



Vicepresidencia Corporativa de Servicios Compartidos

ESTRATEGIAS DE MANTENCIÓN EN PLATAFORMAS DE COMUNICACIONES ASOCIADAS A LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN DIVISIÓN EL TENIENTE

*Vicepresidencia Corporativa de Servicios Compartidos
Gerencia Corporativa Zona Centro Sur
Departamento Telecomunicaciones*

**César Ortega Ruiz-Tagle
Julio Vergara Pérez**



INDICE

CONTENIDOS Y AGENDA

- ☐ **Codelco Chile División El Teniente**
 - ✓ Introducción
- ☐ **Plataformas de Comunicaciones en División El Teniente**
 - ✓ Evolución
 - ✓ Plataforma de Comunicaciones Móviles
 - ✓ Plataforma de Comunicaciones Fijas
- ☐ **Planificación del Mantenimiento**
 - ✓ Estrategia
 - ✓ Aplicación Sistema de Comunicaciones Móviles TTE 8
- ☐ **Conclusiones**



DIVISIÓN EL TENIENTE



La División El Teniente, a 80 kms al sur de Santiago y a 2.500 msnm, centra sus operaciones en la explotación de la mina subterránea de cobre más grande del mundo, con mas de de 2.400 kms de túneles



INDICE

CONTENIDOS Y AGENDA

- ☐ **Codelco Chile División El Teniente**
 - ✓ Introducción
- ☐ **Plataformas de Comunicaciones en División El Teniente**
 - ✓ Evolución
 - ✓ Plataforma de Comunicaciones Móviles
 - ✓ Plataforma de Comunicaciones Fijas
- ☐ **Planificación del Mantenimiento**
 - ✓ Estrategia
 - ✓ Aplicación Sistema de Comunicaciones Móviles TTE 8
- ☐ **Conclusiones**



EVOLUCIÓN

VOZ Y DATOS

VOZ Red HF
100 KHz (1970-2004)

VOZ 150-175 MHz, Redes VHF (1970's a la fecha)

LHD TTE-6, 400 MHz
(1990 a 1993)

Sistema Trunking Interior Mina TTE Sub6,
800 MHz

- **VHF Esmeralda Multicom**
150-175 MHz (2000 a la fecha)
- **Sistema de Comunicaciones Trunking**
800 MHz (2001 a la fecha), Sistema de Comunicaciones Móviles. Aumento Producción en la Mina desde 76 ktpd a 131 ktpd.
- **SiamNet Modular Mining 800 MHz** (2003 a la fecha)
- **Redes de Fibra Óptica Tecnología WDM y DWDM** (2,5 Gbps hasta 10 Gbps por λ 2001 a la fecha)
- **MineLan 2.4 GHz** (2005 a la fecha), reemplazo del WUCS (802.11 g propietario, mejora handoff)
- **Jumbo Hidrofracturador 900 MHz** (2005)
- **WiFi**, Comunicaciones basadas en protocolos IEEE 802.11b/g, frecuencia de operación 2.4 GHz.

