos) de una tarjeta o puerto de interfaz. Finalmente, también están disponibles los parámetros de toda la red.

b) Asignación de capacidad

Una conexión es un grupo de bits o canales en la trama TDM de la OTN utilizada por dos o más puertos. El NCC conoce los requisitos de capacidad de todas las clases de conexión, tales como el número de bits por trama y la distribución en la trama misma. Después de que el encargado de la red haya introducido las coordenadas de los puertos o circuitos a conectar, el NCC controlará estos parámetros comparando la configuración actual con la previa (base de datos) de la red OTN, controlándose también la capacidad (bits/seg). El NCC ejecuta un algoritmo para escoger los bits/seg a asignar a la nueva conexión. Tras seleccionar los bits/seg, se envía la información a los nodos involucrados en la conexión, almacenándola en la RAM protegida de sus módulos lógicos centrales. A partir de entonces, un nodo reconocerá los bits/seg como "propiedad" de un puerto específico o circuito en uno de sus interfaces transmitiéndolos a esta tarjeta. Naturalmente, el NCC también está dotado de características para eliminar y enumerar las conexiones.

c) Supervisión y diagnóstico

Durante el funcionamiento normal, el NCC activo controla los nodos sin cesar. La información se utiliza para:

- mensajes de alarma;
- alarmas sonoras;
- registro de fallos en pantalla, en disco o impresora;
- presentación gráfica en la pantalla de la ubicación de fallos;
- indicación de la causa del fallo;
- fallo de alimentación en uno de los nodos;
- rotura de fibras o cables;
- fallo del transductor de fibra óptica;
- ausencia de tarjeta de interfaz o fallo de alimentación;
- fallo de memoria en nodo.

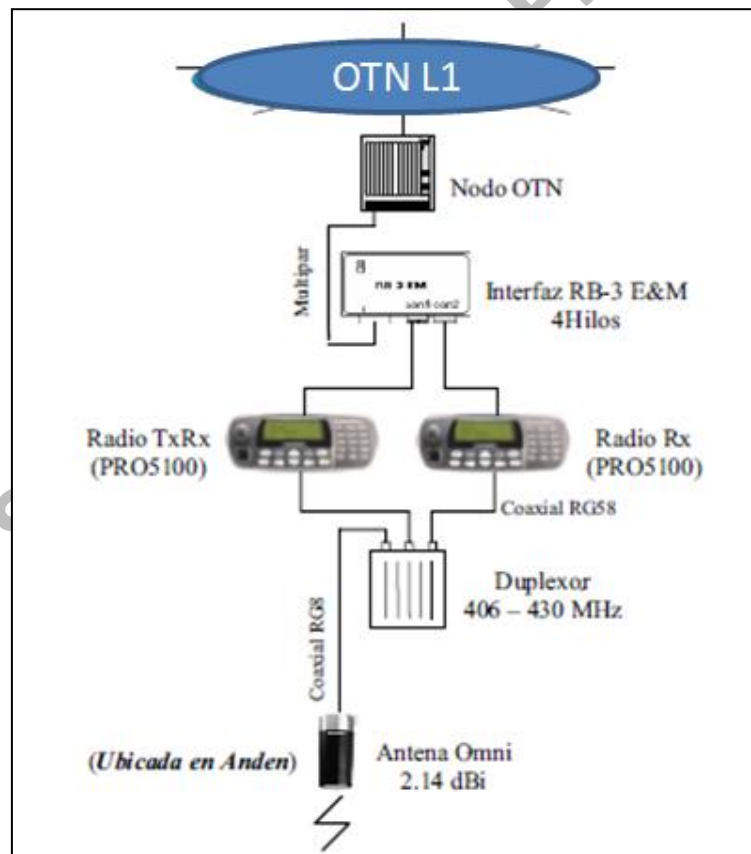
2.2.7 Bloque de Repetidores

En cada estación, de línea 1, se utiliza un repetidor/base marca Motorola, compuesto por 2 radios móviles modelo PRO5100 (radios bases), las cuales se encuentran instaladas en un gabinete localizado en la sala de Corrientes Débiles (o Local Técnico) de las estaciones.

El controlador del repetidor tiene una interfaz de 4 hilos con señalización E&M para la conexión, vía Red Multiservicios de Metro S.A. (RMS), al switch de audio del sistema ubicado en el SE/AT.

El sistema radiante de las estaciones está compuesto por un duplexor y una antena omnidireccional de ganancia 2,14 dBi, ambos conectados por cable coaxial tipo RG8. En la Figura N° 16 se muestra el repetidor para ambos subsistemas en cada estación, y su conexión a la Red Multiservicio OTN de Metro S.A.

FIGURA N° 16
REPETIDORES OPERACIONES Y SEGURIDAD ESTACIONES



Fuente: Configuración de equipos de Radiocomunicaciones, Metro de Santiago (2000)

- Interfaz RB-3 E&M: La interfaz RB-3 E&M, es un dispositivo electrónico diseñado por Acintel Ingeniería Ltda., destinado a controlar una amplia gama de transceptores y repetidores de radio, que no poseen canales de control E&M, mediante señalización

E&M. Como se aprecia en la Figura N° 16, la interfaz RB-3 E&M por una parte se conecta a la OTN de la estación, mediante una conexión 4H + E&M y por otro lado, tiene dos entradas denominadas CON1 y CON2, que se conectan directamente a las radio móviles PRO5100 de Motorola, que funcionan mediante señalización por tonos. De esta forma, el switch de audio ubicado en el SE/AT (Edificio Sub Estación Alta Tensión), puede controlar con señalización E&M dichos repetidores. Si la interfaz RB-3 E&M recibe una señal RF por la puerta CON1 de la Radio base Rx la envía automáticamente por la puerta CON2 hacia la radio base TxRx. Por otro lado si recibe una señal RF por la puerta CON2 de la Radio base TxRx la envía automáticamente hacia el Nodo OTN de la estación, mediante la conexión 4H + E&M. La Figura N° 17, Muestra la Interfaz 4H + E&M

