



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con
Mención en Telecomunicaciones**

Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo del abastecimiento de insumos mediante un radioenlace desde la unidad fábrica para la mina Cerro Verde - Arequipa

PRESENTADO POR

Berrospi Elises, Erik Francis
Lozano Cotrina, Edgardo

ASESOR

Sotomayor Beltran, Carlos Alberto

Los Olivos, 2021

Dedicatoria

Dedicado a Dios por brindarnos vida y la fortaleza para cumplir nuestras metas propuestas a la largo de nuestras carreras profesionales.

A nuestras familias por estar siempre presentes en todos los momentos de nuestras vidas.

Resumen

La minería es una actividad económica de gran crecimiento mundial, principalmente para los países productores que cuentan con yacimientos de donde diariamente se extraen grandes cantidades de minerales. Entre uno de los países productores de Latinoamérica, es el Perú, en donde se ubican más de 100 empresas líderes en actividades de extracción y explotación de minerales. Según investigaciones realizadas por el Banco Mundial, se ha estimado un crecimiento de la producción del 500% en el sector de la minería, por lo que se requiere, incentivar a las compañías y empresas relacionadas al sector que promuevan la innovación de sus técnicas y trabajos para buscar que dicha estimación sea cumplida. Además, que dichas técnicas empleadas no pongan en riesgo la salud de los trabajadores.

La voladura de rocas es una técnica empleada para la perforación de rocas en la minería, mediante el uso de un vehículo o unidad fábrica que se encarga de transportar, mezclar y descargar utilizando un taladro que tiene incorporado en la parte frontal de la unidad.

Por lo que la presente tesis propone el desarrollo de un sistema de control y monitoreo de insumos para optimizar los procesos de la aplicación de la técnica de la voladura de rocas en la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa.

Palabras Claves: Voladura de rocas, perforación de rocas, unidad fábrica, optimización de procesos.

Abstract

Mining is an economic activity with great global growth, mainly for producing countries that have deposits from which large amounts of minerals are extracted daily. Among one of the producing countries in Latin America, is Peru, where there are more than 100 leading companies in mineral extraction and exploitation activities.

According to research carried out by the World Bank, production growth of 500% has been estimated in the mining sector, which is why it is required to encourage companies and companies related to the sector to promote the innovation of their techniques and work to seek that that estimation is fulfilled. Also, that said techniques used do not put the health of the workers at risk.

Rock blasting is a technique used for rock drilling in mining, through the use of a vehicle or factory unit that is responsible for transporting, mixing, and unloading using a drill that is incorporated into the front of the unit.

Therefore, this thesis proposes the development of a control and monitoring system of inputs to optimize the processes of the application of the rock blasting technique in the Cerro Verde mine in the department of Arequipa.

Keywords: Rock blasting, rock drilling, manufacturing unit, process optimization.

Contenido

Dedicatoria.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract	iv
Lista de figuras.....	x
Lista de tablas	xiii
Introducción	14
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.1.1. Planteamiento y descripción del problema.....	18
1.1.2. Formulación del problema general	19
1.1.3. Formulación de los problemas específicos	19
1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.2.1. Objetivo general	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.3.1. Justificación técnica	21
1.3.2. Justificación económica	21
1.3.3. Justificación social	22
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES	22

1.4.1.	Alcances.....	22
1.4.2.	Limitaciones.....	23
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO		24
2.1.	ANTECEDENTES.....	25
2.1.1.	Internacionales	25
2.1.1.	Nacionales	27
2.2.	MARCO TEÓRICO	30
2.2.1.	Extracción de minerales en las minas.....	30
2.2.2.	Técnica de voladura de rocas	31
2.2.3.	La mezcla reactiva.....	32
2.2.4.	Los Explosivos	32
2.2.5.	Insumos.....	33
2.2.6.	Unidad Fábrica.....	33
2.2.7.	PLC- Controlador Lógico Programable	35
2.2.8.	Radioenlace	40
2.2.9.	Radioenlace comunicación punto a punto	41
2.2.10.	Protocolo de comunicación	42
2.2.11.	Antena	42
2.2.12.	Batería UPS.....	49
2.2.13.	TIA Portal	51
2.2.14.	SCADA	51
2.3.	MARCO METODOLÓGICO.....	52

2.3.1.	Tipo de investigación.....	52
2.3.2.	Metodología de la investigación	52
2.4.	MARCO LEGAL	54
2.4.1.	Ley 29 783 - Ley de la seguridad y la salud del trabajo	54
2.4.2.	Ley 30 229 – Ley de armas de fuego, municiones, explosivos, productos pirotécnicos y materiales relacionados de uso civil.....	54
2.4.3.	Ley 29022- Ley de expansión de la infraestructura en Telecomunicaciones.	55
2.5.	ARQUITECTURA	55
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....		57
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CONTROL DE INSUMOS REQUERIDOS PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE LA VOLADURA DE ROCAS.....	58
3.1.1.	Situación actual de la mina Cerro Verde	58
3.1.2.	Situación actual de los trabajos realizados por parte de la empresa Famesa Explosivos S.A.C.	60
3.1.3.	Proceso de trabajo de la unidad fábrica para la aplicación de la técnica de voladura de rocas	60
3.1.4.	Insumos requeridos para la mezcla de detonación o explosivo 62	
3.2.	ÁNÁLISIS DE REQUERIMIENTOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE VOLADURA DE ROCAS.....	65

3.2.1.	Requerimientos propuestos para técnica	65
3.3.	DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA UTILIZADO PARA CONTROLAR Y MONITOREAR EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE VOLADURA DE ROCAS EN LA MINA	67
3.3.1.	Especificaciones técnicas del sistema.....	67
3.3.2.	Diagrama de bloques del sistema.....	67
3.3.3.	Diseño de la caja de control	69
3.4.	DISEÑAR E IMPLEMENTACION DE UN RADIOENLACE DE COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO ENTRE LA ESTACIÓN BASE Y LA UNIDAD FÁBRICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS	70
3.3.4.	Diseño del sistema	70
3.4.1.	Posicionamiento de los puntos.....	71
3.4.2.	Implementación de equipos para enlace punto a punto	75
3.4.3.	Configuración de las antenas.....	78
3.5.	REALIZACIÓN DEL INTERFAZ PARA EL COMUNICACIÓN DEL PLC Y LA ESTACIÓN BASE PARA EL MONITOREO DEL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS	84
3.5.1.	Adaptación del sistema e incorporación del PLC	84
	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO	86
4.1.	ANÁLISIS DE COSTOS	87
4.1.1.	Recursos humanos	87

4.1.2. Recursos materiales	87
4.1.3. Recursos de software	88
4.1.5. Gastos Totales.....	89
4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS	90
4.2.1. Beneficios tangibles.....	90
4.2.2. Beneficios intangibles	90
4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	91
4.3.1. Desarrollo de flujo de caja.....	91
4.3.2. Análisis de VAN.....	92
4.3.3. Análisis de TIR.....	92
Conclusiones.....	93
Recomendaciones	94
Glosario	95
Referencias.....	96
Anexos	100
A. Anexo: Hojas técnicas del componentes y materiales.....	100
B. Anexo: Hoja de datos de seguridad de los compuestos	107
C. Anexo: Diagrama de Gannt	113
D. Anexo: Matriz de investigación.....	114

Lista de figuras

Figura 1. La explotación de minerales en el yacimiento minero.....	30
Figura 2. Propiedades de la aplicación de la técnica de voladura de rocas.	31
Figura 3. Propiedades de resistencia dinámica de las rocas.....	31
Figura 4. Condiciones geológicas para la técnica de la voladura de rocas.	32
Figura 5. Unidad Fábrica	34
Figura 6. Controles de mezclado y descarga de la unidad fábrica.....	34
Figura 7. Las principales partes de un PLC.....	36
Figura 8. Aspecto físico cara frontal PLC 1215C.....	37
Figura 9. Aspecto físico cara superior del PLC 1215C	37
Figura 10. Descripción del lenguaje Ladder	39
Figura 11. Radioenlace de comunicación punto a punto	41
Figura 12. Antena sectorial Ubiquiti loco M5.....	46
Figura 13. Patrón de radiación: azimut de la antena Loco M5	47
Figura 14. Patrón de radiación: elevación de la antena Loco M5	48
Figura 15. Adaptador inyector POE.....	48
Figura 16. Aspecto físico frontal de la batería UPS	50
Figura 17. Aspecto físico posterior de la batería UPS.....	50
Figura 18. Arquitectura del sistema de control y monitoreo.....	56
Figura 19. Ubicación geográfica de la mina Cerro Verde	58
Figura 20. Mina Cerro Verde del departamento de Arequipa	59
Figura 21. Proceso de extracción de cobre	59

Figura 22. Proceso de funcionamiento de la unidad fábrica.....	61
Figura 23. Aspecto físico del nitrato de amonio.....	62
Figura 24. Aspecto físico de la solución acuosa de nitrato	63
Figura 25. Aspecto físico del petróleo crudo.....	64
Figura 26. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema.....	68
Figura 27. Diseño de la caja de control.....	69
Figura 28. Diseño de la arquitectura del sistema para TX.....	70
Figura 29. Diseño de la arquitectura del sistema para RX	71
Figura 30. Punto del trasmisor.....	71
Figura 31. Receptor (Oficina de producción).....	72
Figura 32. Simulación de los puntos en AIRLINK.	73
Figura 33. Parámetros de configuración para el diseño del radioenlace..	73
Figura 34. Obtención del diseño del radioenlace.....	74
Figura 35. Diagrama de bloques del proceso	75
Figura 36. Adaptación del Switch y las conexiones	75
Figura 37. Inyector POE/LAN	76
Figura 38. Conexión al puerto Main de la antena	76
Figura 39. Encendido de la antena sectorial.....	77
Figura 40. Implementación y configuración	78
Figura 41. Configuración de la dirección IP de la computadora.....	78
Figura 42. Etapa de configuración de la antena	79
Figura 43. Configuración de la antena Tx	79
Figura 44. Configuración de la antena Tx II.	80
Figura 45. Configuración de la antena RX I.	81
Figura 46. Configuración de la antena RX II	81

Figura 47. Configuración y trabajo de las antenas	82
Figura 48. Pruebas de rendimiento y comunicación I	82
Figura 49. Pruebas de rendimiento y comunicación II	83
Figura 50. Antena Receptora ubicada a los exteriores de la Oficina de producción.....	83
Figura 51. Implementación del PLC.....	84
Figura 52. Sistema de control I.	84
Figura 53. Sistema de control II (adaptación a la unidad fábrica).....	85
Figura 54. Adaptación del sistema.	85

Lista de tablas

Tabla 1. Especificaciones técnicas del PLC 1215C.....	38
Tabla 2. ROE con relación al rendimiento de la antena.....	44
Tabla 3. Especificaciones técnicas de la antena.....	47
Tabla 4. Especificaciones del adaptador inyector POE.....	49
Tabla 5. Especificaciones técnicas de la batería APC BACK UPS.	49
Tabla 6. Especificaciones técnicas del nitrato de amonio.	63
Tabla 7. Especificaciones técnicas de la emulsión acuosa de nitrato.	64
Tabla 8. Recursos humanos.....	87
Tabla 9. Recursos materiales.....	88
Tabla 10. Recursos de software.....	88
Tabla 11. Otros gastos realizados	89
Tabla 12. Gastos totales de la tesis.....	89
Tabla 13. Flujo de caja	91

Introducción

En la actualidad, los avances en tecnología han venido desarrollando en la construcción e innovación de sistemas y equipos que permiten a las organizaciones, fábricas e industrias mejorar sus procesos de producción para la obtención de productos y servicios de calidad que satisfacen las necesidades de sus clientes mediante el control, monitoreo y supervisión de cada uno de los procesos existentes en las plantas de fabricación y otras áreas donde se aplican estos desarrollos o procesos requeridos.

Uno de las actividades con mayor antigüedad en el mundo es la minería, el cual es la encargada de la explotación y extracción de minerales energéticos y combustibles que posteriormente son empleados para generar energía y es también materia prima en varios en productos industriales.

Según el Banco Mundial, la producción esperada de minerales por parte del sector minero será del 500% para el 2050 permitiendo en el futuro satisfacer la demanda del desarrollo de las tecnologías limpias.

Por lo que la realización de mejoras dentro en la actividad de la minería y mucho más en los procesos y técnicas requeridos por este sector económico son de gran importancia porque contribuyen con las grandes metas planteadas que lleven a por la extracción de minerales en principalmente en los países con mayor producción de América Latina y a nivel mundial.

Una investigación realizada por la Comisión Económicas de América Latina y el Caribe – CEPAL los países de América Latina cuentan con una gran abundancia y variedad de minerales en especial en los mayores productores como Chile, Brasil, México y Perú el cual son una mirada a los grandes inversionistas del mundo y representan el 85 % de exportaciones (Dannemann, 2019).

Una de las importantes técnicas para la extracción de minerales es la aplicación de la voladura de rocas el cual consiste es perforar las rocas y descargar la mezcla de los insumos (nitrato de amonio, emulsión acuosa de nitrato, el petróleo, gas, el nitrito y el agua) dentro de las perforaciones y serán utilizadas como explosivos para la extracción de minerales.

La presente tesis tiene como objetivo desarrollar un sistema de control y monitoreo de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas mediante un radioenlace punto a punto desde la unidad fábrica hacia la oficina de producción en la mina Cerro Verde en el departamento de Arequipa.

En el capítulo I, se detalla la problemática de la presente tesis, el cual se encuentra basada en el control y monitoreo del abastecimiento de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas los cuales se usan para la perforación y extracción de rocas, y posteriormente poder retirar los minerales en la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa, posteriormente se plantea el problema general y los específicos que servirán como base para el desarrollo de la presente tesis, finalmente mencionar los alcances y limitaciones tenidos a lo largo de la realización del sistema de control y monitoreo de abastecimientos.

En el capítulo II, se indica como base las principales tesis e investigación que han servido como fundamento para planificación y el desarrollo del sistema de control y monitoreo de abastecimientos insumos por parte de la unidad fábrica, posteriormente el desarrollo del marco metodológico y los procesos que fueron requeridos para su elaboración según un estudio de la zona geográfica, diseño e implementación de un enlace punto a punto para comunicar la estación de base (oficina de producción de la empresa Famesa Explosivos S.A.C.) y la unidad fábrica para el monitoreo y abastecimiento de insumos, luego mencionar el marco legal, el cual se encuentra relacionado con las leyes que influyen para el desarrollo de la presente tesis y el trabajo con explosivos (regulado por el SUCAMEC), finalmente se detalla la arquitectura del sistema planteada para el desarrollo del proyecto de tesis.

Seguidamente, en el capítulo III, se describe el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos para la elaboración de la presente tesis mencionando los procesos actuales del llenado de galones y descarga de la mezcla por parte de la unidad fábrica para la aplicación de la técnica de voladura de rocas para los trabajos realizados en la mina Cerro Verde de Arequipa.

Finalmente, en el capítulo IV, se menciona los gastos generados para la realización del sistema según cada uno de los recursos utilizados, luego se

detalla el diagrama de flujo tomando en cuenta la inversión inicial de la realización y un análisis de los cinco primeros años en donde se propone trabajar con la empresa Famesa Explosivos S.A.C. y posteriormente crecer mediante la innovación y mejoras para ofrecer el servicio a otras empresas del mismo sector a nivel internacional.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Planteamiento y descripción del problema

En la actualidad, la actividad de la minería ha significado un gran avance en la economía mundial y principalmente en los países con grandes yacimientos donde diariamente se extraen abundantes cantidades de minerales para miles de procesos industriales a nivel nacional e internacional.

Por lo que, se busca de optimizar los procesos y técnicas que sean aplicables en la actividad minera en la extracción de minerales, mejora de la producción y cumplir con las proyecciones esperadas (Perpiñán, 2014).