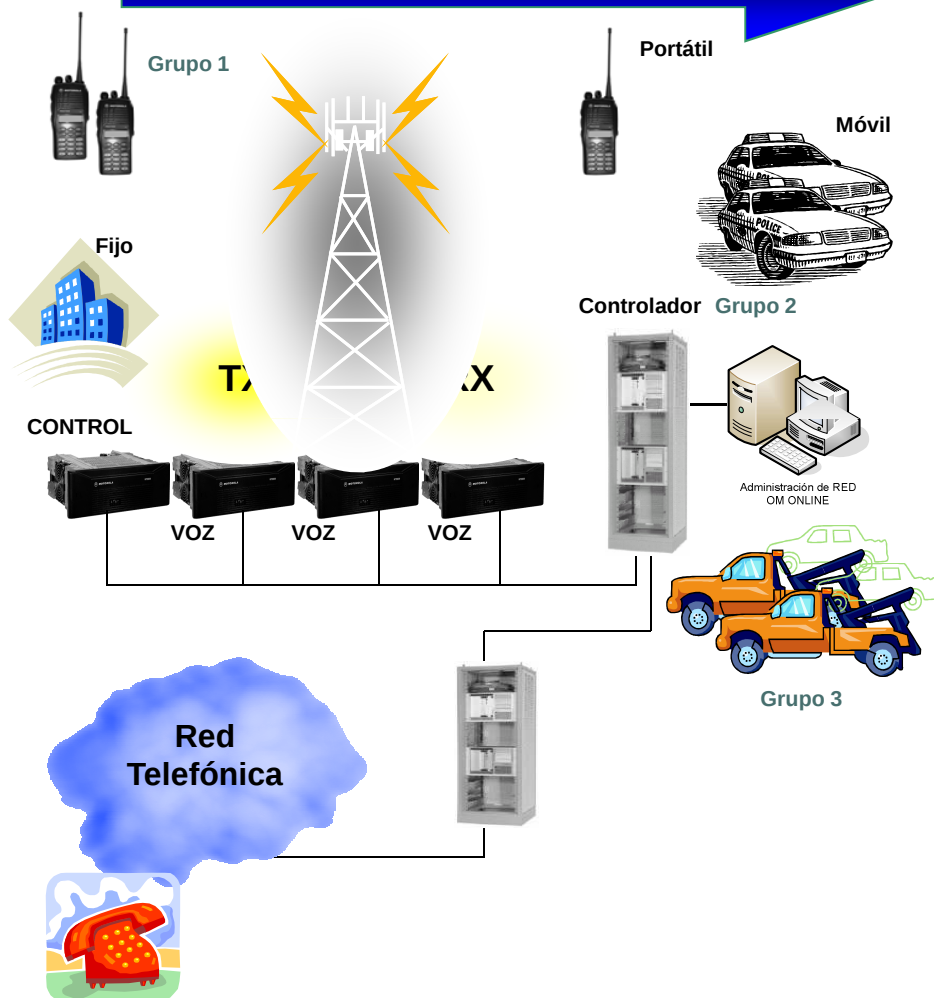
1970-1980

1990

2000-2010

SISTEMA DE COMUNICACIONES TRONCALIZADO

Beneficios Sistema Trunking

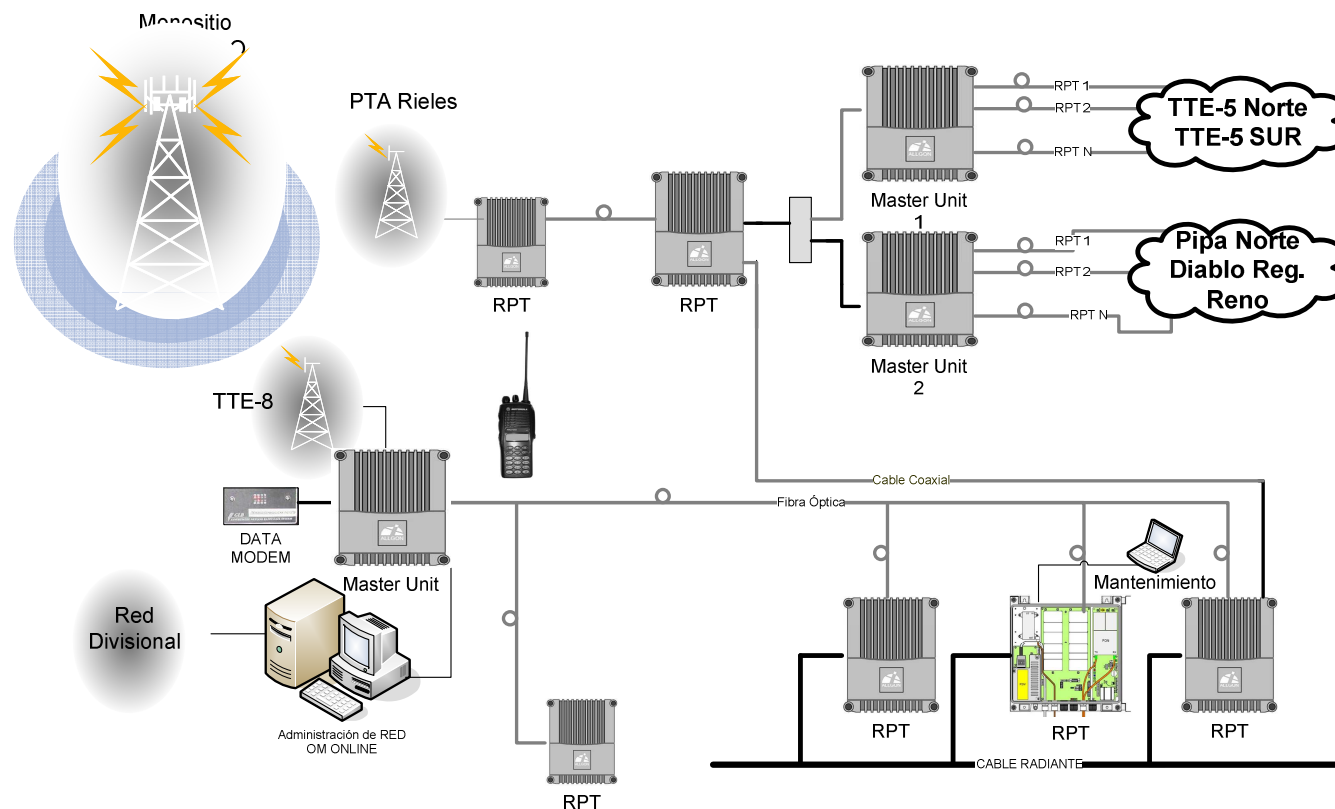


- Disponible en diferentes bandas
- Combina Software y Hardware
- Alta capacidad de tráfico
- Uso eficiente del espectro
- Privacidad
- Redundante y Tolerante a Fallas
- Funcionalidades Avanzadas.
- Mayor Control.
- Creación de Múltiples Flotas.
- Menor Stock de Repuestos.
- Facilidades y Seguridad de Servicio.
- Integración Mina – Superficie.
- Seguridad y Coordinación en Trabajos Mina y Superficie.
- Utilización de Software de Gestión y Monitoreo de Redes

System Watch, Trunking.
OMS.
OM-Online
VPN

PLATAFORMA DE COMUNICACIONES MOVILES

Permite Integrar las comunicaciones de **Voz** Mina-Superficie entregando cobertura desde el cerro Canelo a superficie, y desde el Despacho, Adit 71 hacia interior Mina con redes distribuidas en los diferentes niveles de la mina (120Km.).

