

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



“ESTUDIO DE LA MEJORA DE DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN SUBTERRANEO DE MINERA AURIFERA RETAMAS S.A. MEDIANTE EL EMPLEO DE UN ANILLO DE CABLE RADIANTE”

TESIS DE GRADO PARA OPTAR POR EL
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TELECOMUNICACIONES

AUTORES:

Br. Lenin Enrique, Murga Sagástegui
Br. Roberto Octavio, Salvatierra Ulloa.

ASESOR:

Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

Trujillo - Perú
2015

**“ESTUDIO DE LA MEJORA DE DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA
DE COMUNICACIÓN SUBTERRANEO DE MINERA AURIFERA
RETAMAS S.A. MEDIANTE EL EMPLEO DE UN ANILLO DE
CABLE RADIANTE”**

Elaborado Por:

Br. Lenin Enrique, Murga Sagástegui

Br. Roberto Octavio, Salvatierra Ulloa.

Aprobado por :

Ing. FILIBERTO AZABACHE FERNÁNDEZ
PRESIDENTE
CIP N° 97916

Ing. LENIN HUMBERTO LLANOS LEÓN
SECRETARIO
CIP N° 139213

Ing. LUIS ALVARADO RODRÍGUEZ
VOCAL
CIP N° 149200

Ing. EDUARDO CERNA SÁNCHEZ
ASESOR
CIP N° 80252

PRESENTACION

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, ponemos a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“ESTUDIO DE LA MEJORA DE DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN SUBTERRANEO DE MINERA AURIFERA RETAMAS S.A. MEDIANTE EL EMPLEO DE UN ANILLO DE CABLE RADIANTE”**.

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusándonos anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Marzo del 2015

Br. Lenin Enrique, Murga Sagástegui

Br. Roberto Octavio, Salvatierra Ulloa

DEDICATORIAS

A Dios, que me brinda sabiduría, amor y paciencia.

A mis padres, hermanos, amigos y a las personas que estuvieron siempre apoyándome y brindándome su apoyo, fortaleza incondicional y ánimos para salir adelante.

A mi asesor, el Ing. Eduardo Cerna, por brindarme de su experiencia para el desarrollo de mi Tesis.

Lenin Enrique

A Dios, que me brinda sabiduría, amor y paciencia.

A mi abuelita, a mis padres, por brindarme su apoyo, fortaleza incondicional y ánimos para salir adelante.

A mi asesor, el Ing. Eduardo Cerna, por brindarme de su experiencia para el desarrollo de mi Tesis.

Roberto Octavio

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos dado fuerzas y ganas de seguir superandonos profesionalmente para establecer objetivos, realizar metas y cumplir responsabilidades.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para el desarrollo del Proyecto de Tesis y abrirnos el camino hacia el ámbito laboral.

A todos nuestros profesores universitarios de ingeniería electrónica, por brindarnos conocimientos en cada una de las materias tomadas para el desarrollo profesional.

A nuestros padres por enseñarnos que la mejor herencia es la educación, por sus consejos, valores, motivación y amor.

A nuestro asesor de tesis, el Ingeniero Eduardo Cerna Sánchez, por su confianza y apoyo en el transcurso de toda la investigación.

A todos Gracias

RESUMEN

La presente investigación se centra en el estudio de la mejora de la disponibilidad del sistema de comunicación subterráneo de una empresa minera peruana mediante el uso de un anillo de cable radiante denominado Leaky Feeder. El trabajo fue realizado para el área de comunicaciones de la Minera Aurífera Retamas MARSА ubicada en la provincia de Pataz, Departamento de La Libertad. En el primer capítulo se aborda la problemática actual del sistema de comunicaciones interior mina MARSА presentando en el segundo capítulo un marco teórico referencial acerca de sistemas VHF y su integración con soluciones Leaky Feeder. En el tercer capítulo, se presentan los materiales, procedimientos, cálculos y métodos de análisis empleados en la presente tesis, para luego en el cuarto capítulo, documentar el diseño del sistema redundante y las pruebas realizadas en campo. Finalmente en el quinto capítulo, se analizarán los resultados y a continuación se presentarán las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