Entre uno de los procesos más significativos para la extracción de minerales es la aplicación de la técnica de voladura de rocas, que consiste en realizar perforaciones en el suelo y descargar una mezcla reactiva (conjunto de insumos) utilizado como explosivo debido para detonar rocas y poder extraer minerales que no son posibles de extraer de manera manual por los operadores mineros.

Por lo que el problema principal de esta técnica es el control y el correcto uso de la muestra debido a que un mal uso o alguna falla en la descarga de mezclas podría ocasionar problemas medioambientales en la salud de los trabajadores y de los pobladores que habitan a los alrededores.

Ante el problema, se ha propuesto desarrollar un sistema de control y monitoreo de insumos para la aplicación de la técnica de voladura elaborado mediante la aplicación de las telecomunicaciones, diseñando e implementando un radioenlace punto a punto entre la unidad fábrica y la oficina de producción ubicada a 116 metros aproximadamente del yacimiento minero. De manera que dicha información obtenida podrá ser beneficiosa en la mejora y optimización de la producción para la empresa evitando pérdidas de insumos, análisis de fallas mediante evaluaciones de funcionamiento (mantenimiento correlativo y preventivo) y realizar actividad de figura

monitoreo remoto que permitan no colocar en riesgo la salud de los operadores mineros.

Se busca emplear el sistema en el yacimiento de la mina Cerro Verde de Arequipa, lo que permitirá para la empresa mejorar en desarrollo e innovación sus procesos existentes para la explotación de minerales y convertirse en unos de los mejores del mercado nacional e internacional existente.

1.1.2. Formulación del problema general

¿Cómo optimizar el abastecimiento de insumos para los trabajos de derrumbe de rocas en el yacimiento de la mina Cerro Verde de Arequipa?

1.1.3. Formulación de los problemas específicos

P.E.1: ¿Cuál es la situación actual del control de insumos y descarga de mezcla para la detonación de rocas en la mina Cerro Verde de Arequipa?

P.E.2: ¿De qué manera se evalúan los porcentajes de insumos requeridos para abastecer y aplicar la técnica de voladura de rocas?

P.E.3: ¿Cuáles son las etapas de funcionamiento de un sistema de comunicación punto a punto para controlar y monitorear los insumos de abastecimiento para la técnica de voladura de rocas?

P.E.4: ¿Cómo se transferirá la información del consumo de insumos utilizados para abastecer y aplicar la técnica de voladura de rocas en la mina Cerro Verde de Arequipa?

P.E.5: ¿Qué protocolos de comunicación se usarán para enlace de comunicación punto a punto entre el PLC y la estación base?

1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de control y monitoreo de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas mediante un radioenlace de comunicación punto a punto en la mina Cerro Verde de Arequipa.

1.2.2. Objetivos específicos

O.E.1: Describir la situación actual del control de insumos requeridos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas en el yacimiento de la mina Cerro Verde de Arequipa.

O.E.2: Analizar de requerimientos del sistema de control y monitoreo para el abastecimiento de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas en el yacimiento de la mina Cerro Verde de Arequipa.

O.E.3: Realizar un diagrama de bloques del funcionamiento del sistema utilizado para controlar y monitorear el abastecimiento de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas en el yacimiento de la mina Cerro Verde de Arequipa.

O.E.4: Realizar un radioenlace de comunicación punto a punto entre la estación base y la unidad fábrica para el monitoreo de abastecimiento de insumos.

O.E.5: Establecer una interfaz de comunicación entre el PLC y la estación base para el monitoreo del abastecimiento de insumos.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación técnica

La presente tesis, propone optimizar el funcionamiento del vehículo llamado también unidad fábrica, el cual es el encargado de mezclar los insumos y formar una mezcla reactiva que es usada posteriormente como explosivo para la detonación de rocas que no pueden ser extraídas de manera manual.

Por lo que la mejora del sistema corresponde a una aplicación del uso de las telecomunicaciones como la propuesta de diseño e implementación de un radioenlace con comunicación punto a punto entre la oficina de producción y la unidad fábrica, el cual tienen una distancia de 116 metros aproximadamente entre ambos puntos, utilizando antenas sectoriales y otros equipos de comunicación en donde se trabajara con los protocolos de comunicación *Profinet* y *Modbus TCP/IP* que permitan cumplir con las metas propuestas para la presente investigación.

1.3.2. Justificación económica

Actualmente, en el mercado nacional e internacional no existe empresas de servicio minero que cuenten con vehículos o unidades fábrica que brinden el monitoreo de insumos o mezclas para emplear explosivos que permitan la detonación de yacimientos y la posterior extracción de los minerales.

Así mismo, mencionar que realizando esta optimización en las unidades fábrica se mejoraría la producción analizando el comportamiento y funcionamiento de descargue de los insumos requeridos para la aplicación de la técnica de la voladura de rocas requeridas para detonar y extraer los minerales.

Se propone también que con dicha información obtenida se planificarían mantenimientos preventivos y correlativos para evitar desperfectos en la productividad y evitar problemas medioambientales que pueden causar multas millonarias para la empresa minera.

1.3.3. Justificación social

Actualmente, el control y descargue de los explosivos datos obtenidos de manual exponiendo considerablemente la salud de los operadores mineros que están encargados, por lo mediante la aplicación del presente proyecto, se plantea un control y monitoreo a distancia mediante un radioenlace que permita la comunicación entre la unidad fábrica y oficina de producción.

Asimismo, mencionar, que estos insumos son un conjunto de compuestos que forman una mezcla reactiva peligrosa que al no tener un perfecto control podría ocasionar problemas medioambientales en el ecosistema y la salud de los habitantes de los alrededores.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1. Alcances

- La presente tesis propone el diseño e implementación del sistema de control y monitoreo de insumos y su mezcla para la formación de explosivos para la posterior detonación de rocas y la extracción de minerales dentro de yacimiento minero
- Por lo que, se realizará una optimización de dicha técnica promoviendo mejoras y desarrollando un sistema que será incorporado dentro de las unidades fábrica aplicando el uso de la automatización y telecomunicaciones de manera eficiente.
- El sistema propone desarrollar mediante el uso de un PLC un control de porcentajes para la mezcla de insumos que se ejecuta en la unidad fábrica aplicando los protocolos de comunicación *Profinet* y *Modbus TCP/IP* para el trabajo con equipos industriales.
- Dicha información obtenida se utilizará para el análisis del funcionamiento de las unidades fábrica, análisis de mantenimientos preventivos y correlativos en los vehículos, análisis de fallas y rendimiento en la producción para la extracción de minerales.

1.4.2. Limitaciones

- Las políticas internas de la empresa restringen la información y la privacidad de no brindar información técnica de sus máquinas las cuales solo le brindan al personal autorizado para dichas labores.
- Limitación de información de las máquinas y equipos usados para la extracción de minerales en minas nacionales e internacionales.
- Falta de conocimientos técnicos en telecomunicaciones las cuales serán aplicados en la presente tesis.
- Falta de base de datos en donde se maneje el control y monitoreo de abastecimientos de los insumos dentro de la unidad fábrica.
- El precio elevado de los componentes, equipos y dispositivos que se plantean para el presente desarrollo de la tesis.
- Analizar el ajuste y configuración los parámetros técnicos para la comunicación del enlace punto a punto para el monitoreo de los insumos.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Internacionales

A. Según Barrera, Chagolla, Ibáñez, Méndez y Rangel (2014) en su artículo titulado **“Diseño e implementación de un dispositivo de una red de comunicaciones inalámbricas industriales tipo SCADA”**, en donde indica la importancia del uso de máquinas industriales automatizadas para optimizar el proceso del sistema hidráulico utilizando el Controlador Lógico Programable - PLC y los protocolos de comunicación para hacer posible el monitoreo y obtener los parámetros de control de flujo, temperatura y presión mediante el uso de sensores industriales, manifiesta la importancia del monitoreo para verificación y control de los procesos de manera estratégica, mencionar también que se propone la utilización del software Labiew para comprobar el funcionamiento de los procesos utilizados en el procesos industriales según los estándares requeridos.

El uso del PLC ha permitido las mejoras de los procesos en las industrias y plantas, optimizando procesos de manera eficiente, mejorando la productividad, verificación de procesos y trayendo mayores ingresos a las empresas a nivel económico. Por otra parte, el PLC cumple con instrucciones que son programadas y reprogramadas según los requerimientos de la empresas e industrias trayendo muchos beneficios que son de gran importancia para la sociedad y para el mercado nacional e internacional.

B. En Amores y Quingatuña (2017) en su trabajo de investigación titulado **“Diseño e implementación de un sistema SCADA, utilizando redes de comunicación industrial para el control distributivo de sistemas hidráulicos y neumáticos en el laboratorio de hidrómica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga”**, se centra en la implementación de un sistema SCADA que permita el control, monitoreo en tiempo real y adquisición de datos con el

software TIA Portal utilizando los protocolos de comunicación industrial para trabajar Controlador Lógico Programable- PLC. El uso de las tecnologías como la automatización ha significado un gran aporte para los diferentes sectores en mejoras de las actividades y procesos de producción realizados por estos dentro de las fábricas, plantas industriales y organizaciones reduciendo tiempos de entrega de productos y servicios que en años posteriores se consideraban difíciles de disminuir. Asimismo, se prevé grandes mejoras con el uso de las telecomunicaciones basados en el control y monitoreo de procesos con el uso de sensores y otros componentes que permiten la obtención de manera rápida y eficiente.

C. Según Liu y Cai (2017) en su artículo plantea el diseño de un sistema de control y monitoreo propuesto para el sector de la ganadería, en donde se buscó mejorar la calidad de los productos que se fabrican mediante la optimización de procesos utilizando sensores para la obtención de información y una posterior selección de carnes que pueden seguir los procesos de producción que se realizan en la industria. Por lo que con el uso del PLC propone la automatización de una puerta con la condicional del ingreso solo de animales que cumplan con los requerimientos y producción.

Es importante mencionar los grandes aportes que ha generado el PLC a las plantas e industrias en los diferentes procesos permitiendo grandes beneficios entre uno de ellos la mejora en la producción, mantenimiento preventivo y correlativo, variación de algoritmos para mejorar y modificar los procesos para las diferentes tareas que se realizan dentro de la empresa e industria.

2.1.1. Nacionales

- A. En Cumapa, Dionicio y Vicente (2018) en la tesis titulada **“Diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 400 MHz para el monitoreo y control de estaciones de SEDAPAL en el esquema de Cieneguilla”**, se menciona el planteamiento para mejorar la calidad del servicio de hidráulico utilizando las telecomunicaciones mediante el diseño de un radioenlace con un 22 ancho de banda de 400 MHz entre dos estaciones remotas permitiendo la optimización de los procesos de manera automatizada y adaptando el sistema SCADA permitiendo un mayor control de los pozos, reservorios, cámaras de rebombado, entre otros para mejorar la productividad que se ve necesaria mejorar por la densidad poblacional de la zona y sus alrededores. Así mismo, el autor menciona la importancia del análisis geográfico de cada uno de los puntos y el estudio de los requerimientos importantes para la realización del radioenlace como las pérdidas del espacio libre, la latencia, las especificaciones de las antenas y la frecuencia, el análisis de la existencia de repetidoras según las condiciones geográficas. La aplicación de las telecomunicaciones ha mejorado diferentes campos como en la salud, las industrias, la minería, entre otras porque permiten la transmisión de información de manera rápida y eficiente para cumplir con los diferentes procesos o servicios. Permitiendo la reducción de tiempo en la producción y la obtención de información para la toma de decisiones. Es importante mencionar el gran aporte en el sector industrial para el monitoreo de máquinas y equipos de manera periódica para las verificaciones de los procesos.
- B. Según Diaz (2015) en la tesis titulada **“Diseño de un radioenlace microondas isla San Lorenzo – Campus PUCP para el proyecto Perú Magneto”**, se centra en la importancia de la implementación de una red de transporte para la integrar una estación base en la isla, cumpliendo con la finalidad de

obtener datos mediante el uso de equipos para posteriormente tabularlos y analizarlos de manera estratégica para la realización de predicciones, dicho planteamiento se encuentra propuesto debido a la deficiente cobertura del celular en la zona en mención, por lo que el autor propone el diseño de un modelo de radioenlace de manera confiable con la estación base de la isla y el Centro de Investigación del Instituto de Radioastronomía. Se menciona también, las características de un sistema de comunicación con un enlace punto a punto, el cual tendrá como característica un único transmisor comunicándose con un único receptor; por lo que emplea el uso del software RadioMobile para realizar las pruebas y cálculos de requeridos para el radioenlace y teniendo en cuenta las principales características de las antenas como la ganancia, directriz, ancho de haz, altura efectiva, entre otros.

Para la realización de un radioenlace es importante la realización de un estudio de la ubicación geográfica de cada uno de los puntos que se desean interconectar, la importancia de la planificación del radioenlace iniciando desde conocer la distancia y la existencia de alturas (árboles, cerros, entre otros), la frecuencia de trabajo, la altura de las antenas parámetros importantes a considerar para el diseño e implementación en la realización de un radioenlace para la interconectar uno o varios puntos.

C. En Negrete y Díaz (2019) en la tesis titulada **“Diseño de un sistema SCADA con radioenlaces para mejorar la distribución de agua potable en la ciudad de Chiclayo por parte de la empresa EPSEL S.A.”**, se centra en el trabajo con 24 sistemas para redes utilizados para el control y monitoreo de cuatro plantas hidráulicas, la importancia del sistema es que realice la supervisión de los procesos desde el área central de la empresa, el cual será realizado desde un computador en donde se programa según los requerimientos como el arranque de las

bombas, el monitoreo de la temperatura, el flujo y la presión del agua, entre otros parámetros importantes para la calidad del tratamiento del agua para su posterior distribución.

La importancia de las telecomunicaciones en el área industrial permite el monitoreo de máquinas, vehículos y equipos de manera rápida y eficiente para el análisis de su productividad, obtener los principales parámetros de manera automatizada con el uso de sensores industriales que permiten reducir tiempo y optimizar la calidad del producto o servicio. Es importante mencionar que el PLC contribuye con la automatización, pero al agregar un radioenlace el sistema se hace mucho más robusto y con mejores ventajas para las empresas como los estudios estratégicos para mejorar la operatividad de las empresas e industrias a nivel mundial e internacional.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Extracción de minerales en las minas

Según el Ministerio y Minas de Ecuador (2015), se define al término “**mina**” como la excavación con un propósito para la realización de la actividad económica realizada en un yacimiento mineral en donde se realizan procesos para la extracción y tratamiento de minerales, que posteriormente serán utilizados para materias primas en la fabricación de productos industriales en los diferentes sectores y también usada como energía (Figura 1).

De acuerdo con el Grupo Antofagasta Minerals (2012), define al término “**recurso minero**” como la concentración o existencia del material sólido, natural y orgánico.

Figura 1. La explotación de minerales en el yacimiento minero.



Fuente: Oro Información

Es importante mencionar que el Perú, es un país con gran abundancia en minerales de gran demanda en el mercado nacional e internacional por ser considerado uno de los primeros productores de América Latina (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2020).

La extracción de los minerales se realiza mediante la aplicación de procesos y técnica mediante la mano de obra y el uso de máquinas

(vehículos) que contribuyen con el mezclado de insumos, detonación, transportes minerales de manera eficiente y a su vez estos procesos son realizados dentro del yacimiento minero.

2.2.2. Técnica de voladura de rocas

Es una técnica tridimensional utilizada para la perforación y extracción rocas, que no son posibles de ser retiradas de manera manual.

Esta técnica consiste en la utilización de un vehículo que realiza un mezclado de insumos, y mediante el uso de los taladros descarga la mezcla de manera subterránea con el fin de detonar las rocas y la rápida extracción de los minerales que están ubicados en el yacimiento minero.