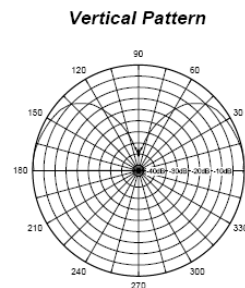


Minas Diablo Regimiento, RENO, Pipa Norte, FFCC Tte 5, FFCC Tte 8

PLATAFORMA DE COMUNICACIONES MOVILES

Esmeralda: Red Basada en Sistema Multicom:

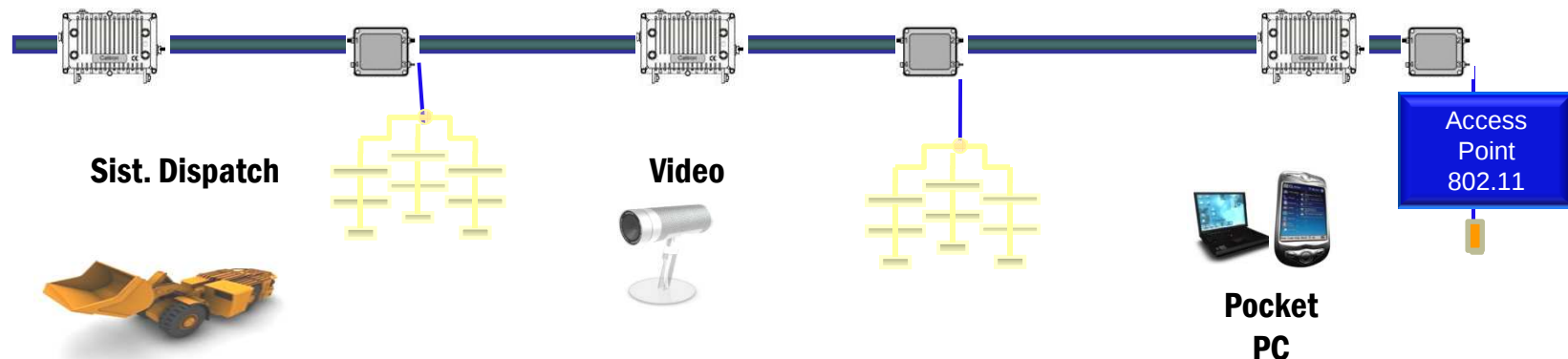
- ✓ Provee el transporte de señales de voz y data para **el sistema de señalización y control de trafico de FFCC Esmeralda.**
- ✓ Topología en Cascada.
- ✓ Cobertura a través de cable Leaky Feeder, Amplificadores de línea, divisores de señal, terminaciones, etc.
- ✓ Frecuencia de Operación VHF (155 – 175 MHz)
- ✓ Potencia de TX (Inferior a 1 Watt).



PLATAFORMA DE COMUNICACIONES MOVILES

Sistema de comunicaciones basado en Tecnología SIAMnet

- ✓ Provee el transporte de señales de data del sistema de **Control de Producción Dispatch en Minas Esmeralda, RENO, TTE 4 SUR, Diablo Regimiento, Sur Andes Pipa, Pilar Norte**.
- ✓ Frecuencia de operación 800Mhz.
- ✓ Topología de Red en Cascada.
- ✓ Ancho de Banda (BW) 740-890Mhz
- ✓ Cobertura de RF a través de Antenas Distribuidas