ABSTRACT

This research focuses on the study of improving the availability of underground communication system of a Peruvian mining company by using a ring of radiating cable called Leaky Feeder. The work was performed for the MARSА (Minera Aurífera Retamas S.A.) area of communications located in the province of Pataz, State of La Libertad. In the first chapter the current problems of MARSА internal communication system is addressed while in the second chapter its presented a theoretical framework about VHF systems and integration with Leaky Feeder solutions. Materials, procedures, calculations and analysis methods used in this thesis are presented in the fourth chapter, afterwards in the third chapter, redundant system design and field testing are presented. Finally in the fifth chapter, the results will be analyzed and then the conclusions and recommendations obtained will be presented.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.1. EL PROBLEMA	15
1.1.1. Características de la Realidad Problemática	16
1.1.2. Análisis de las Características	19
1.1.3. Planteamiento del Problema	19
1.1.4. Formulación del Problema	19
1.1.5. Alcance	19
1.1.6. Justificación de la Investigación	19
1.1.7. Aportes	20
1.2. HIPÓTESIS	20
1.2.1. General	20
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. Objetivo General	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1. SISTEMAS DE RADIOTELEFONÍA MÓVIL PRIVADA (PMR)	22
2.1.1. Sistemas PMR	22
2.2. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN PARA MINERÍA SUBTERRÁNEA	22
2.2.1. Sistemas de Cable Radiante (Leaky Feeder)	23
2.2.2. Sistemas Híbridos con Fibra Óptica (HFC – Hibrid Fiber Coaxial)	24
2.2.3. Sistemas de Antenas Distribuidas (DAS)	26
2.3 Leaky Feeder y Minería Subterránea	28
2.3.1. Principio de operación.	28
2.3.2. Pérdidas de Ganancia	29
2.4. Clasificación de los Sistemas Móviles por Radio (PMR)	30
2.4.1 Por la Modalidad de Explotación	30
2.4.2. Por el Tipo de Sistema de Control	31
2.5. Clase de Canales de Comunicaciones Móviles	31
2.5.1. Canal Simplex	32
2.5.2. Canal Simplex a una Frecuencia	32

2.5.3. Canal Simplex a dos Frecuencias	32
2.5.4. Canal Semi-dúplex	33
2.5.5. Canal Dúplex	33
2.6. Sistemas de Radiotelefonía Pública Móvil	33
2.6.1. Sistemas de Radiocomunicación Celular	34
2.6.2. Sectorización	35
2.6.3. Asignación Dinámica de Frecuencias	36
CAPÍTULO III: MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS	37
3.1. Materiales	38
3.1.1. Población y Muestra	38
3.1.2. Unidad de Análisis	38
3.2. Métodos	38
3.2.1. Tipo de Investigación	38
3.2.2. Diseño de la Investigación	39
3.2.3. Variables de Estudio y Operacionalización	39
a. Variable Independiente.	40
b. Variable Dependiente.	41
3.2.4. Instrumentos de Recolección de Datos	42
a. Datos Técnicos Sistema Comunicación Subterránea sin anillo de redundancia	42
b. Reportes Estadísticos de ocurrencia de averías	45
c. Reportes Estadísticos de tiempos de interrupción de la comunicación	46
d. Longitud afectada por averías	47
e. Disponibilidad del Sistema Enero – Junio 2014	49
3.2.5. Procedimiento de Implementación de Anillo Leaky Feeder	49
3.2.6. Esquema de Implementación de Anillo Leaky Feeder	51
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	54
4.1. RESULTADOS	55
4.1.1. Reportes obtenidos con la implementación de Anillo Leaky Feeder	55
a. Reportes Estadísticos de ocurrencia de averías	55
b. Reportes Estadísticos de tiempos de interrupción de la comunicación	56
c. Reportes Estadísticos de Longitud afectada por averías	57
d. Reportes Estadísticos de Disponibilidad del Sistema	58