Es importante mencionar, que la técnica de voladura depende de un conjunto de parámetros y factores que intervienen en la realización de la misma como las propiedades y condiciones de la roca (dureza, tenacidad) y un estudio del entorno (condiciones geológicas) en donde se realizara el proceso, mencionados en los cuadros conceptuales (Figura 2, 3, 4).

Figura 2. Propiedades de la aplicación de la técnica de voladura de rocas.

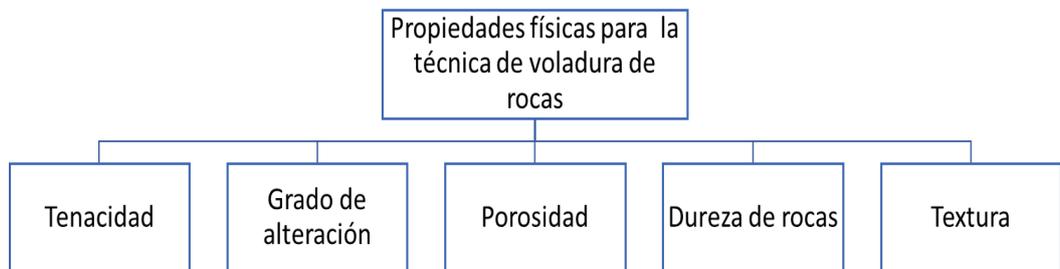


Figura 3. Propiedades de resistencia dinámica de las rocas

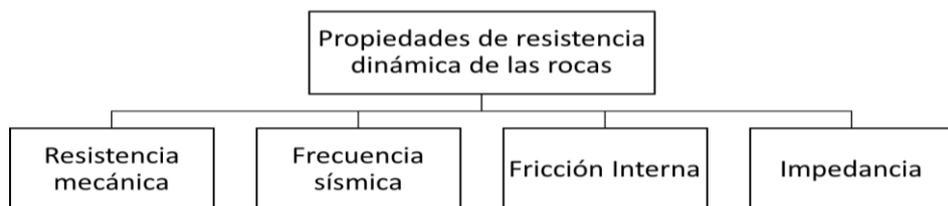
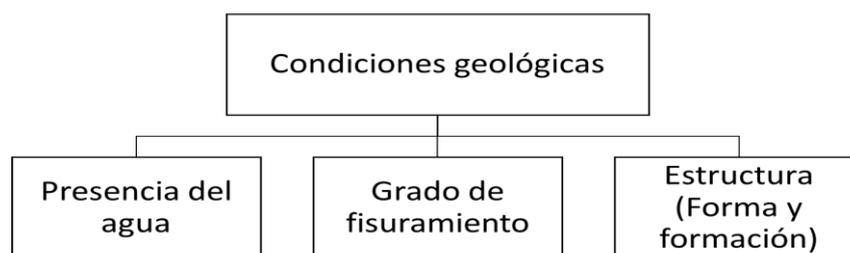


Figura 4. Condiciones geológicas para la técnica de la voladura de rocas.



2.2.3. La mezcla reactiva

Según Montero (2016), se considera mezcla al material generado por la unión de dos o más compuestos unidos, que no serán combinados químicamente y no perderán sus identidades, ni las propiedades químicas.

Debido a la combinación física entre uno o más compuestos físicas se retienen las propiedades físicas y podrán llegar a un proceso de soluciones, aleaciones, colides.

Las mezclas se clasifican en mezclas heterogéneas y homogéneas. Otro tipo de mezcla importante son las reactivas las cuales se definen como las reacciones que son causadas entre sí.

En la presente tesis el conjunto de insumos como el nitrato de amonio, solución acuosa de nitrato, petróleo, nitrito y agua, los cuales mezclados dentro de la unidad fábrica forman la mezcla reactiva que se utiliza como explosivo para detonar las rocas y poder extraer los minerales que no son posibles de ser extraídos de manera manual.

2.2.4. Los Explosivos

Según la Sociedad de Minería de Chile (2016), define al termino “**explosivos**” como sustancias químicas que en condiciones ambientales (presión y temperatura) se encuentran inocuas, sin embargo, el medio de iniciador pasar a cambiar al estado gaseoso, obteniendo el alto volumen. La detonación de estos explosivos se puede efectuar de manera natural, sensibilidad o por utilización.

Cabe mencionar que el personal a cargo de trabajar con los explosivos debe de contar con una licencia para la manipulación de explosivos otorgada a nivel nacional por la SUCAMEC.

2.2.5. Insumos

Se considera insumo a las materias primas utilizadas para que mezcladas causen una detonación o perforación dentro de las rocas para los trabajos de extracción minera.

Dichas materias primas son sustancias, soluciones químicas y compuestos que al ser mezclados en la unidad fábrica son utilizados para detonar o perforar las rocas.

Los insumos o materias primas utilizados para la realización de la mezcla reactiva son:

- Nitrato de amonio
- Solución acuosa de nitrato
- Petróleo
- Nitrito
- Agua

2.2.6. Unidad Fábrica

También llamado vehículo mezclador de explosivos, esta unidad cuenta con tanques incorporados internamente en donde se encuentra los insumos o materias primas y donde posteriormente mediante un PLC que tiene incorporado se agrega un algoritmo con los porcentajes según la durabilidad de las rocas que serán mezcladas (Figura 5).

Su velocidad de descarga es 450 Kg/min para la perforación y la extracción de rocas para obtener los minerales dentro de las minas subterráneas.

La utilización del PLC en este proceso es indispensable para la automatización del proceso de descarga con los valores de porcentajes requeridos por la durabilidad y en la cabina del conductor se encuentra la pantalla en donde se visualizan y manipulan los valores de descarga para la mezcla de explosivos y sus respectivos valores (Figura 6), asimismo en la pantalla KTP en donde se muestra las opciones para el proceso de calibración,

descarga, algoritmos de mezclados que actualmente son utilizados por las unidades fábrica en los trabajos que vienen realizando.

Figura 5. Unidad Fábrica



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

Figura 6. Controles de mezclado y descarga de la unidad fábrica



Fuente: Famesa Explosivos S.A.C.

2.2.7. PLC- Controlador Lógico Programable

Es un dispositivo que se utilizado para el control de procesos de manera secuencial para el control y verificación de procesos dentro de las industrias y plantas en la optimización de producción (Garcés y Shagña, 2014).

Este dispositivo cumple con las funciones similares a una computadora porque cumple con las instrucciones que son programadas para el cumplimiento de los procesos mediante funciones lógicas para optimizar los procesos de las máquinas y mejorar la productividad de manera en que se pueda verificar y supervisar los procesos que se estén realizando y ahorro de dinero en relación al mantenimiento de las maquinas (Cervantes y Vega, 2018).

En Boscán (2010), se menciona las características más sobresalientes del PLC y serán mencionados a continuación:

- Cuentan con una memoria volátil y no volátil.
- Cuentan con la capacidad de poder modular sus entradas y salidas para realizar combinaciones de los niveles de tipos de señales de entrada.
- Los PLC se encuentran configurados de manera que respondan y actúen enviando señales de salida a los componentes y actuadores para la realización de las actividades requeridas dentro de la industria o planta.
- Su sistema interno se encuentra compuesto por un único circuito integrado, lo que permite la reducción en la realización de circuitos impresos que, así mismo, son reemplazados por sistemas digitales.
- Permiten las realizaciones de autodiagnósticos de fallas para realizar mantenimientos preventivos y evitar pérdidas para la producción en las plantas e industrias.

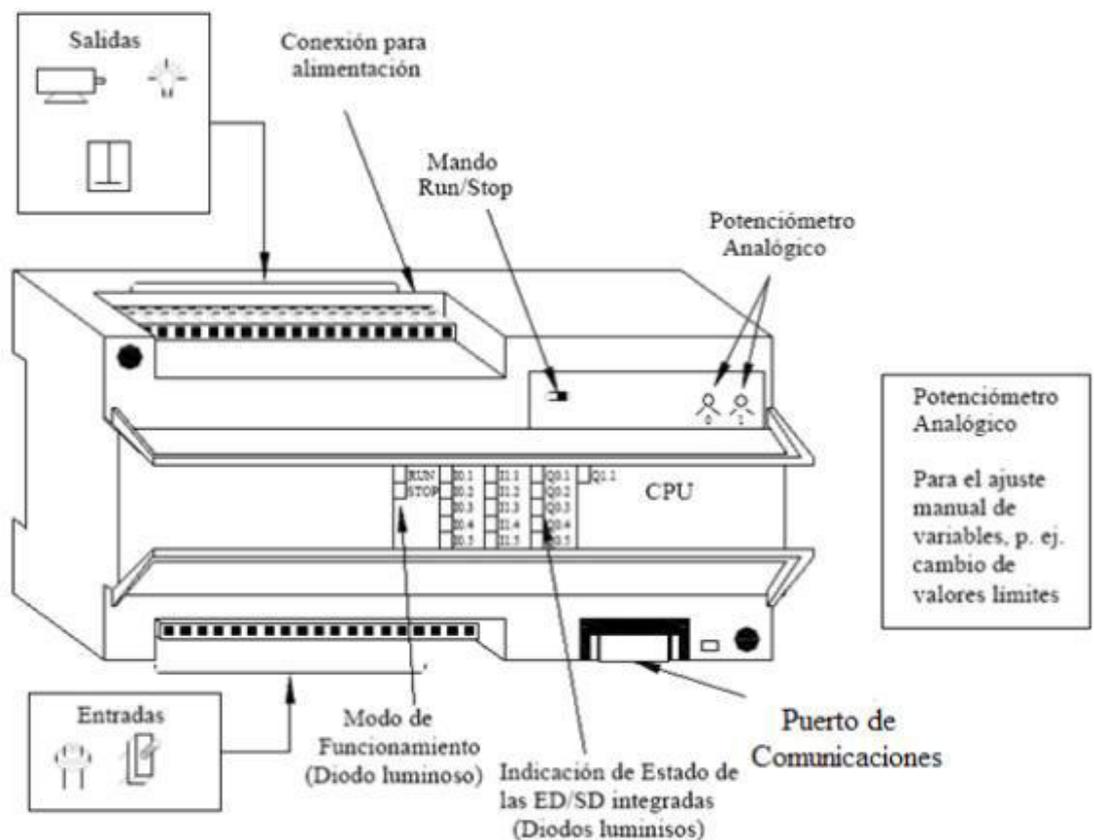
A. Estructura interna del PLC

Las principales partes básicas de un PLC, las cuales son las siguientes:

- Sección de entradas y salidas
- Unidad de alimentación
- Unidad Central de procesos
- Periféricos
- Memoria
- Módulos de comunicación

En la Figura 7, se muestran las partes básicas del PLC mencionadas y su ubicación en la estructura interna.

Figura 7. Las principales partes de un PLC



Fuente: Valdez

A. PLC CPU 1215C

Este modelo de PLC trabaja con un rango admisible de 85 a 264 voltios aproximadamente y una frecuencia de alimentación que se encuentra en el rango de 47 a 63 Hz, cuenta con una memoria de trabajo limitado en donde se guarda la

programación requerida para los procesos que se desea realizar (Figura 8 y 9).

Figura 8. Aspecto físico cara frontal PLC 1215C



Fuente: Automation 24

Figura 9. Aspecto físico cara superior del PLC 1215C



Fuente: Automation 24

En la Tabla 1, se mencionan las especificaciones técnicas del PLC CPU 1215, que se incorporara en la unidad fábrica para todo el desarrollo de la presente tesis.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del PLC 1215C

ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Voltaje de alimentación	
Rango permitido límite inferior	20.4 V
Rango permitido límite superior	28.5 V
Voltaje de carga	
Valor nominal	24 V
Rango permitido límite inferior	5 v
Rango permitido límite superior	250 V
Corriente de entrada	
Valor nominal	500 mA
Consumo de corriente	1 500 mA
Potencia	12 W
Memoria	
Tipo de memoria	EEPROM
Memoria integrada	125 kbyte
Memoria expandible	NO
Carga de memoria integrada	4 Mbyte
Tiempo de procesamiento de CPU	
Operación de bit	0.085 us
Operación de palabra	1.5 us
Operación de instrucción aritmética	2.5 us
Entrada de imagen de procesos	1 kbyte
Salida de imagen de procesos	1 kbyte
Hora del día del reloj	
Reloj de hardware	Si
Desviación por día máxima	60s en 25 °C
Entradas digitales	
Número de entradas	14
Integración de canales	14
Voltaje de entrada	24 V
Salidas digitales	
Numero de salidas digitales	10

Fuente: Datasheet

A. Lenguaje escalera – LADDER

También conocido como “el lenguaje de Ladder o diagrama de contactos”, y se encuentra basado en las reglas del circuito de conmutación y además se encuentra estandarizado en IEC 61131-3.

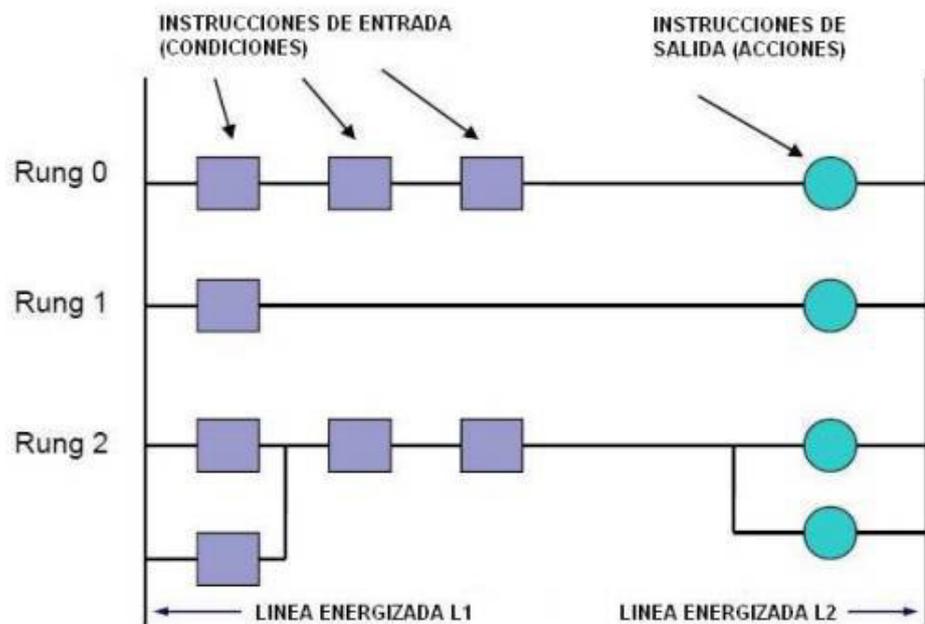
Este lenguaje se caracteriza porque la energía tiende a desplazarse desde la izquierda hacia la derecha (Brunete, Herrero y San Segundo, 2020).

Las instrucciones de entrada son programadas mediante lenguaje escalera, el cual se basa en condiciones en el circuito permitirá y no permitirá el paso de la corriente de una línea a otra (ROCA TEK, 2020).

Para este tipo de lenguaje se utilizan elementos como enlaces, estados y barras de alimentación que permiten a los usuarios hacer uso de las bobinas, contactores y bloques.

En la Figura 10, se describe la manera gráfica con la que se trabaja con el lenguaje escalera y el posicionamiento de instrucciones.

Figura 10. Descripción del lenguaje Ladder



Fuente: ROCA TEK

B. Estándar internacional IEC 61131-3

Es un conjunto de estándares que hacen referencia los controlares programables y periféricos como el controlador lógico programable -PLC (Bohórquez, Páez y Zamora, 2015). Así mismo, se definen los bloques de cada una de las funciones las cuales permiten la realización de un mejor diseño y eficiencia en cada uno de los proyectos en donde se utilizan los PLC.