**FIGURA N° 17
INTERFAZ 4H + E&M**



Fuente: Fuente: Equipos Sistema Radiante, Metro de Santiago (2000)

- Radio Base TxRx y Radio Base Rx: El sistema radiante cuenta con dos radios móviles marca Motorola, modelo PRO5100, éstos proporcionan la comunicación de voz entre equipos portátiles y las consolas de comando ubicadas en el SEAT. Para esto se programan las radios una en modo Transmisión/Recepción (TxRx) y la otra sólo en modo Recepción (Rx). La radio base TxRx transmite y recibe a la misma frecuencia y la radio base Rx sólo recibe a una frecuencia que es un subtono diferente al anterior. La Figura N° 18, muestra la Radio Base PRO 5100

**FIGURA N° 18
RADIO BASE MOTOROLA PRO 5100**



Fuente: Fuente: Equipos Sistema Radiante, Metro de Santiago (2000)

Las principales características de ésta radio móvil se muestran a continuación.

- 64 Canales
 - Potencia de transmisión: 1-25 Watts
 - Identificación de Llamada PTT-ID (envío / recepción)
 - Alerta de Llamada (envío / recepción)
 - Llamada Selectiva de Voz (envío / recepción)
 - Verificación del Radio (envío / recepción)
 - Inhibición Selectiva del Radio (recepción)
 - Emergencia (envío)
 - Zonificación
 - Monitorización
 - Rastreo con Doble Prioridad
 - Pantalla de 14 Caracteres Alfanuméricos
 - Bloqueo de Canal Ocupado
- Duplexor 406-430 MHz: Este dispositivo permite que una simple antena opere como transmisor y receptor reduciendo así el número de antenas y/o torres, además de proporcionar igual cobertura al transmitir y recibir pues el patrón de radiación de la antena es idéntico en ambos casos. Utilizan filtros pasa banda en cada una de sub entradas que permiten discriminar en frecuencia dejando circular las señales RF de la antena al receptor y del transmisor a la antena, sin acoplamiento excesivo entre el receptor y el transmisor. Los duplexores son diseñado específicamente para cada uso en función del número de puertas y las frecuencias de éstas. En línea 1, existe un Duplexor de dos vías de frecuencia 406 – 430 MHz, 50 W marca RFS modelo 633-6A, para cada estación. La Figura N° 19, muestra el Duplexor

FIGURA N° 19
DUPLEXOR 403-430 MHZ



Fuente: Equipos Sistema Radiante, Metro de Santiago (2000)

- Splitter 2 vías 140 - 470 MHz: Dispositivo que permite dividir una entrada de señal de RF en dos o más salidas (vías). Las señales obtenidas en las salidas son una fracción de la señal RF de entrada que depende del número éstas. En este caso al ser un Splitter de dos vías se tendrá a la salida dos señales con la mitad de la señal RF de entrada. Estos

dispositivos están hechos para operar en una banda determinada de frecuencias. La Figura N° 20, muestra el Splitter de dos vías

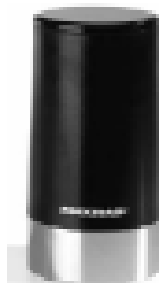
FIGURA N° 20
SPLITTER DOS VIAS 140-170 MHZ



Fuente: Equipos Sistema Radiante, Metro de Santiago (2000)

- Antena Omnidireccional: Este tipo de antena radia en todas direcciones proporcionando así un patrón de cobertura superior para todas las aplicaciones de radio móvil y fijas que utilizan frecuencias UHF. Su diseño del perfil bajo provee a la industria la confiabilidad y liderazgo en desempeño de aplicaciones de banda ancha y con mínimas pérdidas. En las estaciones se utiliza una antena marca Maxrad modelo MPLV Low Profile 2.14 dBi 400 - 440 MHz. La Figura N° 21, muestra la antena.

FIGURA N° 21
ANTENA OMNIDIRECCIONAL



Fuente: Equipos Sistema Radiante, Metro de Santiago (2000)

- Terminales Portátiles: Se han considerado 193 terminales portátiles marca Motorola modelo PRO5150, cada uno con dos baterías marca Motorola recargables a 7.5 V NiMH 1900 mA, un cargador rápido y una antena UHF tipo “Stubby”. Los terminales portátiles deben incluir los siguientes accesorios: Cargadores rápidos, baterías de larga duración, cable de programación (Ribless), etc. La Figura N° 22, muestra los equipos portátiles utilizados por el personal.

Las principales características de estos terminales se muestran a continuación.

- Banda: 403 - 470 MHz
- Potencia de transmisión: 1-4 Watts
- 16 canales
- Operación mediante repetidor o radio a radio.

- Identificación de llamada (PTT ID)
- Scanning con prioridad
- Sensibilidad 20 dB SINAD: 0,5 uV

FIGURA N° 22
EQUIPO PORTATIL MOTOROLA PRO 5150



Fuente: Equipos Sistema Radiante, Metro de Santiago (2000)

2.3 ANTECEDENTES GENERALES DEL PROBLEMA

Como se pudo apreciar anteriormente el sistema está compuesto principalmente por tres subsistemas, estos son el subsistema central Zetrón para conmutar y encaminar los llamados provenientes de las estaciones y del operador central, el subsistema OTN para transportar las señales de control y audio hacia los repetidores, y el subsistema de repetidores el cual está compuesto por las antenas, los duplexores, y los módulos Interfaz RB-3 E&M, para permitir la comunicación a través del aire con los equipos portátiles.