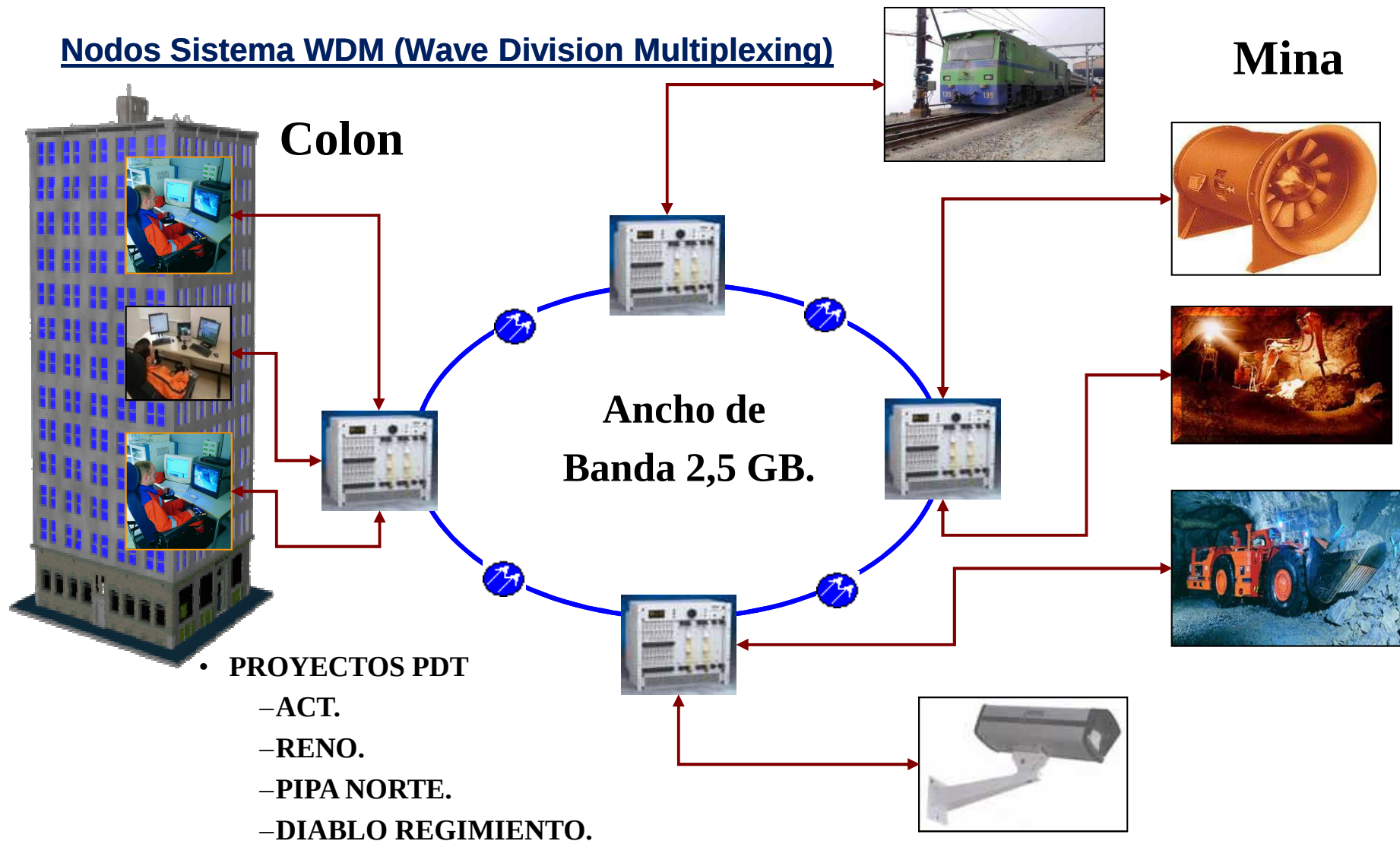
PLATAFORMA DE COMUNICACIONES FIJAS

Requerimientos, Aplicaciones sobre Fibra Óptica

- ✓ Tele-operación de Martillos →
- ✓ Señalización de Tráfico y Transporte →
- ✓ Monitoreo de Puertas
- ✓ Control Centralizado de Ventiladores →
- ✓ Sistema Centralizado de Televisión. →
- ✓ Tele-operación de Piques
- ✓ Control automático de LHD →