2.2.8. Radioenlace

Es un sistema de comunicaciones entre puntos que se encuentran ubicados en la superficie de la Tierra (Radio comunicaciones, 2015). Su finalidad es proporcionar una capacidad de información de alta calidad y trabajan con un rango de frecuencias de 80 MHz a 42 GHz. Un radioenlace se encuentra compuesto principalmente de un transmisor, receptor, antenas y líneas de transmisión (Figura 11). Para diseñar un radioenlace es importante tener en cuenta los siguientes pasos que nos permitirán simular e implementar un radioenlace de manera eficiente.

A. Conocer las características de la comunicación:

Analizar los parámetros según los requerimientos pedidos para el radioenlace que se encuentra desarrollando (estudio de los puntos de comunicación y la factibilidad de la solución que se plantea realizar.

B. Elección de la instalación:

Análisis de posicionamiento de los puntos que se desea comunicar, existencia de elevaciones (cerros, montañas, entre otras) que interfieran con el paso de la señal, para colocar un o varios repetidores de ser necesario.

C. Perfil de la zona y cálculo de la altura de antenas:

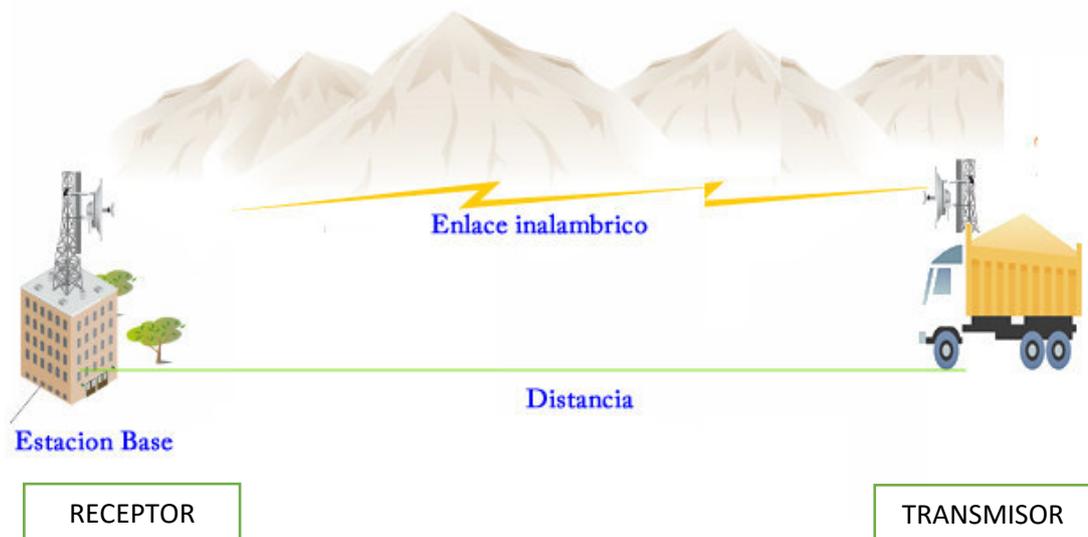
Constituye los cálculos e instalación de la torre para el posicionamiento de las antenas para que se realice la comunicación sin interferencias o posicionar las repetidoras en

caso de necesario para que no existan problemas en la comunicación entre los puntos propuestos.

D. Cálculo de radioenlace y estudio de trayectoria:

Constituye el estudio de los diferentes parámetros para lograr la comunicación como la impedancia de entrada de la antena, intensidad de relación, la ganancia, directividad, la eficiencia entre otras indispensables para un diseño y una correcta implementación de un radioenlace.

Figura 11. Radioenlace de comunicación punto a punto



2.2.9. Radioenlace comunicación punto a punto

Es un enlace de comunicación utilizado para comunicar dos puntos de manera remota utilizando un canal de comunicación para la transmisión de video, red de datos, internet, entre otros.

En la presente tesis se realizará dicho enlace para la transmisión de una red de datos que son el consumo de los insumos que se encuentran descargando la unidad fábrica para la aplicación de la técnica de la voladura de rocas y el segundo punto que es la estación base (oficina de producción de la empresa para el monitoreo de insumos).

Y por lo cual se configurará los equipos para cumplir con dicho enlace y con el desarrollo de los objetivos propuestos.

2.2.10. Protocolo de comunicación

La presente implementación de la tesis requiere utilizar y configurar con dos protocolos de comunicación para lograr la transferencia de información entre el PLC y la estación base mediante el uso de antenas y otros componentes.

A. Protocolo PROFINET

Es un protocolo de comunicación Ethernet Industrial utilizado para el intercambio de datos entre los controladores como el PLC y dispositivos de manera rápida, determinada y de manera confiable.

Cuenta con las siguientes características:

- Ofrece la ventaja de trabajar en tiempo real, cada vez que se trabajen con datos cíclicos con alta prioridad y manteniendo los tiempos fijos.
- Permite la utilización de Switch y cables para la comunicación mediante el uso de Ethernet.

B. Protocolo MODBUS TCP/IP

Protocolo de comunicación abierto utilizado para el control, supervisión y control de equipos de automatización y se utilizan el protocolo TCP/IP.

Se utiliza para transmitir información mediante el uso de las redes entre la comunicación de los dispositivos electrónicos.

El protocolo de comunicación MODBUS TCP/IP, trabaja con el puerto estándar del 502, pero puede ser reasignado según lo requiera el usuario.

2.2.11. Antena

Es un elemento o dispositivo utilizado para radiar y recibir ondas electromagnéticas entre el transmisor y el receptor (Suchi, 2010).

Las antenas cumplen con la función en acoplar la línea de transmisión en el espacio libre y viceversa (Aguirre, 2017).

Según Vela (2015), se menciona los parámetros propuestos para analizar en un diseño e implementación de un radioenlace y las cuales dependen mucho según los requerimientos propuestos.

- Impedancia de entrada (Z_i): Es definido como la relación entre el voltaje de entrada (V_i) y la corriente en la entrada (I_i), por lo que dicha impedancia es una general compleja y se considera a la parte real (la resistencia de la antena, el cual se calcula mediante el valor entre la potencia total y el valor eficaz de las corrientes) y la parte imaginaria (la reactancia de la antena). En la Ecuación 1, se muestra la fórmula para el cálculo de la impedancia de entrada.

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} \quad (1)$$

Reemplazando:

$$Z_i = R_e + jX_e$$

Re: Resistencia de la antena

Xe: Reactancia de la antena

Y para obtención del cálculo de la Resistencia de radiación (R_e), el cual es la suma entre la resistencia óhmica (R_Ω) y la resistencia de radiación (R_r), mostrados en la Ecuación 2:

$$R_e = R_r + R_\Omega \quad (2)$$

Posteriormente, el cálculo de la eficiencia de antena (n) se obtiene de tomando también los valores de la resistencia óhmica (R_Ω) y la resistencia de radiación (R_r) entre la relación de la potencia entregada (W_e) y la potencia total radiada (W_t), mostrada en la Ecuación 3:

$$n = \frac{W_t}{W_e} \quad (3)$$

En donde:

$$W_t = I^2 \cdot R_r$$

$$W_e = W_t + W_\Omega = I^2 (R_r + R_\Omega)$$

Reemplazando:

$$n = \frac{R_r}{(R_r + R_\Omega)}$$

- Relación de una onda estacionaria (ROE): Es la relación geométrica que hay entre el valor mínimo y máximo correspondiente a la amplitud del voltaje de una onda estacionaria formada por la salida del generador.

El cálculo de este parámetro permite que se logre el óptimo acoplo del transmisor y la antena, lo que permitirá un ajuste exacto entre ellos.

En la Ecuación 4, se menciona la fórmula para calcular el parámetro de la relación de la onda estacionaria (ROE).

$$ROE = \frac{(1 + |r|)}{(1 - |r|)} \quad (4)$$

En donde

$$r = \frac{\text{señal reflejada}}{\text{señal incidente}}$$

Es importante mencionar, que al aumento de la relación estacionaria baja el rendimiento de la antena, tal como se menciona en la Tabla 2; y se considera un ROE con valor optimo desde el 1,3 al 1,5.

Tabla 2. ROE con relación al rendimiento de la antena.

RELACION DE ONDA ESTACIONARIA	RENDIMIENTO DE LA ANTENA
1:1	100.0%
1,3:1	98.5%
1,5:1	96.0%
2:1	90.0%
3:1	75.0%

- Intensidad de radiación: Es la potencia que irradia la antena por la unidad del ángulo sólido y la resultante del producto de la densidad de radiación con el cuadrado de la distancia.
- Patrón de radiación de la antena: Se define como la representación gráfica o diagrama polar de las características

de radiación con función a la potencia, correspondiente a las direcciones: horizontal y vertical. Es importante mencionar, que el patrón de radiación es variable según el modelo de la antena y a su vez este puede ser visualizado en la hoja técnica del fabricante.

- Ganancia: Se define como la dirección máxima de la antena y se representa de la relación entre la dirección y la densidad de la potencia irradiada por la antena. Su unidad de medida de medida son los decibelios (dB). En la Ecuación 5, se menciona la fórmula para calcular la ganancia:

$$G(\theta, \phi) = \frac{P_{max}}{\frac{W_e}{4\pi r^2}} \quad (5)$$

En donde:

P_{max} : Potencia máxima

W_e : Potencia radiada

- Directividad: es definido como la relación entre la intensidad de potencia que irradia hacia una dirección, la densidad de potencia irradiada por la misma antena y la distancia. En la Ecuación 6 se muestra la formula del parámetro.

$$D(\theta, \phi) = \frac{D(\theta, \phi)}{\frac{W_e}{4\pi r^2}} \quad (6)$$

En caso no se especificará la dirección angular, se entiende que el parámetro de la directividad de la antena se refiere a la máxima radiación.

- Eficiencia: se le considera a la relación entre la potencia irradiada y la potencia entregada de la antena.
Por lo que se considera que la eficiencia es la relación entre la ganancia y la directividad.
- Ancho de banda: Se define como el rango de valores de frecuencia en donde las antenas podrán operar o funcionar.

A. Antena sectorial

Este tipo de antena utilizada para diseños que tienen un patrón de radiación con forma de un sector, el cual utiliza un sentido geométrico comúnmente de valores de 60°, 90°, 120°.

Es importante mencionar que este tipo de antena es una mezcla entre las antenas omnidireccionales y direccionales.

B. Antena sectorial Loco M5

Antena perteneciente al fabricante UBIQUITI NETWORKS, trabaja en un rango de frecuencia de 5.47 GHz al 5.82 GHz y con un voltaje de 24 voltios. Este modelo de antena (Figura 12) es considerada de alto rendimiento y de bajo costo.

Figura 12. Antena sectorial Ubiquiti loco M5



Fuente: Ubiquiti

La antena Loco M5 trabaja con el estándar 802.11 a/n.

En la Tabla 3, se detalla las especificaciones técnicas del modelo de antena que será utilizado para la implementación de la presente tesis.

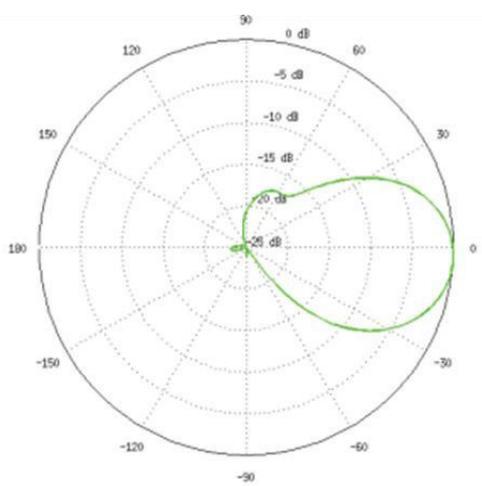
Tabla 3. Especificaciones técnicas de la antena.

ESPECIFICACIONES	VALOR TÉCNICO
Fuente de alimentación	24 voltios a 0.5 A
Consumo de potencia máxima	5.5 W
Ganancia	13 dBi
Frecuencia	5GHz
Interfaz	Ethernet (1) 10/100
Dimensiones	161x31x80 mm
Polarización	45°(H-pol)/45° (V-pol)/45°(elevación)
Temperatura de operación	30 a 75 °C
Humedad de operación	5 a 95 %
Procesador	Atheros MIPS 74 Kc, 560 MHz

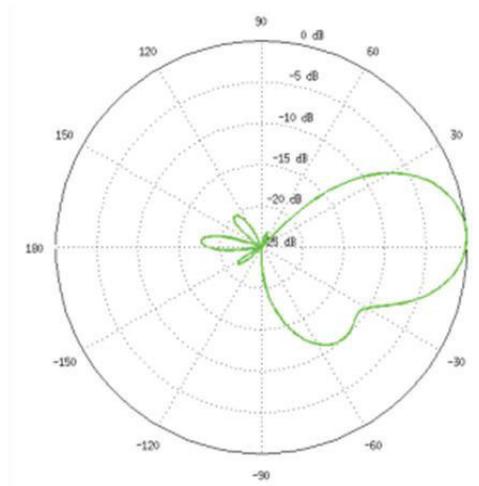
Fuente: Datasheet

En la Figura 13, se muestra el patrón de radiación de la antena Loco M5 propuesta para la implementación de la presente tesis, según la (a) azimut vertical, (b) azimut horizontal.

Figura 13. Patrón de radiación: azimut de la antena Loco M5



(a) Azimut vertical

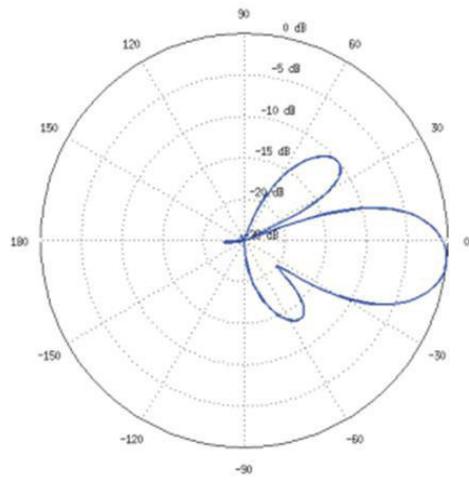


(b) Azimut horizontal

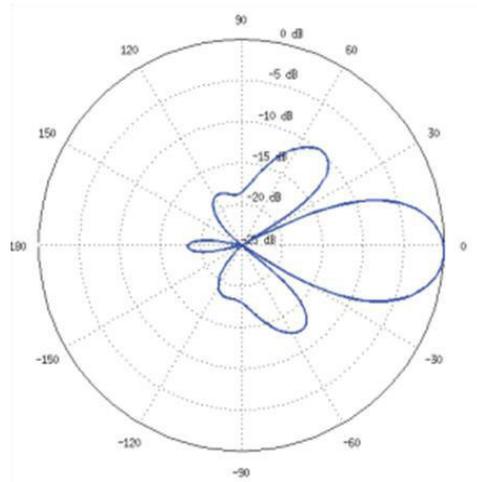
Fuente: Datasheet

En la Figura 14, se muestra la (c) elevación vertical y (d) elevación horizontal.

Figura 14. Patrón de radiación: elevación de la antena Loco M5



(c) Elevación vertical



(d) Elevación horizontal

Fuente: Datasheet

C. Adaptador inyector POE

Este dispositivo es utilizado para suministrar mediante el uso de un cable Ethernet. En la Figura 15, se muestra el aspecto físico del adaptador inyector POE.

Figura 15. Adaptador inyector POE



Fuente: Ubiquiti

En la Tabla 4, se detallan las especificaciones técnicas del adaptador inyector POE.

Tabla 4. Especificaciones del adaptador inyector POE.