El Subsistema central Zetrón, es capaz de supervisar el estado de las comunicaciones entre las consolas de los operadores y el nodo central ubicado en el 5° piso, sin embargo no conoce el estado de los repetidores de radiocomunicación de las estaciones. Es por esta razón que el operador creará en todo momento que su comunicación está siendo recibida en las estaciones.

Es por esta razón que el proyecto está enfocado a entregar una alternativa de solución que permita en todo momento al personal de mantenimiento conocer el estado de los equipos repetidores de las estaciones con el fin de actuar en forma rápida y oportuna ante situaciones que vean afectadas las comunicaciones de radio de las estaciones

2.3.1 Fallas Típicas en el Subsistema de Radio Bases Estaciones

- Radio bases bloqueadas

En este estado la estación queda fuera de servicio porque los equipos de radio se encuentran bloqueados, en esta condición la radio figura encendida pero no emite ni recibe

comunicación. La falla se soluciona cuando personal de mantención efectúa un reinicio del equipo, esto se realiza por medio de la desconexión del cable de energía el cual alimenta el equipo de radio. Se observa el comportamiento del equipo y si vuelve a ocurrir el mismo problema se opta por su reemplazo y su posterior envío a servicio técnico.

- Radio bases Apagadas.

En este estado los equipos radio base han quedado apagados, producto de transientes que son originados principalmente por cambios de barra en la alimentación a nivel de 11 Kvolt cuando son efectuadas las transferencias de energía eléctrica desde los alimentadores Ochagavía o Renca. La solución al problema se efectúa cuando personal de mantención reinicia el equipo, esto se realiza por medio de la desconexión del cable de energía el cual alimenta el equipo de radio

- Radio base en emisión permanente

En este estado los equipos radio base quedan emitiendo en forma permanente, esto sin duda provoca un sobrecalentamiento de la radio la que termina por quemar los transistores de potencia y dejar la estación fuera de servicio. Ante este tipo de falla el personal de mantención opta por el cambio de los equipos dañados para ser enviados a servicio técnico externo.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPITULO III

PROPUESTA GENERAL DE SOLUCIÓN

3.1 GENERALIDADES

Tal como se vio en el capítulo anterior, el problema del sistema de radiocomunicaciones está situado principalmente en los equipos radio bases de las estaciones, los cuales son los responsables de transmitir y recibir las comunicaciones a través del aire con los equipos portátiles. La falla de estos equipos afecta directamente las comunicaciones entre el operador central y el personal de estaciones.

El contar con un sistema de monitorización remota para saber en todo momento el estado de los equipos, sin duda traerá consigo un importante avance en la ayuda a la operación y mantención del sistema.

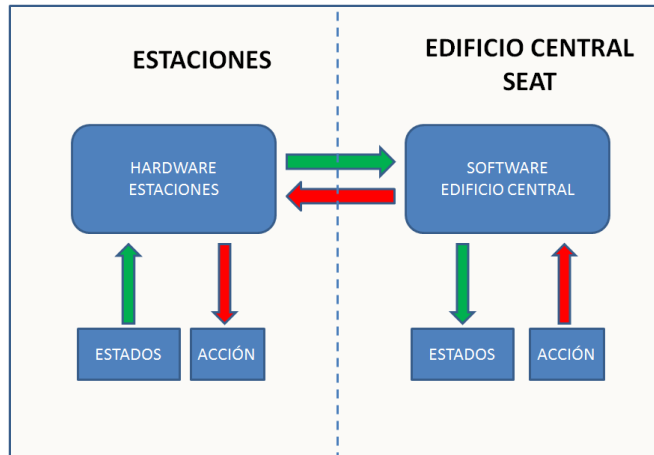
El presente capítulo mostrará en forma general la metodología que se utilizará para desarrollar el proyecto, identificando datos como: variables de entrada, variables de salida, procesamiento de datos, envío de datos, recepción de datos, etc., que serán utilizados para luego desarrollar el prototipo de hardware y de software que satisfaga de mejor forma los objetivos planteados en este trabajo.

3.2 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN REMOTA

El sistema de monitorización remota del sistema de radiocomunicaciones de la Línea 1, se encargará principalmente de conocer el estado de funcionamiento de los equipos en todo momento.

Para esto se diseñará un hardware que será ubicado en las estaciones junto a las radio bases, y un software encargado de recibir estos estados y presentarlos por medio de un computador al personal de mantención para su análisis y toma de acciones. La Figura N°23 representa en forma general el sistema de monitorización remota.

FIGURA N° 23
ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE MONITORIZACION REMOTA

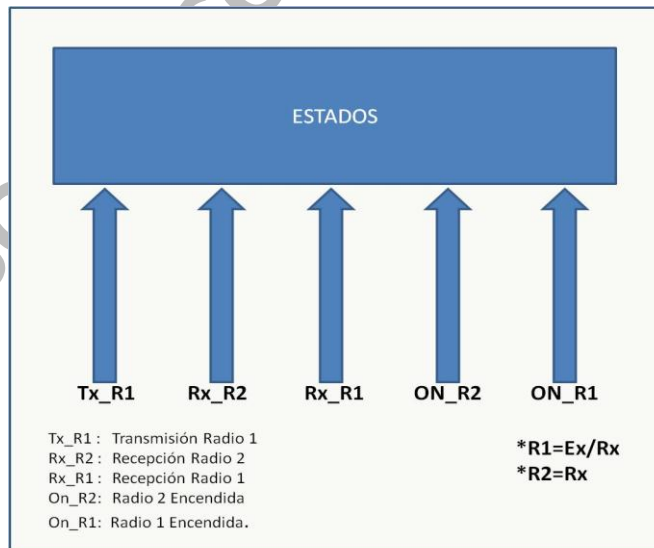


Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

3.2.1 Estados en las Estaciones

Los estados generados por los equipos radio base serán enviados y procesados por el módulo de hardware. Estos corresponderán a tres tipos en la radio base que emite y recibe y a dos tipos en la radio base que sólo recibe. La Figura N° 24, muestra los estados que ingresan a la unidad de hardware.