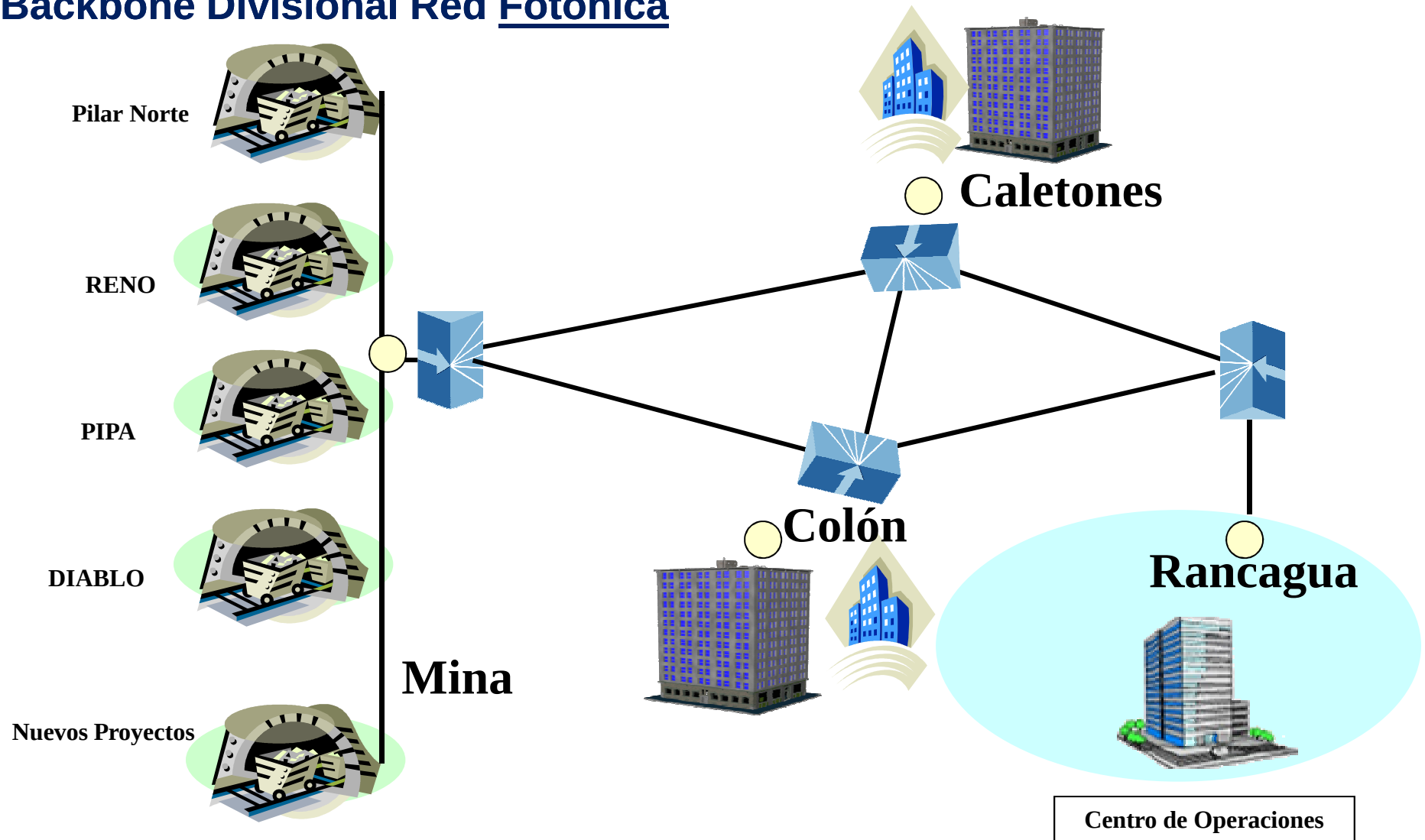


PLATAFORMA DE COMUNICACIONES FIJAS



PLATAFORMA DE COMUNICACIONES FIJAS

Backbone Divisional Red Fotónica



INDICE

CONTENIDOS Y AGENDA

- ☐ **Codelco Chile División El Teniente**
 - ✓ Introducción
- ☐ **Plataformas de Comunicaciones en División El Teniente**
 - ✓ Evolución
 - ✓ Plataforma de Comunicaciones Móviles
 - ✓ Plataforma de Comunicaciones Fijas
- ☐ **Planificación del Mantenimiento**
 - ✓ Estrategia
 - ✓ Aplicación Sistema de Comunicaciones Móviles TTE 8
- ☐ **Conclusiones**



ESTRATEGIA

**M
E
T
O
D
O
L
O
G
I
A**

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RMC

Recopilación de Antecedentes

Análisis Funcional

Análisis FMECA
(Análisis Modo-Efecto de Fallas y Criticidad)

Cartillas Integradas de Mantenimiento (CIM)

SISTEMA COMUNICACIONES
FIJAS

**Pautas de
Mantenimiento**

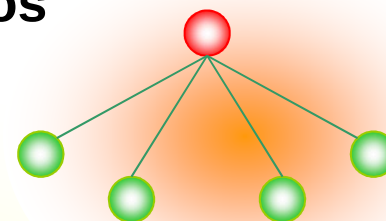
SISTEMA COMUNICACIONES
MOVILES

**Plan Maestro de
Mantenimiento**

SCM TTE8, Recopilación de Antecedentes

Equipamiento, Elementos Activos y Pasivos

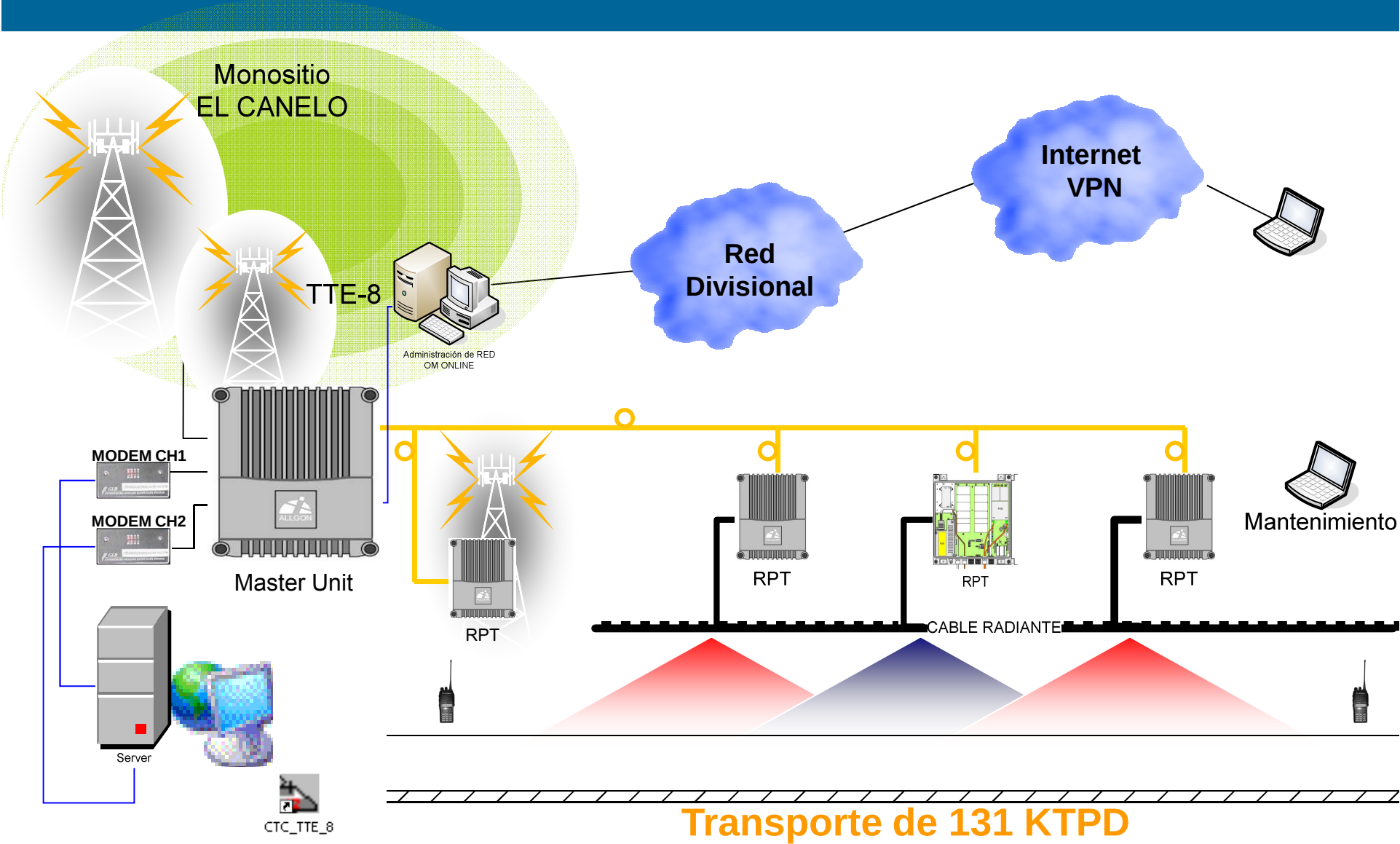
- **40** Amplificadores Allgon
- **2** Master Unit
- **19 KM** de Cable Radiante
- **20 KM** de F.O.