ESPECIFICACIONES	VALOR TÉCNICO
Voltaje de salida	24 V DC, 0.5 A
Voltaje de entrada	90 -260 V AC
Eficiencia	70%
Regulación de línea	0.50%
Regulación de carga	1%
Frecuencia de conmutación	200KHz
Temperatura de operación	20 a 85°C
Humedad de operación	5 a 90%

Fuente: Datasheet

2.2.12. Batería UPS

Este componente permitirá la alimentación del sistema mediante la alimentación de los dispositivos conectados para el enlace de comunicación en el transmisor (Figura 16 y 17).

El termino UPS significa *Uninterruptable Power Supply*, es un dispositivo que permite el flujo de energía eléctrica y se encargan de proteger todos los dispositivos conectados cuando existe una variación (disminución y alza de la energía eléctrica).

En la Tabla 5, se detallarán las especificaciones técnicas de la batería Ups para la alimentación del sistema.

Tabla 5. Especificaciones técnicas de la batería APC BACK UPS.

ESPECIFICACIONES	VALOR TÉCNICO
Capacidad de potencia de salida	300 Watts/ 500 VA
Potencia de configuración	Max. 300 Watts/500 VA
Voltaje de salida nominal	230 VA
Frecuencia de salida	47-63 Hz
Tiempo de transferencia	6 ms típico: máx. 10 ms
Voltaje de salida nominal	230 V
Frecuencia de entrada	50/60 Hz

Fuente: Datasheet

Figura 16. Aspecto físico frontal de la batería UPS



Figura 17. Aspecto físico posterior de la batería UPS.



2.2.13. TIA Portal

Definido como *Totally Integrated Automation* (TIA) Portal, es un software desarrollado por Siemens, es utilizado para llevar a cabo operaciones y monitoreos de procesos de control para las plantas e industrias de producción.

Es utilizado para facilitar los diversos procesos industriales, reduciendo tiempos en la producción y permitiendo que se trabaje con la mínima intervención del personal para la realización de los procesos requeridos por las industrias de los diferentes sectores del mercado nacional e internacional.

2.2.14. SCADA

Definido como *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA), es un software que permite supervisar y controlar procesos industriales de manera remota o a distancia con el uso de sensores dentro de los sistemas.

Este programa de software se puede instalar fácilmente en los equipos, servidores que principalmente cumplan con los requisitos mínimos para su instalación.

Las ventajas de utilizar SCADA son:

- Permite restringir y registrar los accesos mediante accesos limitados para la visualización por parte de los usuarios.
- Permite la realización de acciones sobre el servidor u ordenador en donde se halla instalado mediante la ejecución de un archivo.

2.3. MARCO METODOLÓGICO

2.3.1. Tipo de investigación

La investigación de la presente tesis es de tipo aplicada tecnológica, porque se hace uso de las telecomunicaciones para el control y monitoreo mediante el uso del PLC y el desarrollo del radioenlace utilizando antenas y otros componentes que permitirán optimizar el abastecimiento de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas para la perforación y extracción de rocas, trabajos realizados para la extracción de minerales en el yacimiento de la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa.

Significando la implementación de este sistema la optimización de la productividad, controlar los insumos para evitar pérdidas de materia prima lo que generaría para la empresa Famesa Explosivos S.A.C. ahorro y evitar pérdidas económicas por el control y supervisión del funcionamiento de la unidad fábrica en los trabajos que realizan y serán supervisados desde la estación base (oficina de producción de la empresa Famesa Explosivos S.A.C.).

2.3.2. Metodología de la investigación

A. El sistema propone el control y monitoreo del abastecimiento de insumos para la aplicación de la técnica de la voladura de rocas, para optimizar el uso de la unidad fábrica mediante la transferencia de información de los insumos que ha descargado mediante las condiciones de uso del taladro. Por lo mencionado el sistema requerirá de los permisos de necesarios por parte de la empresa Famesa Explosivos S.A.C., y también el permiso que brindan los dueños de la mina por la implementación de la torre para adaptar la parte de comunicación y realizar el enlace de comunicación punto a punto.

B. La realización de la tesis será realizada en la mina Cerro Verde de Arequipa, en el trabajo de mezclado y descarga realizado por la empresa Famesa Explosivos S.A.C., los cuales son especialistas en trabajo, fabricación, manipulación y comercialización de explosivos para el sector de la minería.

- C.** La obtención de los valores de porcentajes se trabaja con sensores que se encuentran incorporados en los galones de la unidad fábrica, lo que permitirá que esta información sea monitoreada y validada mediante la estación base (oficina de producción de la empresa Famesa Explosivos S.A.C.) para analizar el funcionamiento y las pérdidas que podría haber del mezclado realizada para la aplicación de la técnica de la voladura de rocas por la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa.
- D.** La presente tesis está basada en la siguiente metodología mencionada en el siguiente proceso:
- Análisis de requerimientos para el control y abastecimiento de insumos utilizados por la unidad fábrica para la aplicación de la técnica de la voladura de rocas en la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa, por lo que se buscara equipos y procesos utilizados para dicha técnica que actualmente se realicen en procesos de la minería nacional e internacional.
 - Establecer los procesos requeridos para la realización del sistema mediante la realización de un diagrama de bloques y además un diagrama de bloques del funcionamiento, separando el proceso de automatización con el de telecomunicaciones.
 - Establecer el algoritmo para trabajar con el PLC y el agregado de cada uno de los insumos requeridos para la mezcla realizada por la unidad fábrica mediante los valores de porcentajes.
 - Diseñar un radioenlace de un enlace punto a punto mediante un software de Radio Mobile posicionando cada uno de los puntos, analizar la existencia de elevaciones y establecer cada uno de los parámetros para obtener los requerimientos de las antenas.
 - Implementación de toda la parte de comunicación para establecer el enlace punto a punto entre la estación base

(posicionando la antena, el área de monitoreo) y la unidad fábrica (switch, conexión con el PLC y posicionamiento de la antena transmisora).

- Establecer el sistema SCADA, en donde se visualizará el proceso realizado por la unidad fábrica para el abastecimiento de insumos y el mezclado para la aplicación de la técnica de voladura de rocas para la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa.
- Realizar la validación del sistema de control y monitoreo de abastecimiento de los insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas en el yacimiento de la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa.

2.4. MARCO LEGAL

2.4.1. Ley 29 783 - Ley de la seguridad y la salud del trabajo

A. Artículo I

En este artículo se menciona la importancia de que las empresas, industrias o centros laborales prevean a los trabajadores un sistema de prevención de riesgos y para proteger la salud y vida de los trabajadores.

B. Artículo XXVI

En este artículo se menciona que las empresas, industrias o centros laborales deben promover aplicaciones de mejora para velar por la salud de los trabajadores y mucho más en actividades que pongan en riesgos su vida de estos.

2.4.2. Ley 30 229 – Ley de armas de fuego, municiones, explosivos, productos pirotécnicos y materiales relacionados de uso civil

A. Artículo XLIV

Se menciona a la Superintendencia Nacional de Control de Servicios de Seguridad, Armas, Municiones y Explosivos de uso Civil – SUCAMEC como la encargada de brindar las autorizaciones que permitan la creación de los explosivos mediante el uso de materias primas o insumos requeridos.

B. Artículo XLVI

Se refiere a la fabricación, comercialización y traslados de explosivos y materiales, las cuales se regulan por la SUCAMEC debiendo cumplir según lo estipulado en su reglamento y con las guías correspondientes.

C. Artículo LII

Se refiere a la manipulación de los explosivos y materiales por parte del personal los cuales deberán estar en constante capacitación.

2.4.3. Ley 29022- Ley de expansión de la infraestructura en Telecomunicaciones.

A. Artículo I

Se refiere a la ley que establece un régimen a nivel nacional, basado en la instalación y expansión del servicio de las telecomunicaciones promoviendo la obtención de medidas y promover la inversión para la mejora de infraestructura y se presten los servicios de telecomunicaciones requeridos a la sociedad.

B. Artículo VII

El estado debe observar el uso por parte de las entidades y administrarlo de manera en que se cumplan las responsabilidades previstas para mantener un ordenamiento legal.

2.5. ARQUITECTURA

En la Figura 18, se muestra la arquitectura propuesta para el desarrollo del sistema de control y monitoreo del abastecimiento de insumos mediante el uso de la unidad fábrica para la aplicación de la técnica de voladura de rocas en la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa. El desarrollo de este sistema contempla trabajar el sistema primero con la etapa de automatización desarrollando un algoritmo e interfaz gráfico para agregar los rangos de porcentajes para la realización de las mezclas mediante la utilización de la unidad fábrica y en la segunda etapa el desarrollo de un radioenlace punto a punto para comunicar la estación base con la unidad

fábrica para monitorear los insumos y evitar pérdidas de estos, optimizando el proceso que se realiza actualmente de manera manual y evitando poner en riesgo la salud de los trabajadores mediante el desarrollo e implementación del sistema en los trabajos de la aplicación de la técnica voladura de rocas en la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa.

Figura 18. Arquitectura del sistema de control y monitoreo



CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CONTROL DE INSUMOS REQUERIDOS PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE LA VOLADURA DE ROCAS

3.1.1. Situación actual de la mina Cerro Verde

La Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A se encarga de operar el complejo minero Cerro Verde en donde se ubica un yacimiento utilizado para la extracción de cobre, plata y molibdeno (Cerro Verde, 2019).

A. Aspecto geográfico de la mina Cerro Verde

- Departamento: Arequipa
- Provincia: Arequipa
- Distrito: Uchumayo

En la Figura 19 y 20, se muestra la ubicación geográfica del yacimiento de la mina Cerro Verde.

Figura 19. Ubicación geográfica de la mina Cerro Verde



Fuente: Google Earth

Figura 20. Mina Cerro Verde del departamento de Arequipa



Fuente: Rumbo minero

B. Extracción de minerales

Son los encargados de producir los siguientes minerales mediante el uso de los yacimientos:

- El 21% de cobre a nivel nacional.
- El 44% de molibdeno a nivel nacional.

En la Figura 21, se muestra el proceso de extracción del cobre trabajado en la mina Cerro Verde del departamento de Arequipa.

Figura 21. Proceso de extracción de cobre



Fuente: Cerro Verde

3.1.2. Situación actual de los trabajos realizados por parte de la empresa Famesa Explosivos S.A.C.

La empresa Famesa Explosivos S.A.C., cuenta con aproximadamente 70 años presentes en el sector de la minería y son especialista en el trabajo, fabricación, comercialización y manipulación de explosivos y accesorios.

Ofreciendo productos de calidad y buscando siempre innovar en su servicio para ofrecerle la mejor atención a sus clientes.

Su mercado internacional se encuentra exportando a más de 6 países y buscando nuevos convenios para futuras proyecciones.

Sus productos y servicios propuestos por la empresa dentro del mercado de la minería son los siguientes:

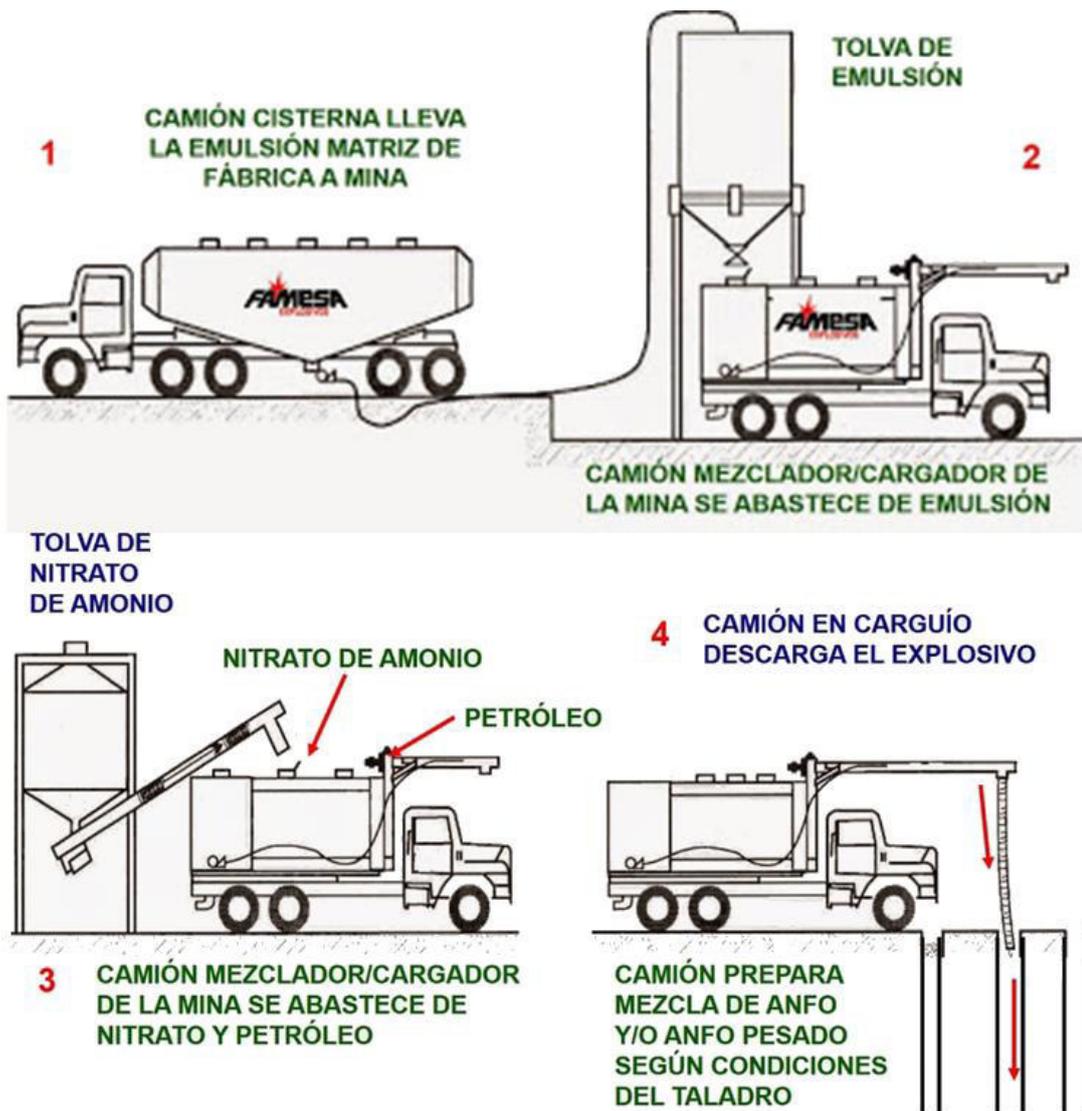
- Sistema de iniciación
- Altos de explosivos
- Agentes de voladura
- Materias primas
- Accesorios requeridos para procesos.

3.1.3. Proceso de trabajo de la unidad fábrica para la aplicación de la técnica de voladura de rocas

El proceso de funcionamiento de la unidad fábrica (Figura 22) para la aplicación de la técnica de voladura de rocas se encuentra basado en 4 procesos que se mencionaran a continuación:

- La unidad fábrica es llevada a la mina.
- La unidad fábrica se abastece de insumos (emulsión).
- La unidad fábrica se abastece de nitrato y petróleo.
- La unidad fábrica realiza las perforaciones con taladro para posteriormente descargar la mezcla de manera subterránea para detonar ciertas áreas y obtener los minerales.

Figura 22. Proceso de funcionamiento de la unidad fábrica.



3.1.4. Insumos requeridos para la mezcla de detonación o explosivo

A. Nitrato de amonio

Es un compuesto químico inorgánico altamente reactivo usado para la creación de explosivos en el sector de la minería (El País, 2020).

Su fórmula química es NH_4NO_3 , se encuentra formada por 33% de Nitrógeno (N), 60% de Oxígeno (O) y el 7% de Hidrogeno (H), según el peso.