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
a. Ocurrencia de averías	59
b. Tiempos de restablecimiento de la comunicación	59
c. Longitud Afectada en el Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSÁ	61
d. Disponibilidad en el Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSÁ	61
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1. CONCLUSIONES	65
5.2. RECOMENDACIONES	67
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
LIBROS	69
TESIS	69
AUTOR CORPORATIVO – INFORME	70
DOCUMENTOS	70
CAPÍTULO VII: ANEXOS	71
ANEXO N° 1: ETHERNET OVER LEAKY FEEDER	72
ANEXO N° 2: VHE HEAD END VHF	74
ANEXO N° 3: SMARTAMP VMLAD AMPLIFICADOR VHF	76
ANEXO N° 4: SINGLE BRANCH	78
ANEXO N° 5: CAJA DE UNION	79
ANEXO N° 6: CABLE LEAKY FEEDER VHF	80
ANEXO N° 7: BRANCH DOBLE	81

INDICE FIGURAS

Figura 1.1. Proceso de Extracción Minera Subterránea	15
Figura 1.2. Causas de Seccionamiento de Cable Leaky Feeder MARSA S.A.	16
Figura 1.3. Cable Leaky Feeder dañado en interior mina	18
Figura N° 2.1 Sistema de Comunicaciones por Cable Radiante	24
Figura N° 2.2 Sistema Híbrido Fibra – Cable Radiante	26
Figura N° 2.3 Sistema de Antenas Distribuidas DAS	27
Figura N° 2.4 Estación Base de Superficie 10 canales	29
Figura N° 2.5 Sistema de Monitoreo de Cámaras vía cable Leaky Feeder	30
Figura N° 2.6 Tipo de Emisión de Frecuencias Radioeléctricas.	31
Figura N° 2.7 Sistemas Celulares.	35
Figura N° 3.1 Sistema de Comunicación Interior Mina MARSA S.A.	44
Figura N° 3.2 Averías en el Sistema de Comunicaciones de Interior Mina MARSA S.A. año 2013	45
Figura N° 3.3 Tiempos Acumulados de interrupción del Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSA S.A. año 2013	46
Figura N° 3.4 Longitudes afectadas por la interrupción del Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSA S.A. (Enero – Junio 2014)	48
Figura N° 3.5 Disponibilidad del Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSA S.A. entre los meses de Enero – Junio 2014	49
Figura N° 3.6 Sistema Anillo Leaky Feeder Interior Mina MARSA S.A.	51
Figura N° 3.7 Personal encargado de la implementación anillo Leaky Feeder	52
Figura N° 3.8 Puesta en marcha del Anillo Leaky Feeder	53
Figura N° 4.1 Averías en el Sistema de Comunicaciones de Interior Mina MARSA S.A. año 2014	55
Figura N° 4.2 Tiempos Acumulados de interrupción del Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSA S.A. año 2014	56
Figura N° 4.3 Longitudes afectadas por la interrupción del Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSA S.A. año 2014	58
Figura N° 4.4 Comparativa Longitudes afectadas por la interrupción del Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSA S.A. año 2014	59

Figura N°4.5 Comparativa Tiempos de Restablecimiento de Averías Sistema Com. Interior Mina MARSA S.A. 1er y 2do semestre 2014	60
Figura N° 4.6 Comparativa Longitudes afectadas por la interrupción del Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSA S.A. año 2014	61
Figura N° 4.7 Comparativa Disponibilidad Obtenida Sistema de Comunicaciones Interior Mina MARSA S.A. 1er y 2do semestre año 2014	62

INDICE TABLAS

Tabla N° 3.1 Operacionalización de la Variable Independiente	40
Tabla N° 3.2 Operacionalización de la Variable Dependiente	39
Tabla N° 3.3 Longitud afectada por averías (Enero – Junio del 2014)	48
Tabla N° 4.1 Reporte Longitudes Afectadas por Averías (Julio – Septiembre 2014)	54
Tabla N° 4.2 Resultados Prueba T para muestras emparejadas Enero – Junio y Julio – Diciembre 2014	63