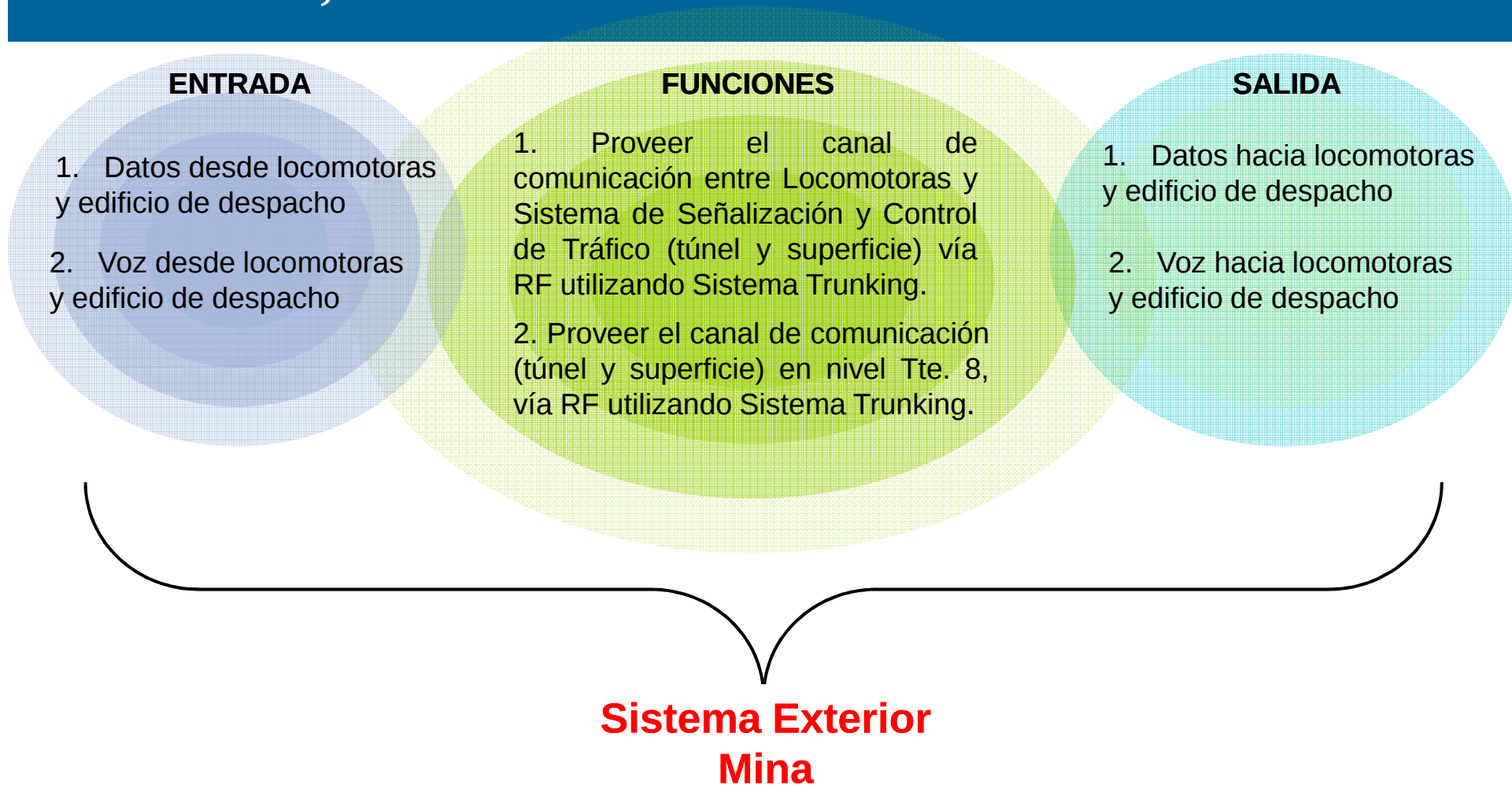
Arquitectura

Estrella
TTE-8





SCM TTE 8, Análisis Funcional



SCM TTE 8, Análisis Funcional: Sistema Exterior Mina

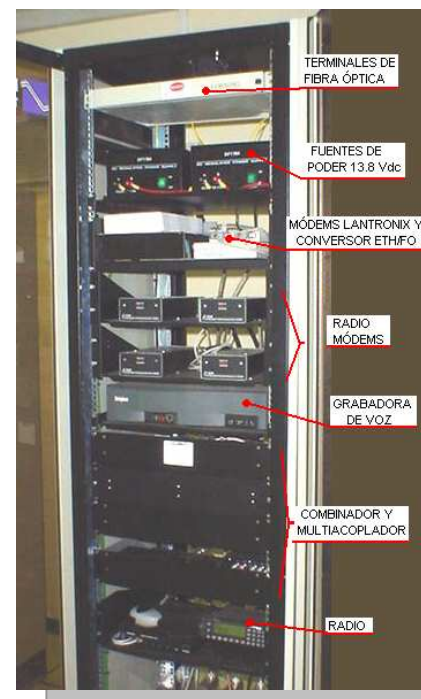
COMUNICACIONES DE VOZ

- Radio base de Trunking Motorola
- Repetidores Trunking MTR2000
- Splitters de RF
- Combinador
- Multiacoplador
- Protector de Transientes
- Antena Yagi 5 dB (COLON)



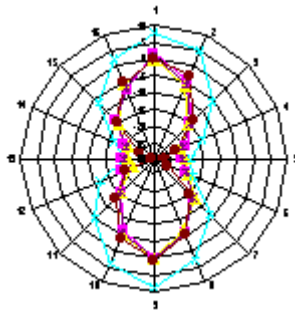
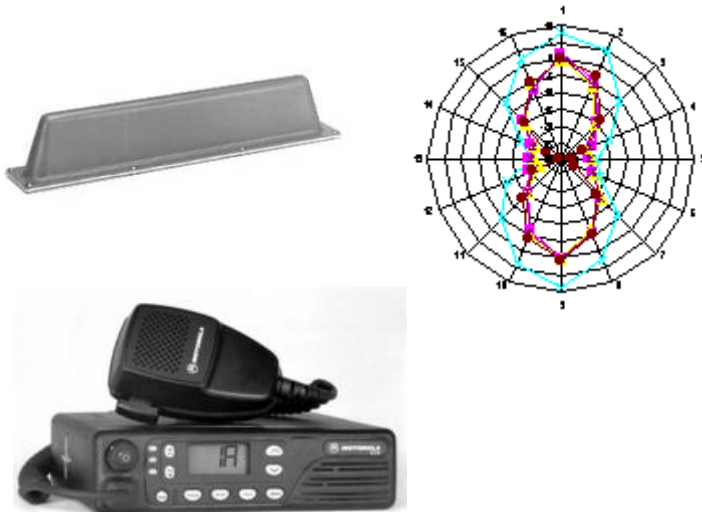
COMUNICACIONES DE DATOS

- Radio base de datos ARIA – GLB
- Combinador
- Multiacoplador
- Protector de Transientes



SCM TTE 8, Análisis Funcional: Sistema de Locomotoras

- Antenas Patrón de Radiación 8
- Radio-MODEM de comunicación datos ARIA – GLB
- Radios de voz GTX
- Antena Omnidireccional 3 dB (Voz)



SCM TTE 8, Análisis Funcional: Sistema Interior Mina

MASTER UNIT

- Amplificador bidireccional
- Conversor RF/OP
- Splitter RF (1E/4S)
- Cabezal de Fibra Optica
- Conectores
- Puerto de comunicación

REPETIDORES

- UPS
- Amplificador bidireccional
- Conversor OP/RF
- Cabezal de Fibra Optica
- Conectores
- Interruptores Termomagnéticos (1x3 A; 1x20 A)



SCM TTE 8, Análisis Funcional: Sistema Interior Mina

SISTEMA DE CONEXIONADO

- F.O Monomodo (12;24 hilos)
- Cable radiante 7/8"
- Cable coaxial
- Splitters de RF
- Conector tipo T, L