Caracterizado por ser de baja densidad y de alta absorción al petróleo, se estima que, en el 2017, se han producido a nivel mundial 21,6 millones de toneladas.

Es utilizado como fertilizante y para mezclas explosivos aplicadas en la minería subterránea y superficial, obras civiles. En la Figura 23, se muestra el aspecto físico del nitrato de amonio.

Figura 23. Aspecto físico del nitrato de amonio



En la Tabla 6, se detallan las principales especificaciones técnicas del compuesto de nitrato de amoniaco detallando los valores mínimos y máximos.

Tabla 6. Especificaciones técnicas del nitrato de amonio.

ESPECIFICACIONES	UNIDAD	VALOR TÉCNICO
Pureza	%	Min. 98.5
Humedad	%	Max. 0.3
pH	solución 10 %	Min. 4.5
Insoluble al agua	%	Max. 0.8
Densidad de aparente	g/cm	0.72- 0.80
Absorción del petróleo	%	Min. 8.0

A. Solución acuosa de nitrato

Es denominada una solución oxidante caracterizada por ser de tipo aceite en agua, se encuentra en una fase acuosa dispersa (Famesa Explosivos, 2020).

No es considerado un material prima explosiva, hasta que llega a mezclarse con otros explosivos de tipo Anfo debido a la elevada energía y resistencia de agua. Este compuesto es utilizado para operaciones de tajo abierto empleando la unidad fábrica en donde se sensibiliza para los explosivos de tipo Anfo y formas agentes de voladura.

En la Figura 24, se muestra el aspecto físico de la solución acuosa de nitrato.

Figura 24. Aspecto físico de la solución acuosa de nitrato



En la Tabla 7, se detallan las especificaciones técnicas de la solución acuosa de nitrato.

Tabla 7. Especificaciones técnicas de la emulsión acuosa de nitrato.

ESPECIFICACIONES	VALOR TÉCNICO
Aspecto físico	Pastoso
Color	Beige
Densidad	1.3 ±3 %
Viscosidad en condiciones normales	Min. 10 000
Resistencia al agua	Excelente

A. Petróleo

Es un aceite mineral de color negruzco, con menor densidad que el agua, se encuentra principalmente en rocas sedimentarias. Denominado como la fuente de energía del mundo moderno, utilizado como materia prima en las industrias petroquímicas básicas como la minería (Petro Perú, 2020).

Se origina de la materia prima formada por los restos de los organismos, vegetales y animales que habitan en el mar, lagunas o desembocaduras (Figura 25).

Es utilizado como componente en aproximadamente el 60% de productos químicos y mezclas utilizadas en el mercado nacional e internacional.

Figura 25. Aspecto físico del petróleo crudo



Fuente: Petroperú

A. Nitrito

Es un compuesto químico inorgánico perteneciente al ciclo del nitrógeno dentro del medio ambiente, y se puede unir fácilmente a otros compuestos inorgánicos y orgánicos formando sales. Son solubles al agua, y estables al ácido; es importante mencionar que son la principal fuente de la contaminación difusa (Cavero y Ibáñez, 2011).

B. Agua

Es la sustancia, su fórmula química es H_2O se encuentra compuesta por átomos Hidrógeno (H) y Oxígeno (O), es el principal sostenimiento del planeta para el ecosistema. Es utilizada como componente en las fases de la industria para la transformación por parte de los hidrocarburos.

3.2. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE VOLADURA DE ROCAS

3.2.1. Requerimientos propuestos para técnica

La propuesta de la realización de la tesis se encuentra basada los siguientes requerimientos:

- Realizar un sistema fácil de adaptar y desplazar en la unidad fábrica para que se realice un óptimo y eficiente uso y se pueda aplicar dentro del proceso de la técnica de voladura de rocas.
- Mencionar que el sistema deberá adaptarse y reestructurar la unidad fábrica debido a que se incorporaran nuevos componentes para cumplir con la implementación del sistema propuesto en la presente tesis.
- Se propone la realización del sistema para la medición de parámetros para la obtención de valores y porcentajes de los insumos para evitar las pérdidas de mezcla y usos inadecuados de los mismos que podría ocasionar graves problemas o situaciones ambientales en los alrededores.

- Se propone que se realice la transferencia de información para el control y monitoreo del mismo lo que permitirá analizar que se cumpla con el desarrollo de la técnica de voladura de rocas.
- Realización de un monitoreo constante del funcionamiento y descarga de la mezcla por parte de la unidad fábrica.
- Contar una interfaz de monitoreo eficiente en el control de insumos con porcentajes para visualizar de manera fácil los porcentajes que se viene mezclando y ver el uso eficiente de los mismos.
- Obtención de reportes para los estudios y análisis futuros.

3.3. DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA UTILIZADO PARA CONTROLAR Y MONITOREAR EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE VOLADURA DE ROCAS EN LA MINA

3.3.1. Especificaciones técnicas del sistema

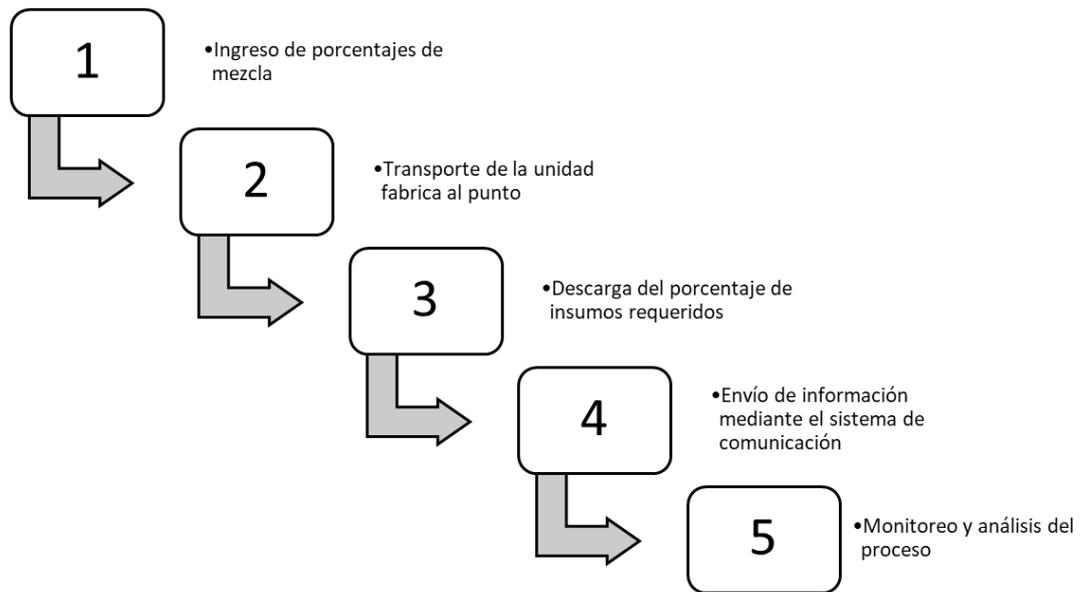
La presente tesis propone el desarrollo de un sistema de control y monitoreo de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas y por la cual se encuentran basadas en las siguientes especificaciones técnicas:

- Optimización de procesos.
- Comunicación de manera eficiente.
- Transferencia de información.
- Exportación de archivos a formato (.exe).
- Monitoreo del proceso de uso de insumos y valores de descarga utilizados por la unidad fábrica y monitoreados por el área de producción de la empresa.
- Analizar el funcionamiento de la unidad fábrica en los trabajos realizados en la mina para las mejoras de producción y la realización del mantenimiento (preventivo y correlativo de la unidad).

3.3.2. Diagrama de bloques del sistema

La presente tesis se encuentra basada en el desarrollo de un sistema propuesto para abastecer de insumos utilizados por la unidad fábrica mediante el siguiente diagrama de bloques (Figura 26).

Figura 26. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema.



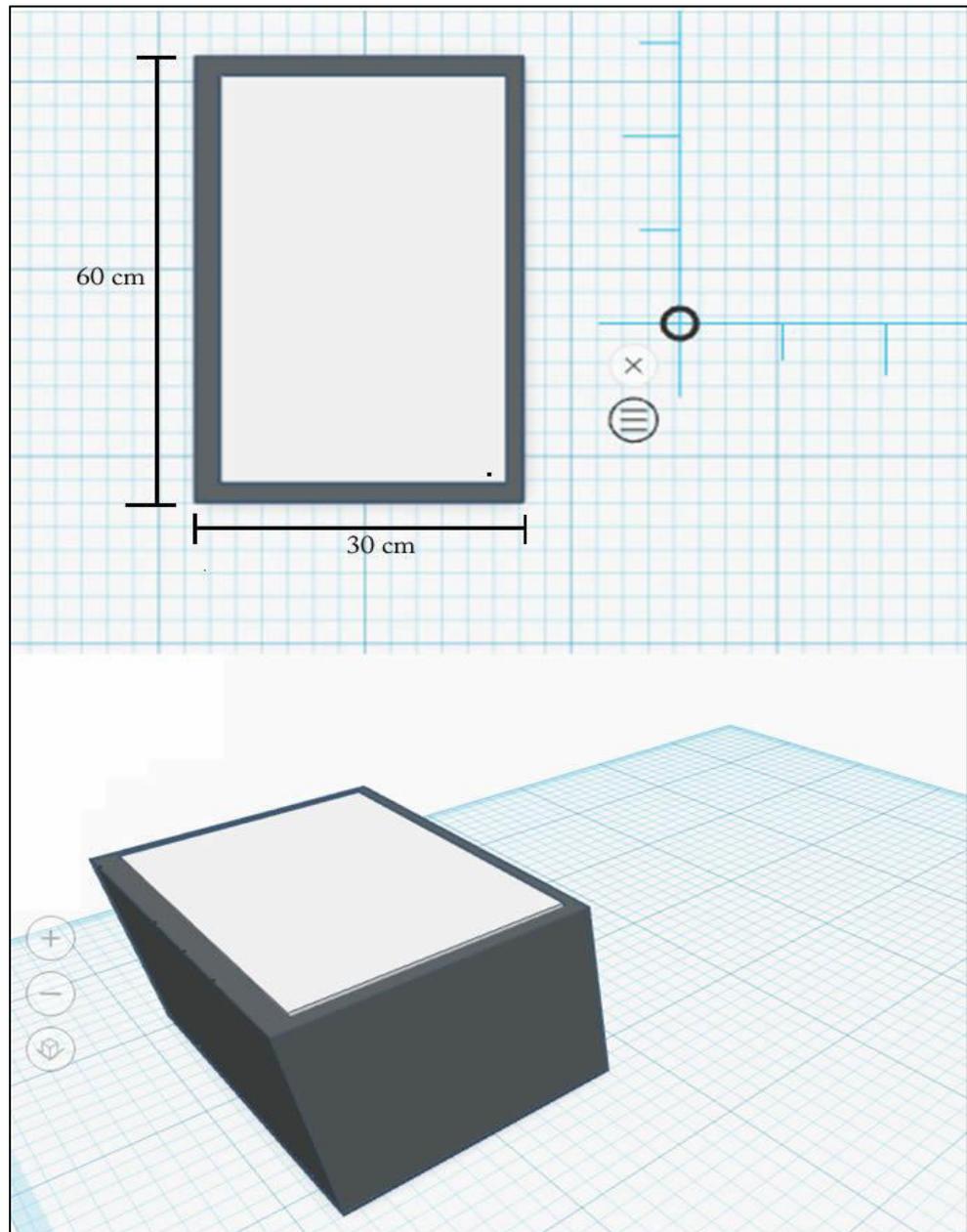
- A. Ingreso de valores de mezclado:** Se encuentra basado en un estudio que realizan los especialistas en minería para la perforación de la roca y que se determina según la dureza de la roca.
- B. Transporte:** Es el desplazamiento de la unidad después del llenado de los galones con cada uno de los insumos requeridos para la mezcla. Y luego poder llevarla al lugar requerido en donde se realizarán las perforaciones y descarga.
- C. Descarga:** Mediante el uso del taladro se procederá con las perforaciones por donde se descargará la mezcla de los insumos para el proceso de perforación de las rocas.
- D. Transmisión de datos:** Se propuso un punto en la localización basada en el punto de transmisor, para que una vez pase por ahí el vehículo el operador deberá presionar el interruptor y empezar él envió de información mediante la utilización del sistema de comunicación punto a punto.
- E. Monitoreo de información:** Este proceso está propuesto el desarrollo mediante la utilización del software TIA portal y así mismo descargarlo en formato (.exe).

3.3.3. Diseño de la caja de control

En la presente parte, se muestra el diseño de la estructura en donde se incorporará los equipos de control y automatización que será incorporado dentro de la unidad fábrica.

Y el cual cuenta con las siguientes medidas (60 cm x 40 cm x 30cm), las cuales son ideales para colocar el PLC y algunos otros accesorios, tal como se muestra en la Figura 27.

Figura 27. Diseño de la caja de control



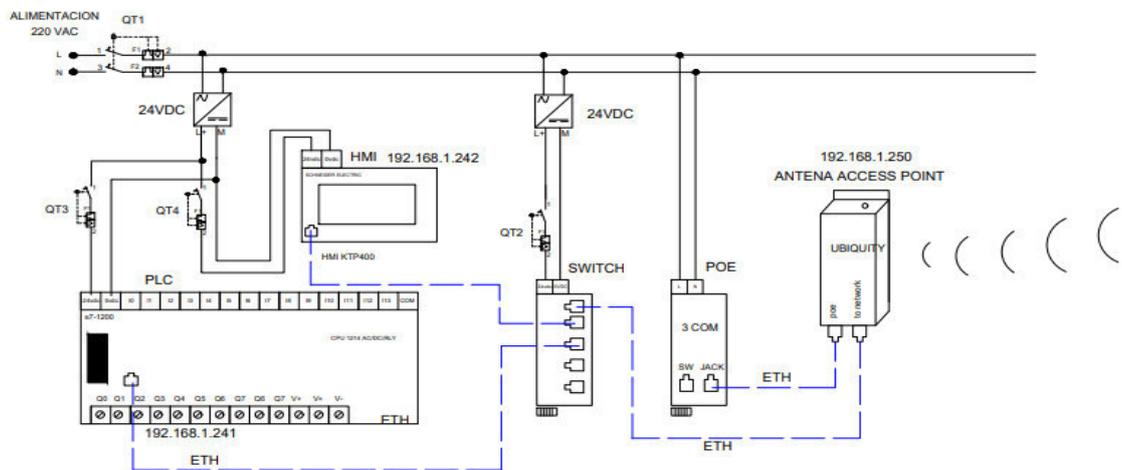
3.4. DISEÑAR E IMPLEMENTACION DE UN RADIOENLACE DE COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO ENTRE LA ESTACIÓN BASE Y LA UNIDAD FÁBRICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS

Para la realización de la presente tesis, se tomará en cuenta el posicionamiento del transmisor y receptor para la transmisión de datos concernientes al abastecimiento de insumos para el control y monitoreo para la aplicación de la técnica de voladura de rocas.