FIGURA N° 24
ESTADOS DE LAS RADIO BASES



Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Como se puede ver en la Figura N° 24, se muestran en total cinco estados, cada uno de estos enviará un “1” si el estado se encuentra presente o un “0” si el estado se encuentra ausente.

Sin embargo de los 32 estados que se pueden generar con 5 bits no todos son válidos, a modo de ejemplo, un equipo base no puede estar transmitiendo si se encuentra apagado. Es por esta razón que se sólo se validaron los estados que son lógicamente aplicables. La Tabla N° 2, muestra la totalidad de las combinaciones posibles y las que se aplicarán para el desarrollo de la solución.

TABLA N° 2
ESTADOS POSIBLES CON CINCO BITS

Tx_R1	Rx_R2	Rx_R1	ON_R2	ON_R1	Decimal	Válido
0	0	0	0	0	0	✓
0	0	0	0	1	1	✓
0	0	0	1	0	2	✓
0	0	0	1	1	3	✓
0	0	1	0	0	4	X
0	0	1	0	1	5	✓
0	0	1	1	0	6	X
0	0	1	1	1	7	✓
0	1	0	0	0	8	X
0	1	0	0	1	9	X
0	1	0	1	0	10	✓
0	1	0	1	1	11	✓
0	1	1	0	0	12	X
0	1	1	0	1	13	X
0	1	1	1	0	14	X
0	1	1	1	1	15	✓
1	0	0	0	0	16	X
1	0	0	0	1	17	✓
1	0	0	1	0	18	X
1	0	0	1	1	19	✓
1	0	1	0	0	20	X
1	0	1	0	1	21	X
1	0	1	1	0	22	X
1	0	1	1	1	23	X
1	1	0	0	0	24	X
1	1	0	0	1	25	X
1	1	0	1	0	26	X
1	1	0	1	1	27	✓
1	1	1	0	0	28	X
1	1	1	0	1	29	X
1	1	1	1	0	30	X
1	1	1	1	1	31	X

Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Por otra parte la Tabla N° 3, muestra solamente los estados válidos con los que trabajará el hardware que se diseñará para la solución.

**TABLA N° 3
ESTADOS VALIDOS PARA EL DISEÑO DE LA SOLUCION**

Tx_R1	Rx_R2	Rx_R1	ON_R2	ON_R1	Decimal	Válido
0	0	0	0	0	0	✓
0	0	0	0	1	1	✓
0	0	0	1	0	2	✓
0	0	0	1	1	3	✓
0	0	1	0	1	5	✓
0	0	1	1	1	7	✓
0	1	0	1	0	10	✓
0	1	0	1	1	11	✓
0	1	1	1	1	15	✓
1	0	0	0	1	17	✓
1	0	0	1	1	19	✓
1	1	0	1	1	27	✓

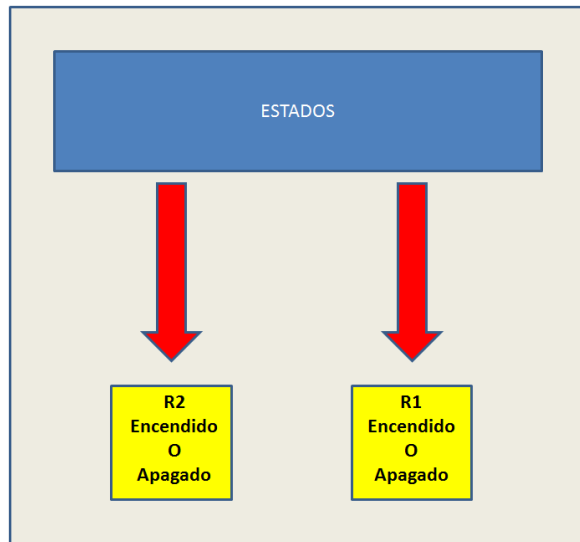
Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

3.2.2 Comandos a los Equipos Radio Bases de las Estaciones

Los comandos de acción a los equipos Radio Bases de las estaciones se refieren principalmente a la acción de ejecutar el apagado y encendido de las radio bases en forma remota. Esto servirá sin duda para ya sea realizar un reinicio remoto a los equipos cuando se encuentra en algunos de los estados mencionados en el capítulo N° 2, o dejar las radios apagadas si es que quedan en emisión permanente.

La Figura N° 25, muestra la forma y los estados de salida que ejecutarán la acción de encender o apagar los equipos.

FIGURA N° 25
SALIDAS DE ESTADO DE LAS ESTACIONES



Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Como se observa en la Figura N° 25, existen dos estados de salida. Estos se conectarán a la alimentación con el fin de energizar o desenergizar las radio bases de las estaciones.

Sin embargo de las cuatro combinaciones posibles sólo se utilizarán dos, una para mantener ambas radios en funcionamiento y el otro para dejarlas fuera de servicio. La razón principal de esta filosofía es proteger ambos equipos ante una falla que requiera el apagado inmediato de las radio bases.