- Carga de Terminación 50 Ω
- Conector cable coaxial

CANALIZACIÓN F.O Y CABLE RADIANTE

- Taco expansión (1/2"; 3/4")
- Perno ojo (5/8" x 16)
- Prensa Crosby (3/8")
- Guardacabo (3/8")
- Prensa paralela (3/8")
- Anillo de soporte F.O (2") y Cable Radiante
- Cable de acero
- Perno J
- Eslabón angular
- Perno Hexagonal



SCM TTE 8, FMECA

El FMECA es el análisis fundamental de la metodología RCM. El objetivo del análisis FMECA es recomendar las tareas de mantenimiento necesarias para mitigar o eliminar las causas de fallas de elementos o componentes que impactan el funcionamiento del SCM.



SCM TTE 8, Cartilla Integrada de Mantenimiento

FRECUENCIA

➤ **Pauta Semanal (S):** Labor inspectiva desde Sala de Despacho, a través de software, la cual permitirá llevar un registro del estado de funcionamiento de los equipos y variables principales del SCM.



Pauta M

➤ **Pauta Mensual (M):** Labor de mantenimiento preventivo realizado en los equipos ubicados en las Locomotoras de Producción y maquinas de servicio.



Pauta B1

➤ **Pauta Bimensual (B1):** Labor de tipo preventiva, que tendrá como objetivo realizar una inspección en terreno del estado de funcionamiento de los elementos de control y monitoreo de los equipos de voz y datos ubicados en exterior mina (antenas, equipos de voz y datos, etc), incluida la Sala de Despacho.