3.3.4. Diseño del sistema

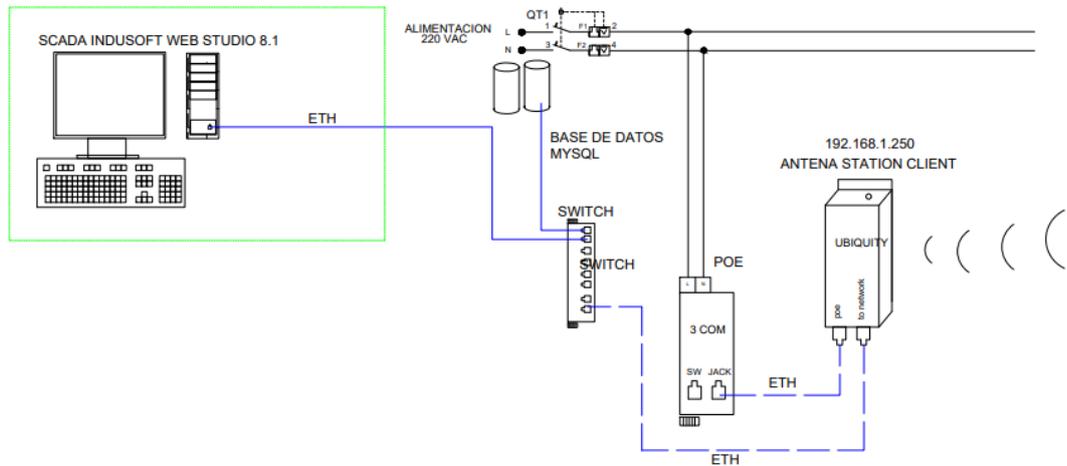
Para la realización del sistema se encuentra compuesto de dos partes la primera es la incorporación de los equipos de telecomunicaciones para el envío de información y la adaptación de los mismos dentro de la unidad fábrica conectando el PLC mediante su puerto de conexión Ethernet a un switch y este a su vez conectarlo a la antena sectorial loco M5 (Figura 28).

Figura 28. *Diseño de la arquitectura del sistema para TX*



En la segunda parte, es la oficina de producción a donde se propone la recepción de información para la obtención de datos del control de insumos y abastecimiento de la unidad fábrica, por lo que se realiza un proceso de adaptación de equipos a la red y se posicionara la antena receptora (Figura 29).

Figura 29. *Diseño de la arquitectura del sistema para RX*



3.4.1. Posicionamiento de los puntos

El punto de transmisión (Tx) se encuentra ubicado en la siguiente localización (Figura 30) en el cual se considerará el punto de descarga de datos y serán transferidos a la oficina de producción:

- Latitud: 71° 36' 3.362" W
- Longitud: 16° 32' 53.761" S

Figura 30. *Punto del trasmisor*



Fuente: Google Earth

El punto de recepción (Rx) se encuentra ubicado en la siguiente localización (Figura 31):

- Latitud: 71° 36' 1.847" W
- Longitud: 16° 32' 50.298" S

Figura 31. Receptor (Oficina de producción)



Fuente: Google Earth

La distancia aproximada entre los puntos para la realización del radioenlace de comunicación punto a punto es 116 metros, teniendo en cuenta que el punto receptor se encuentra la oficina de producción y el otro punto se encuentra el punto de descarga de datos e información para la transmisión de los mismos.

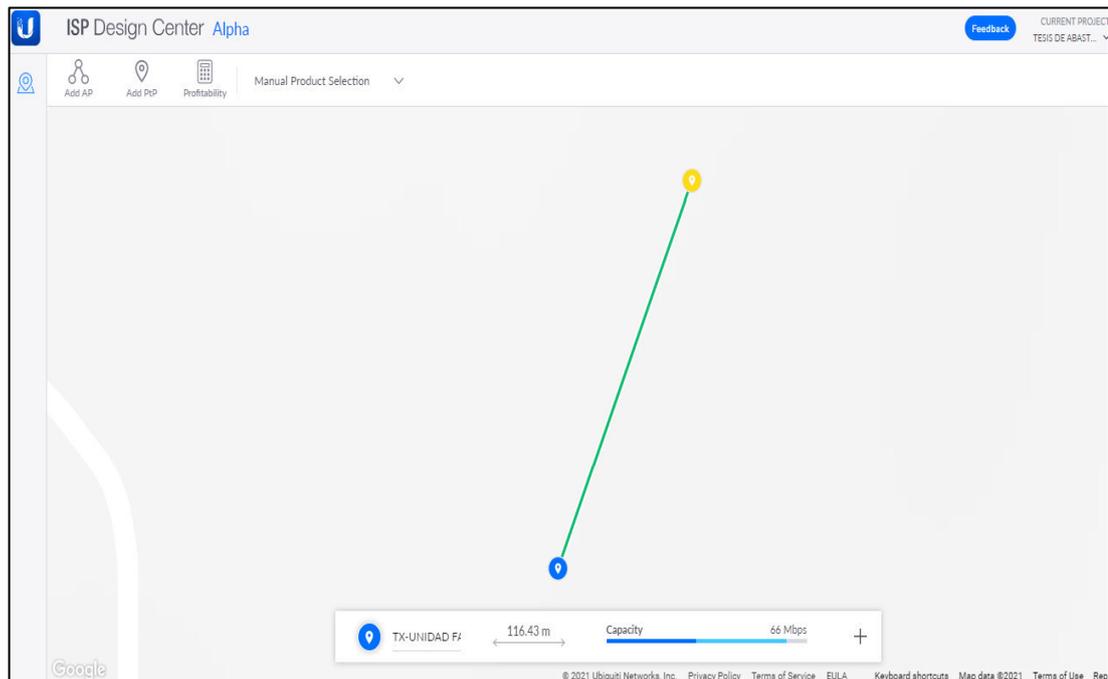
Así mismo, se plantea la instalación de equipos y componentes que nos permitan cumplir con los objetivos propuestos para la realización de la presente tesis.

A. Diseño de radioenlace de comunicación punto a punto

Para la realización del diseño del radioenlace se utilizará un software en línea (*Air Link*) para el diseño, posicionamiento del punto transmisor y receptor (Figura 32).

Mencionando que la distancia entre el transmisor (Azul) y receptor (Amarillo) son 116 metros aproximadamente.

Figura 32. Simulación de los puntos en AIRLINK.



Por lo que, posicionando los puntos y realizando el diseño con la antena sectorial NanoStation M5 y posicionando un promedio de 3 metros de altura desde el piso para el posicionamiento de las antenas transmisora y receptora.

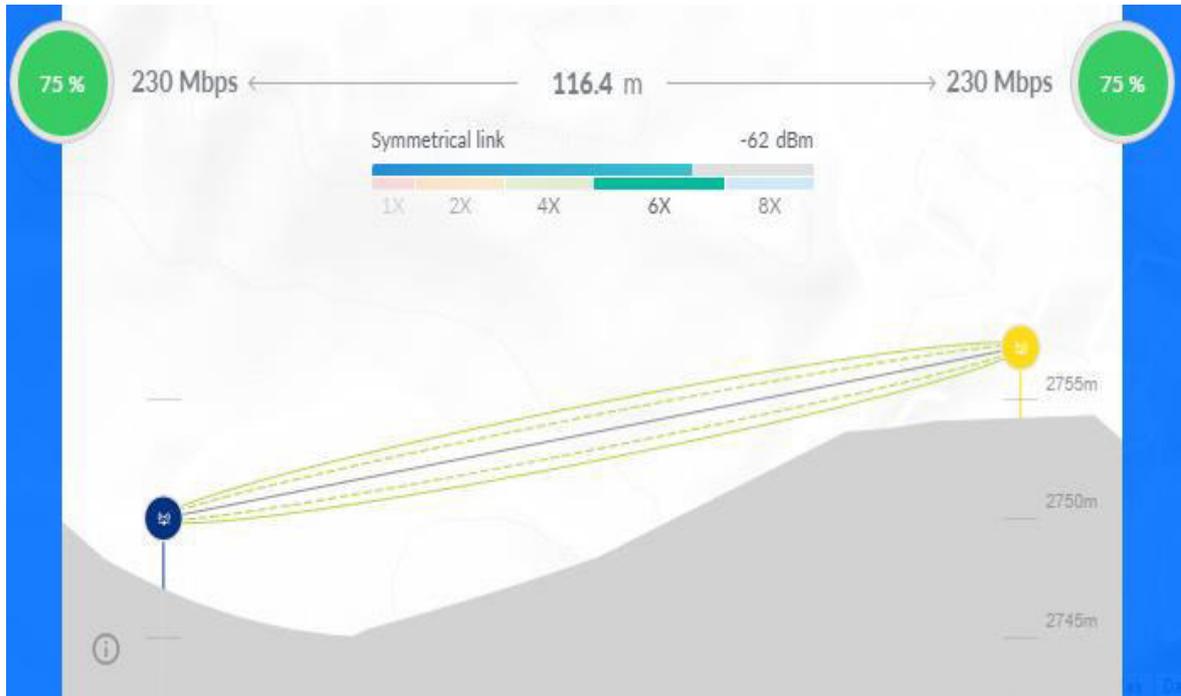
En la Figura 33, Se obtiene la siguiente configuración para el punto del transmisor (a) y en el receptor (b).

Figura 33. Parámetros de configuración para el diseño del radioenlace



Finalmente, en la Figura 34, se muestra el diseño obtenido con los parámetros con los cuales se realizará la implementación del enlace punto a punto.

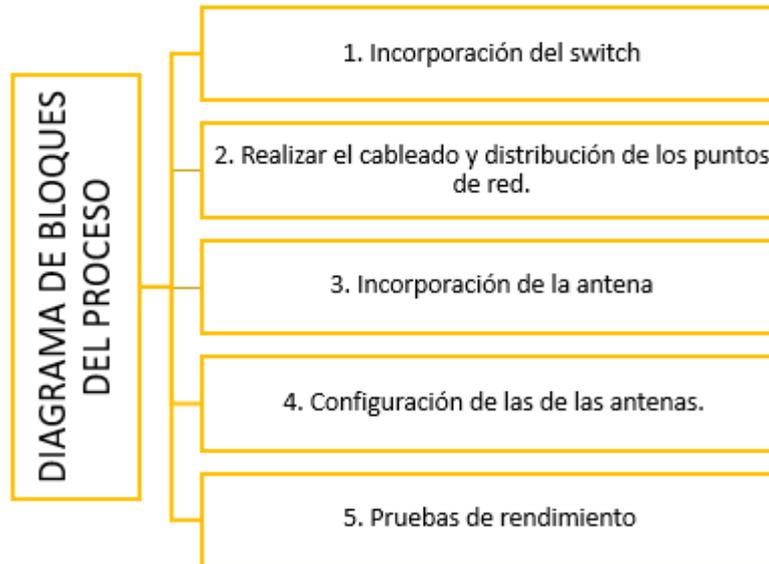
Figura 34. Obtención del diseño del radioenlace



3.4.2. Implementación de equipos para enlace punto a punto

Para la realización, del presente proceso de implementación se planteó un diagrama de bloques con la finalidad de cumplir de manera óptima y sistematizada cada uno de los pasos (Figura 35).

Figura 35. Diagrama de bloques del proceso



Se inició adaptando un switch de 8 puertos para poder incorporar el punto de conexión entre el sistema y la red para posteriormente realizar el proceso de configuración y análisis de rendimiento (Figura 36).

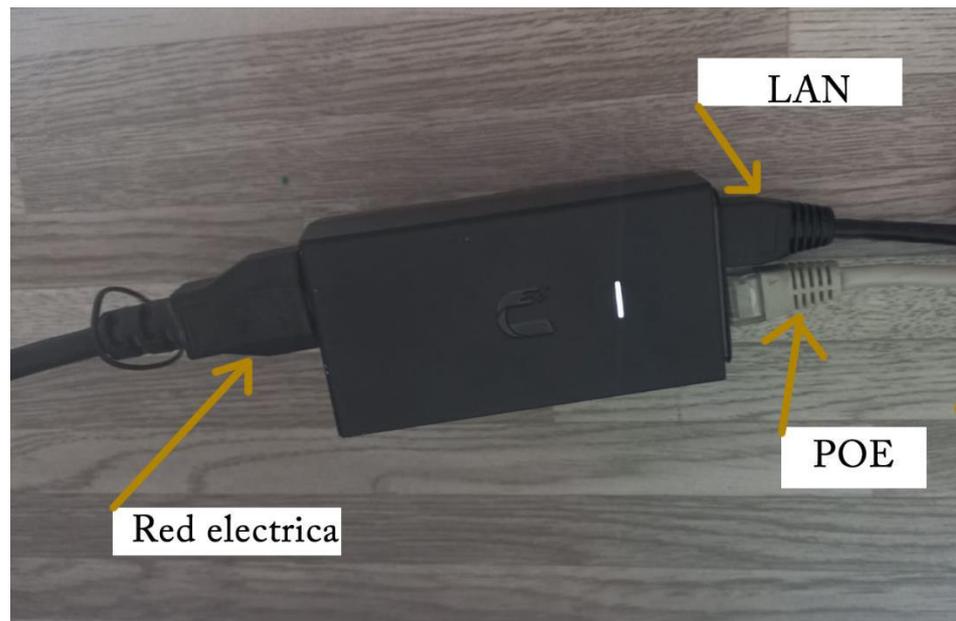
Figura 36. Adaptación del Switch y las conexiones



Seguidamente, se adaptó el inyector conectado a un punto de alimentación de corriente (125 V, 10 A) en donde se conectan dos cables de red categoría 6 para que la transmisión de datos sea más confiable y trabaje en mejor rendimiento.

Para adaptar esta parte se conecta el cable de red al puerto LAN del switch y al punto de conexión LAN del inyector (Figura 37).

Figura 37. Inyector POE/LAN



Y posteriormente, se coloca un segundo cable de red para conectar el puerto POE a la antena mediante su puerto *MAIN* (Figura 38).

Figura 38. Conexión al puerto Main de la antena



Seguidamente, en la Figura 39, se conecta a la alimentación y se comprueba que la antena se encuentre encendida (mediante la visualización de sus leds que tiene incorporados en la parte superior).

Figura 39. Encendido de la antena sectorial



Es importante mencionar, que este mismo proceso se realizara tanto para la configuración y adaptación de la antena transmisora y receptora en ambos puntos para el enlace de comunicación entre la unidad fábrica y la oficina de producción de la empresa Famesa Explosivos S.A.C. ubicados en la mina cerro verde de Arequipa (Figura 40).

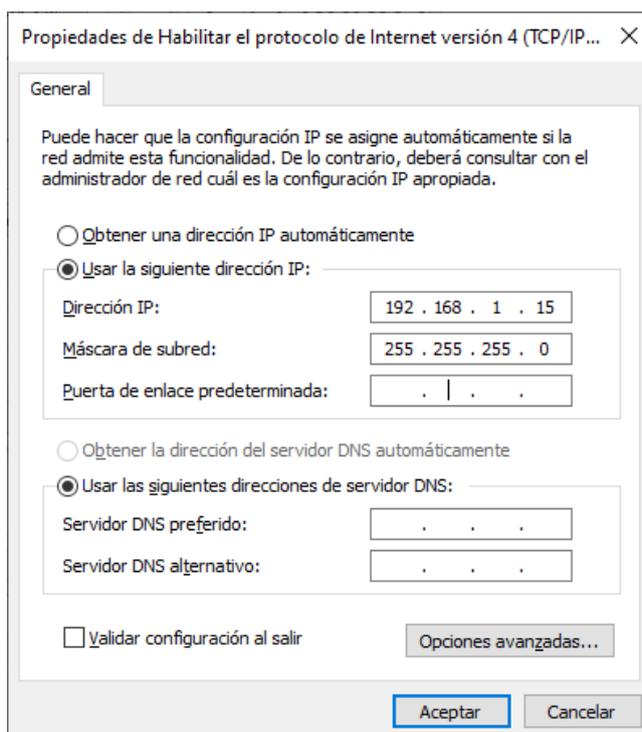
Figura 40. Implementación y configuración



3.4.3. Configuración de las antenas

Se inició el proceso de configuración asignando una dirección IPv4 estática a la computadora (192.168.1.15 con máscara 255.255.255.0), con la finalidad de que el ordenador se encuentre en la misma red en la que se encuentra la antena sectorial loco M5, tal como se muestra en la Figura 41.