Los estados posibles se muestran en la Tabla N° 4

TABLA N° 4
ESTADOS POSIBLES DE SALIDA

Significado	Estado_R2	Estado_R1	Decimal	Válido
Ambas radios encendidas	0	0	0	✓
	0	1	1	X
	1	0	2	X
Ambas radios apagadas	1	1	3	✓

Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

La Tabla N° 5 muestra los estados de salida que se utilizarán para el desarrollo del sistema y de los cuales consideraremos el estado cero para mantener las radios energizadas y el estado tres para desenergizar los equipos.

**TABLA N° 5
ESTADOS DE SALIDA VALIDOS PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCION**

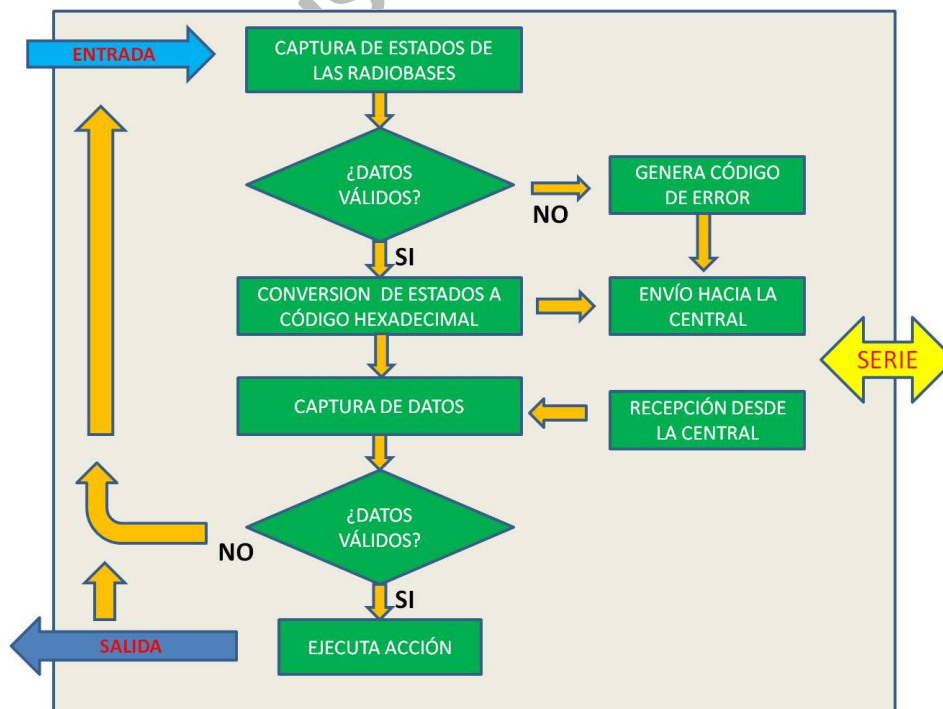
Significado	Estado_R2	Estado_R1	Decimal	Valido
Ambas radios encendidas	0	0	0	✓
Ambas radios apagadas	1	1	3	✓

Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

3.2.3 Hardware Estaciones

El hardware de las estaciones será el dispositivo que procesará los estados tanto de entrada como salida. Para realizar esta tarea el equipo tendrá definidas puertas de entrada y salidas de estados lógicos, los que se conectarán a las radio bases, también dispondrá de un puerto de comunicación serie para entregar los estados en código hexadecimal al equipo que contendrá el software ubicado en el edificio central. La Figura N° 26, muestra el diagrama en bloques del hardware de las estaciones.

**FIGURA N° 26
DIAGRAMA DE BLOQUES HARDWARE DE ESTACIONES**



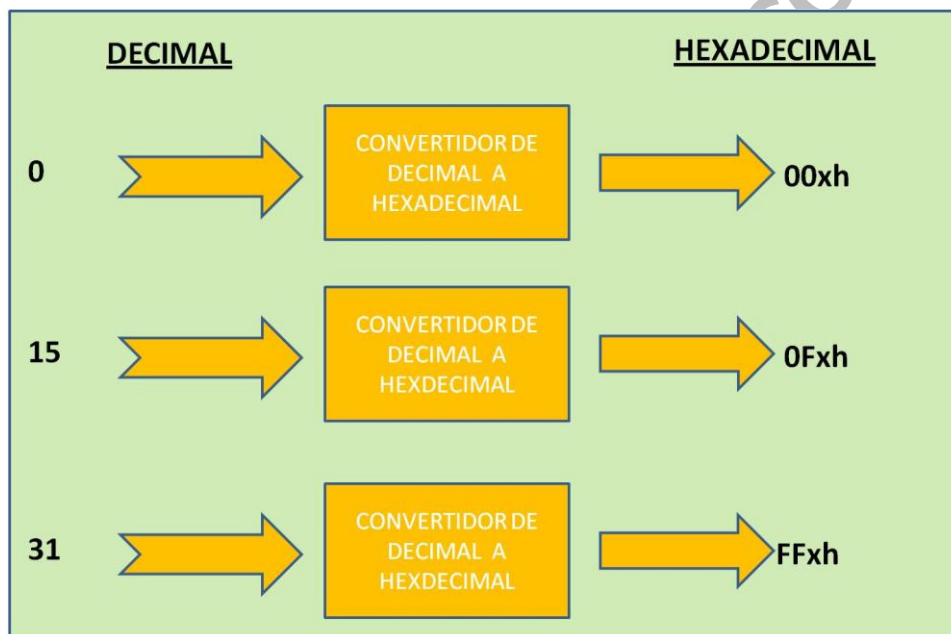
Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Como se observa en la Figura N° 26, el hardware, será el responsable de registrar en todo momento el comportamiento de las radio bases de las estaciones, Para realizar esta tarea el dispositivo leerá el estado que se origina en las radio bases, luego los estados leídos serán validados y enviados a través de la puerta serie al dispositivo central para su monitorización.