Pauta B2

➤ **Pauta Bimensual (B2):** Labor de tipo preventiva, que tendrá como objetivo realizar una inspección en terreno del estado de funcionamiento de los elementos de control y monitoreo de los equipos de enlace entre superficie e interior mina (Master Unit)



Pauta B3

➤ **Pauta Bimensual (B3):** Labor de tipo preventiva, que tendrá como objetivo realizar una inspección en terreno del estado de funcionamiento de los elementos de control y monitoreo de los equipos de voz y datos ubicados en interior y exterior mina (Repetidores).



Pauta B4

➤ **Pauta Bimensual (B4):** Labor de tipo preventiva, destinada a la mantención de los elementos de soportación y conexión de fibra óptica y cable radiante. Para realizar esta pauta se dividió el tendido en 10 tramos de 1,5 Kms cada uno, los que deberán ser mantenidos durante la ventana de producción.

SCM TTE 8, Pautas de Mantenimiento

**Tiempos Críticos de Ejecución
Ventanas de 2 horas**

**Tiempo-Respuesta Oportuno
Ante Fallas**

**Stock Mínimo de Repuestos
Críticos en Bodega**

**Calidad de Servicio de
Acuerdo a Estándares**

**Equipos Especializados de
Alto Costo
(OTDR, Analizador Espectro, Etc.)**

Disponibilidad sobre 98%

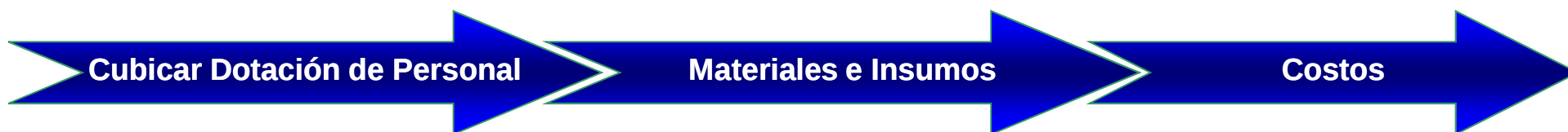
**Personal Especializado
para la Ejecución**

**Organización Orientada
a los procesos**



SCM TTE 8, Plan Maestro

El Plan Maestro establece la planificación anual de Pautas de Mantenición que se deben realizar en los equipos constituyentes del SCM.



ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	TOTAL H.H.
1	PAUTA SERVICIO DE MANTENCION "M"	Un	240	2400
2	PAUTA SERVICIO DE MANTENCION "B1"	Un	6	84
3	PAUTA SERVICIO DE MANTENCION "B2"	Un	12	168
4	PAUTA SERVICIO DE MANTENCION "B3"	Un	246	1476
5	PAUTA SERVICIO DE MANTENCION "B4"	Un	144	1944
6	PAUTA MANTENCION CORRECTIVA PLANIFICADA	HH	360	360
7	PAUTA MANTENCION DE EMERGENCIA	HH	288	288
8	STOCK DE REPUESTOS	GL	1	----

SCM TTE 8, Indicadores de Control

Disponibilidad: Representa el porcentaje del tiempo total del período que el equipo está en condiciones de ser operado.

$$\text{Disponibilidad } [\%] = \frac{\text{Tiempo Total} - \text{Tiempo Fuera de Servicio}}{\text{Tiempo Total}} \times 100$$

Tasa de Falla (Confiabilidad): Este indicador permite medir la frecuencia de fallas promedio transformándose en una medida de la confiabilidad de los equipos.

$$\text{Tasa de falla} = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Total de tiempo operativo [hrs]}} = \frac{1}{\text{TMEF}}$$

Efectividad de presupuesto: indicador que permite medir la relación existente entre los costos reales y los costos presupuestados de mantenimiento.

$$\text{Efectividad de presupuesto} = \left(\frac{\text{Costo unitario de mantenimiento real}}{\text{Costo unitario de mantenimiento presupuestado}} \right) \cdot 100$$

INDICE

CONTENIDOS Y AGENDA

- ☐ **Codelco Chile División El Teniente**
 - ✓ Introducción
- ☐ **Plataformas de Comunicaciones en División El Teniente**
 - ✓ Evolución
 - ✓ Plataforma de Comunicaciones Móviles
 - ✓ Plataforma de Comunicaciones Fijas
- ☐ **Planificación del Mantenimiento**
 - ✓ Estrategia
 - ✓ Aplicación Sistema de Comunicaciones Móviles TTE 8
- ☐ **Conclusiones**



CONCLUSIONES

- ✓ En los procesos Mineros, se requiere contar con Redes de Comunicaciones de apoyo a la Producción con un 99,9% de Disponibilidad, de tal modo de garantizar la continuidad operacional.
- ✓ Organizaciones orientadas al proceso productivo, de tal modo de optimizar los tiempos de respuesta ante fallas.
- ✓ La incorporación de tecnología asociada a los procesos productivos hace necesario a partir de su diseño considerar plataformas redundantes, escalables y sustentables en el tiempo de manera de minimizar pérdidas de producción por fallas en estas plataformas tecnológicas de apoyo.
- ✓ La metodología de mantenimiento centrada en la confiabilidad, permite :
 - ✓ Mayor Confiabilidad en los sistemas.
 - ✓ Mejor Desempeño de los equipos.
 - ✓ Menores Costos de Operación.
 - ✓ Mayor producción.
- ✓ Pautas y Plan Maestro, sustentados en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, contribuyen a la obtención de un Proceso de Transporte de Mineral eficiente, continuo y confiable, que facilita el cumplimiento de los compromisos y agrega valor al negocio.

GRACIAS