En la etapa de validación los estados leídos se comparan con la Tabla N° 3 (Estados válidos para el desarrollo de la solución), luego estos estados son convertidos a datos del tipo hexadecimal, para ser enviados a través de la conexión serie al Software del sistema central.

La Figura N° 27, muestra el convertidor decimal a hexadecimal que se produce en el hardware de las estaciones.

FIGURA N° 27
CONVERTIDOR DECIMAL BINARIO HARDWARE ESTACIONES



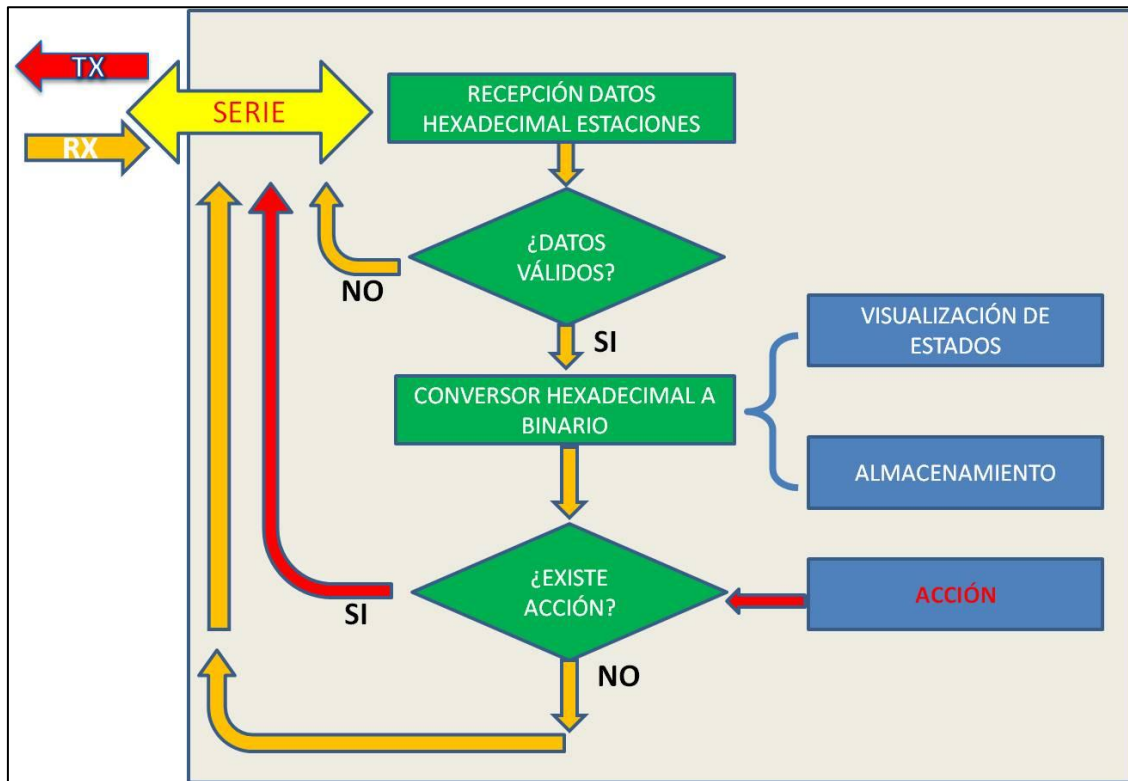
Fuente: Proyecto de Título "Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A"

Por otra parte, cuando el servidor central o la IHM (Interface Hombre Máquina) envíe un dato válido a través de la conexión serie a la unidad hardware de las estaciones, éste dejará de recibir los estados de las radio bases y ejecutará la acción correspondiente sobre las radio bases, luego de terminada esta tarea el hardware nuevamente leerá los estados de los equipos.

3.2.4 Software Sistema Central

El software del sistema central, se refiere principalmente a la IHM o Interface Hombre Máquina que se encontrará ubicada en el 5° piso del edificio SEAT, área Telecomunicaciones. A este equipo llegarán los estados provenientes de las unidades de hardware, para luego ser procesados y desplegados a través de una pantalla al personal de mantenimiento. La Figura N° 28, muestra el diagrama en bloques del software del sistema central.

FIGURA N° 28
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SOFTWARE DEL SISTEMA CENTRAL



Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Como se observa en la Figura N° 28, el software será el responsable de gestionar los datos que se generan en las unidades de hardware de las estaciones. Estos datos serán recibidos en forma serie (flecha naranja) para luego ser llevados al bloque de recepción, allí se mantendrán hasta pasar al bloque de validación.

El bloque de validación comparará los datos hexadecimales recibidos con los definidos en el algoritmo, si éstos corresponden, pasarán al siguiente nivel de lo contrario vuelve al puerto serie, a la espera de un dato válido. Sin embargo sino llega ningún estado válido en un tiempo definido, el software enviará una visualización y un tono de alarma con el fin de alertar un desperfecto en la unidad hardware de la estación. La Tabla N° 6, muestra los datos válidos para la aplicación, en formato decimal y hexadecimal.

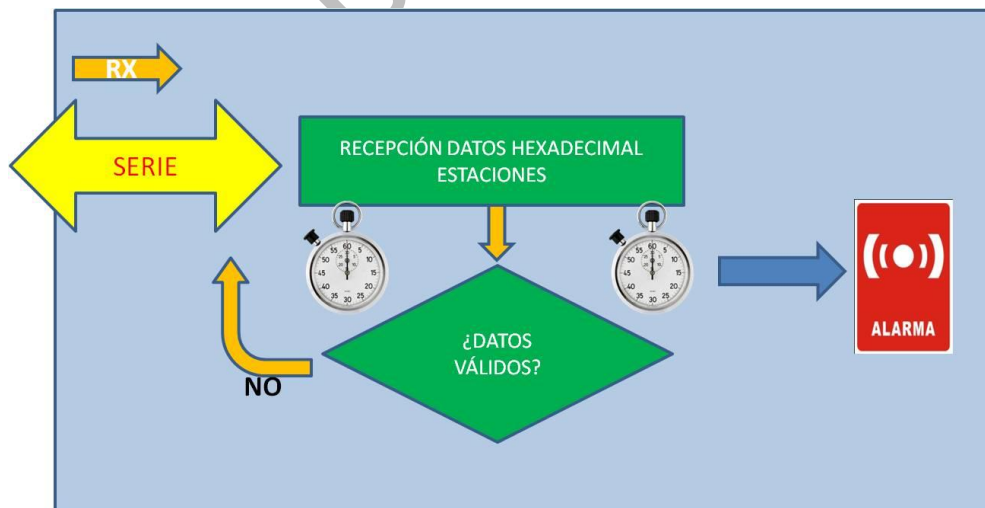
**TABLA N° 6
VALORES VALIDOS PARA LA APLICACION**

Decimal	Hexadecimal
0	00
1	01
2	02
3	03
5	05
7	07
10	0A
11	0B
15	0F
17	11
19	13
27	1B

Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Por otra parte si en el puerto serie no se recibe ningún dato proveniente de la estación en un tiempo determinado, el software responderá de la misma forma explicada en el párrafo anterior. La Figura N° 29, muestra el diagrama lógico de la alarma por recepción de los datos.

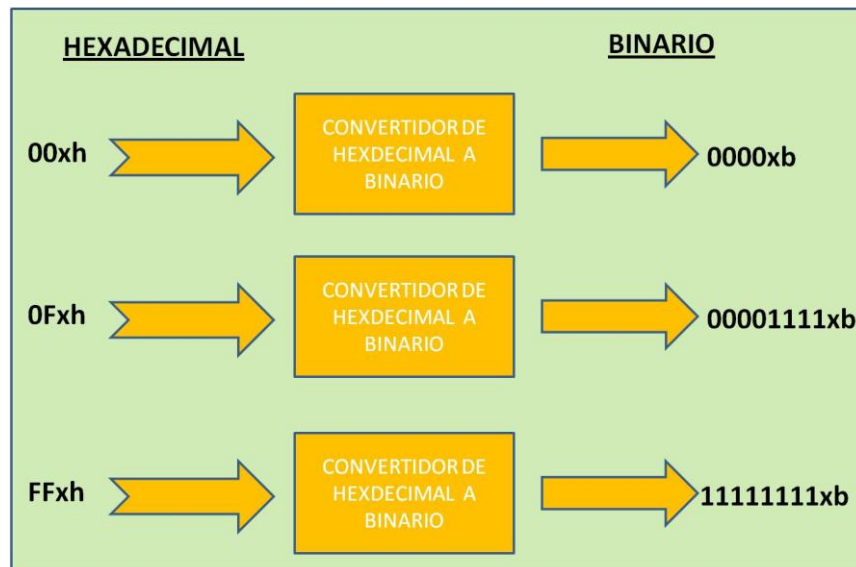
**FIGURA N° 29
DIAGRAMA LOGICO DE ALARMA POR RECEPCION DE DATOS**



Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Cuando los datos pasan el bloque de validación, se procesan en el bloque convertidor de hexadecimal a binario, cuya función principal es cambiar la base numérica de los datos que fueron recibidos para su posterior visualización y almacenamiento. La Figura N° 30, muestra el bloque convertidor hexadecimal a binario.

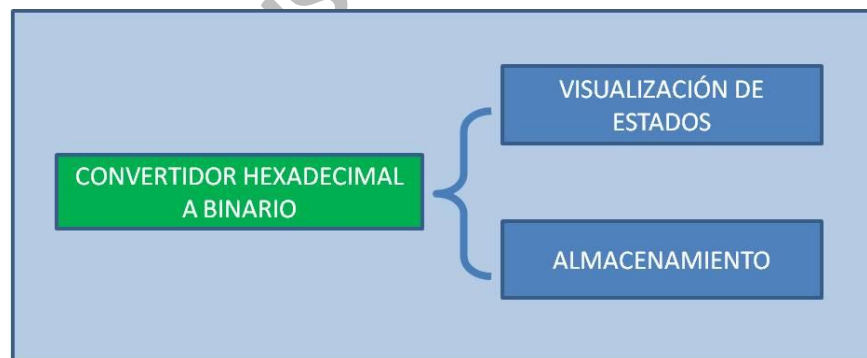
FIGURA N° 30
BLOQUE CONVERTIDOR HEXADECIMAL A BINARIO



Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Luego de la validación, los datos pasarán a las siguientes etapas las cuales son: visualización de datos y almacenamiento. La Figura N° 31, muestra estas etapas.

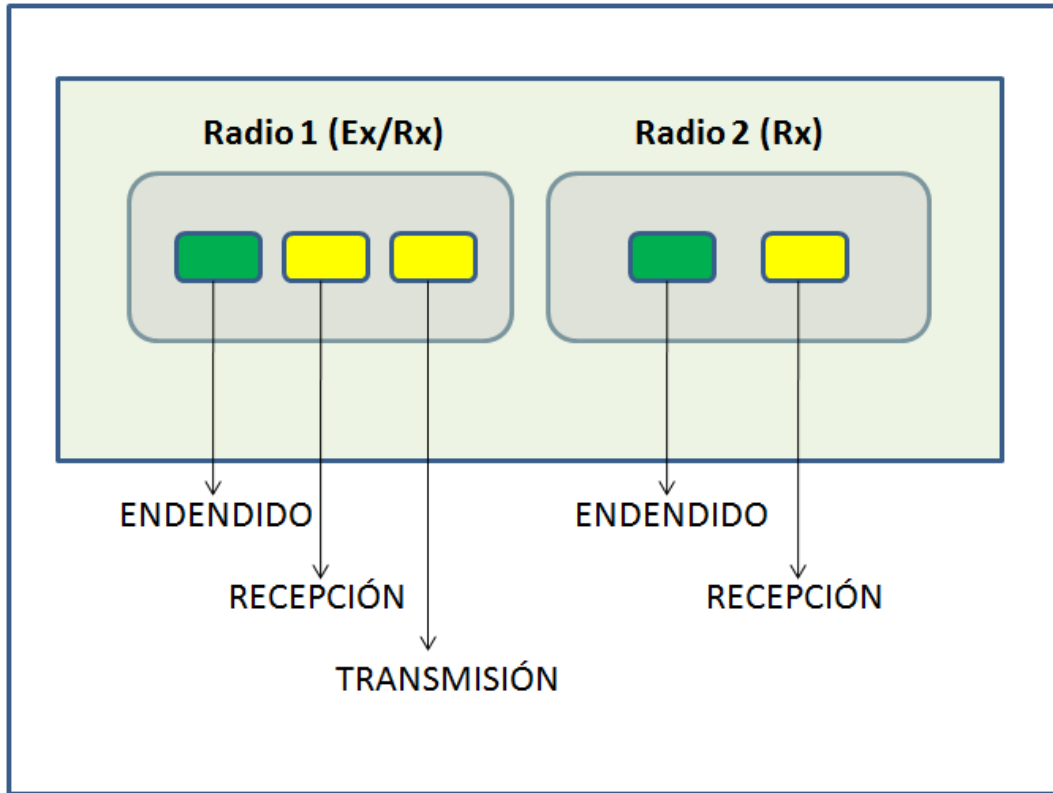
FIGURA N° 31
VISUALIZACION Y ALMACENAMIENTO



Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

La visualización de datos corresponde al comportamiento físico de las radio bases ubicadas en las estaciones, estos estados serán representados mediante cinco leds virtuales de colores, los cuales ayudarán al personal de mantenimiento a verificar en todo momento la funcionalidad de los equipos. La Figura N° 32, muestra el bloque de visualización.

FIGURA N° 32
BLOQUE DE VISUALIZACION DE ESTADOS

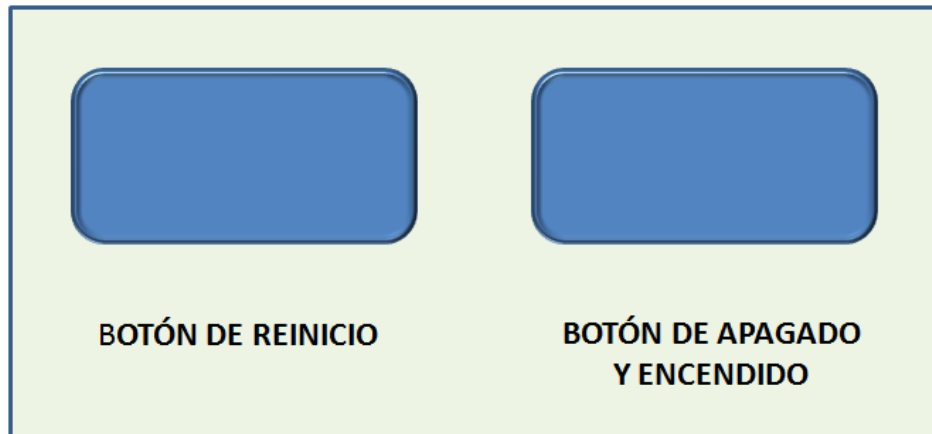


Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Todo este desarrollo irá acompañado de alarmas sonoras, que alertarán al personal de mantenimiento de una situación anormal sin que esté mirando la pantalla en forma continua. Además el sistema contará con un sistema de almacenamiento para guardar todos los eventos que ocurran registrando el horario y el problema que se presente.

El sistema de monitorización también ofrecerá la posibilidad de ejecutar acciones remotas sobre los equipos. Para esto se implementarán dos botones virtuales en la aplicación. El primero será el encargado de generar una condición de reinicio sobre los equipos de terreno, esto quiere decir que los equipos se apagarán y volverán a iniciarse después de transcurrido un minuto. El segundo botón generará un estado de desconexión de energía permanente en los equipos. La Figura N° 33, presenta ambos botones.

FIGURA N° 33
BOTONES DE REINICIO Y APAGADO/ENCENDIDO DEL SISTEMA



Fuente: Proyecto de Título “Sistema de Monitorización Remota a Sistema de Radiocomunicaciones Bases Metro S.A”

Al ejecutar estos botones se enviará un dato a través del puerto serie (flecha roja Figura N° 28), el cuál originará la condición deseada en el hardware de la estación.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPITULO IV CONCLUSIONES

El estudio realizado tanto al sistema de Radiocomunicaciones como al sistema de transporte de comunicaciones ha permitido idear la forma de solucionar el problema que se presenta actualmente con los equipos radio bases de línea 1 del Metro de Santiago.

Esta solución se compone idealmente de dos elementos, el primero consta de un desarrollo de hardware, el cual será responsable de saber en todo momento el estado de los equipos radio base que se encuentran en las estaciones. El segundo consta de un desarrollo de software el cual será el encargado de entregar al personal del área Telecomunicaciones del Metro de Santiago el comportamiento técnico de los equipos en terreno.

SOLO USO ACADÉMICO