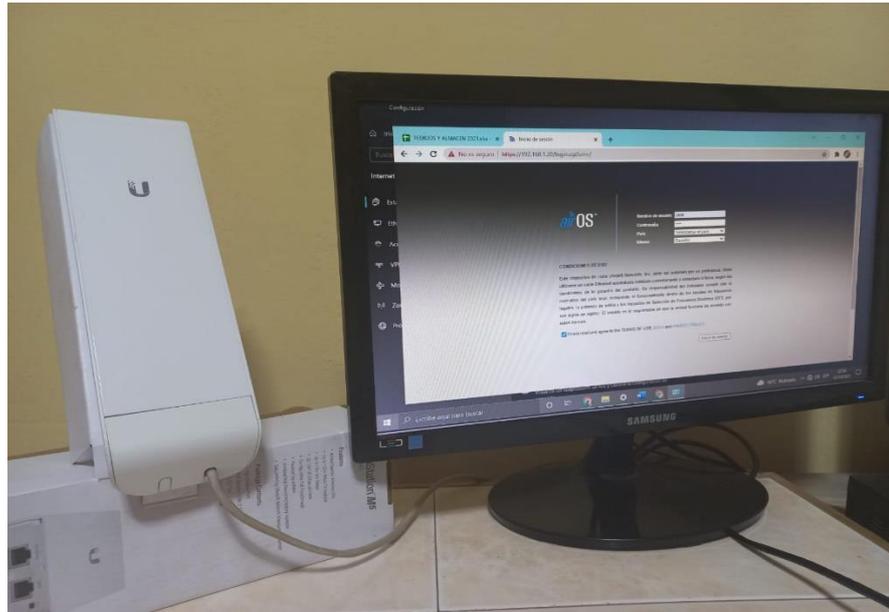
Figura 41. Configuración de la dirección IP de la computadora



- **Para la antena Transmisor (Tx):**

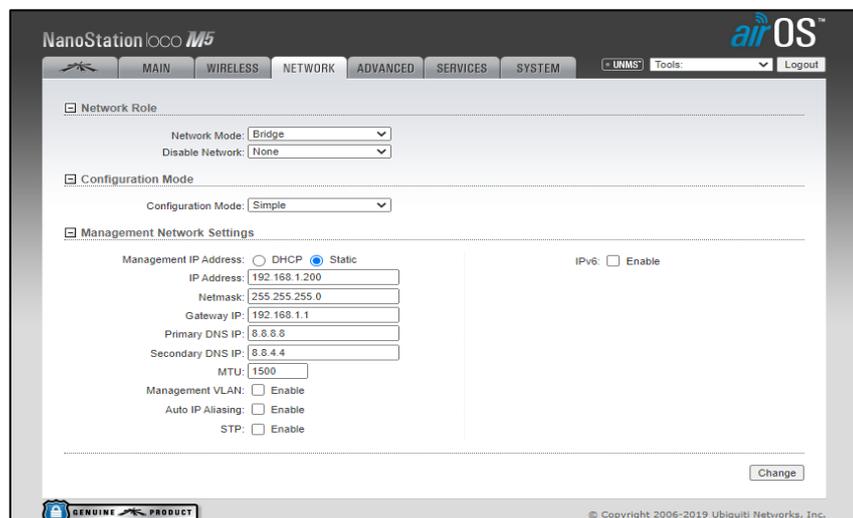
Se ingresa al navegador, se colocó la dirección IP 192.168.1.20 y se ingresa la información predeterminada propuesta por el fabricante (usuario y contraseña del administrador), mostrado en la Figura 42.

Figura 42. Etapa de configuración de la antena



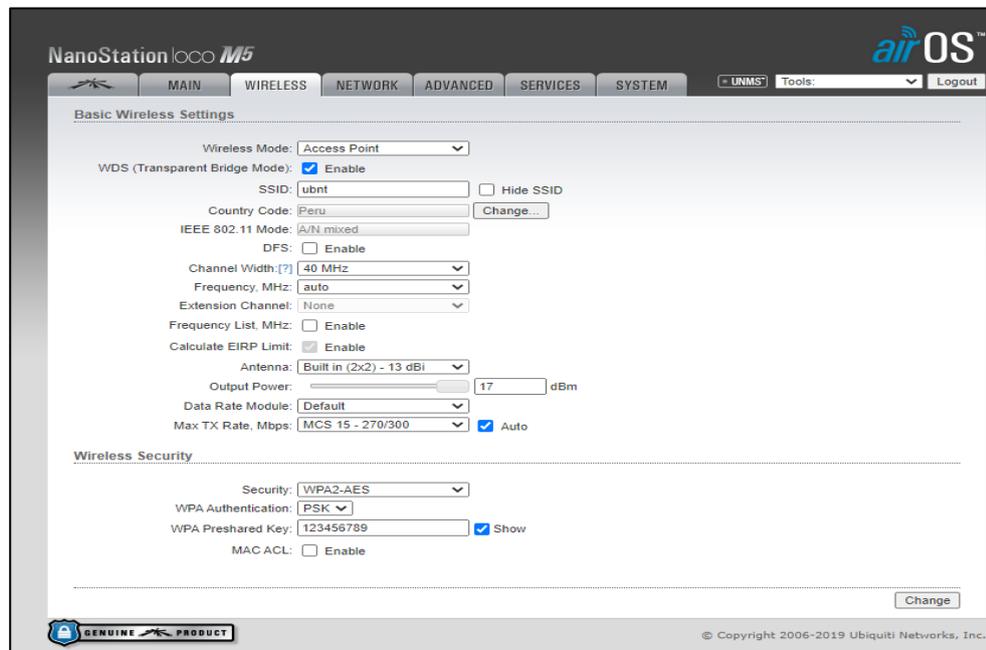
Seguidamente, se ingresó a la opción Network, y configura el modo de máscara de red de la antena en **MODO PUENTE** (Figura 43), así mismo, se agrega la dirección de puerta de enlace predeterminada.

Figura 43. Configuración de la antena Tx



Seguidamente en la pestaña **Wireless** se deberá configurar el modo **ACCESS POINT** ingresando una contraseña para configuración de la red con comunicación punto a punto (Figura 44).

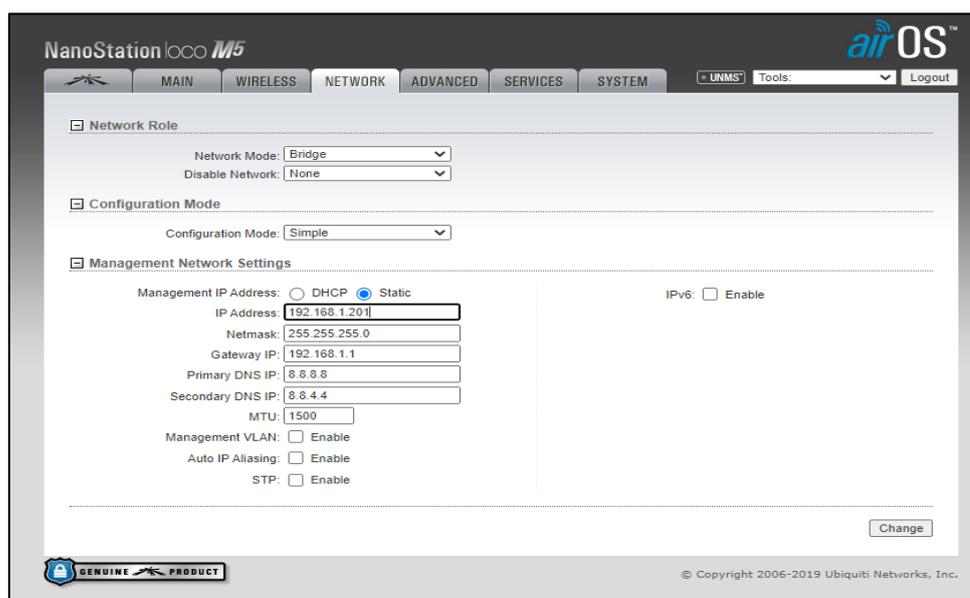
Figura 44. Configuración de la antena Tx II.



- **Para el receptor (Rx):**

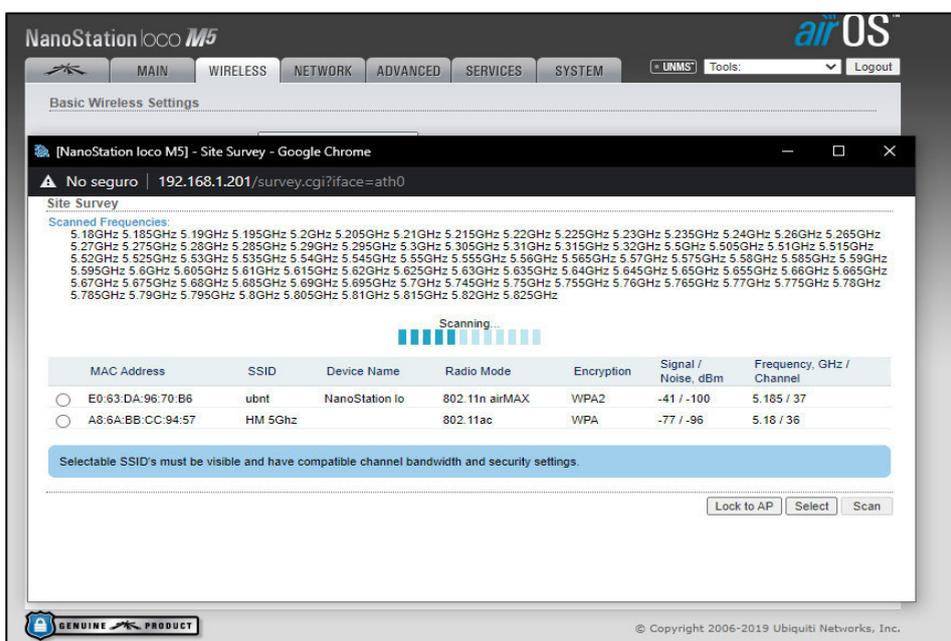
Se inicio el proceso configurando dirección IP en la computadora, para posteriormente ingresar con la información predeterminada modificando en la pestaña de Network la dirección IP (Figura 45) de la antena al 192.168.1.201.

Figura 45. Configuración de la antena RX I.



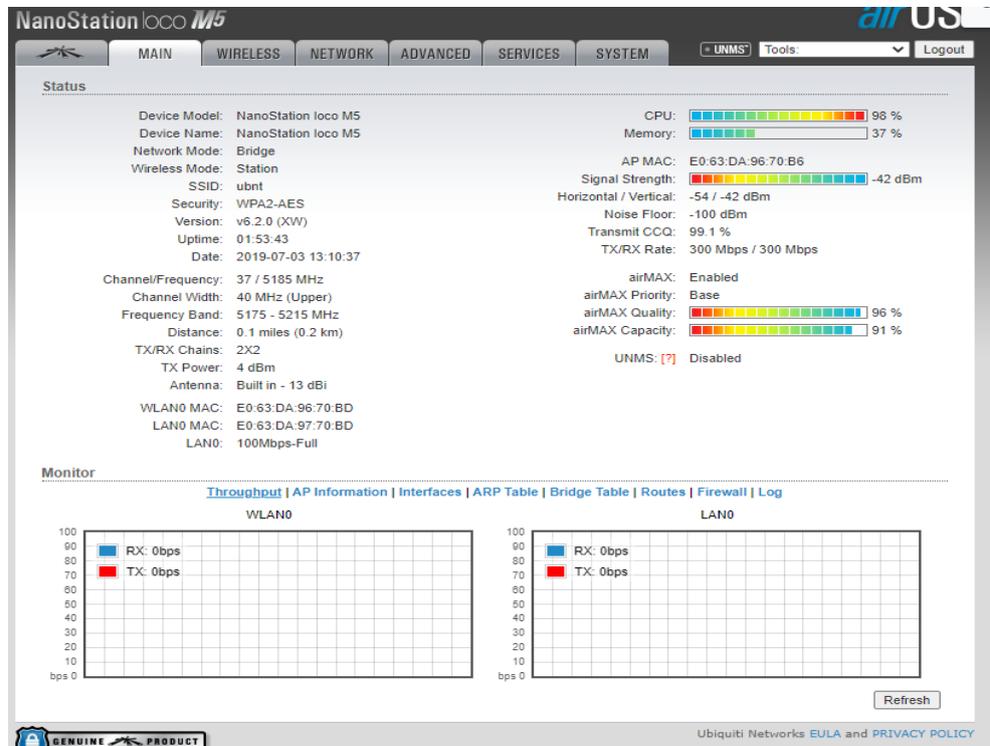
Seguidamente en la opción **Wireless** se configurará en modo estación para establecer la comunicación punto a punto (Figura 46). En SSID se inicia el escaneo de señales que se encuentran transmitiendo en modo **ACCESS POINT**.

Figura 46. Configuración de la antena RX II



Obteniendo, los parámetros e información presentes en el radioenlace elaborado tales como la distancia, el canal utilizado, la frecuencia, entre otros (Figura 47).

Figura 47. Configuración y trabajo de las antenas



Posteriormente, para el envío de mensajes y una vez teniendo las antenas conectadas se realiza las pruebas de rendimiento para el análisis del funcionamiento y en envío de mensajes entre el transmisor y el receptor (Figura 48 y 49).

Figura 48. Pruebas de rendimiento y comunicación I

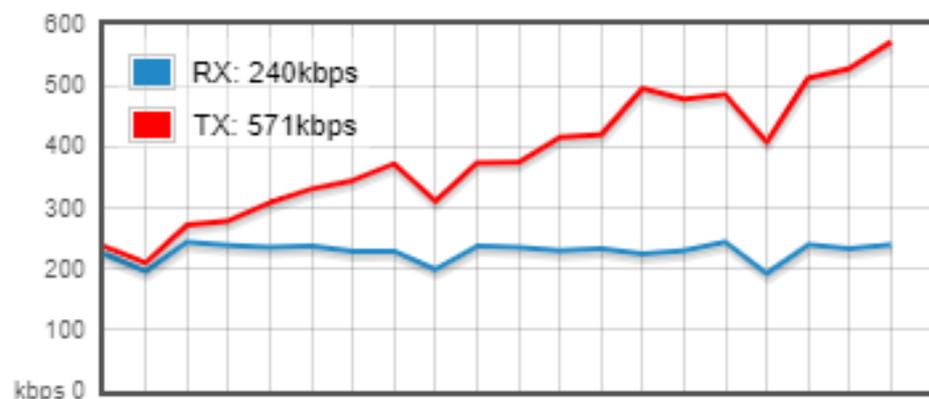


Figura 49. Pruebas de rendimiento y comunicación II

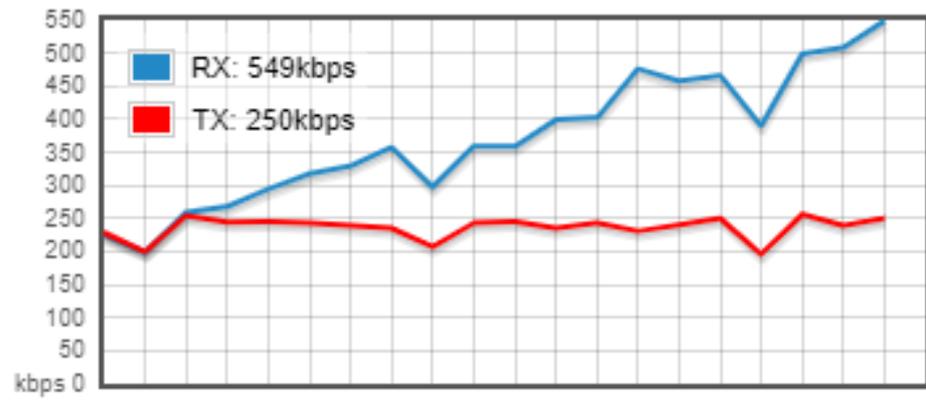
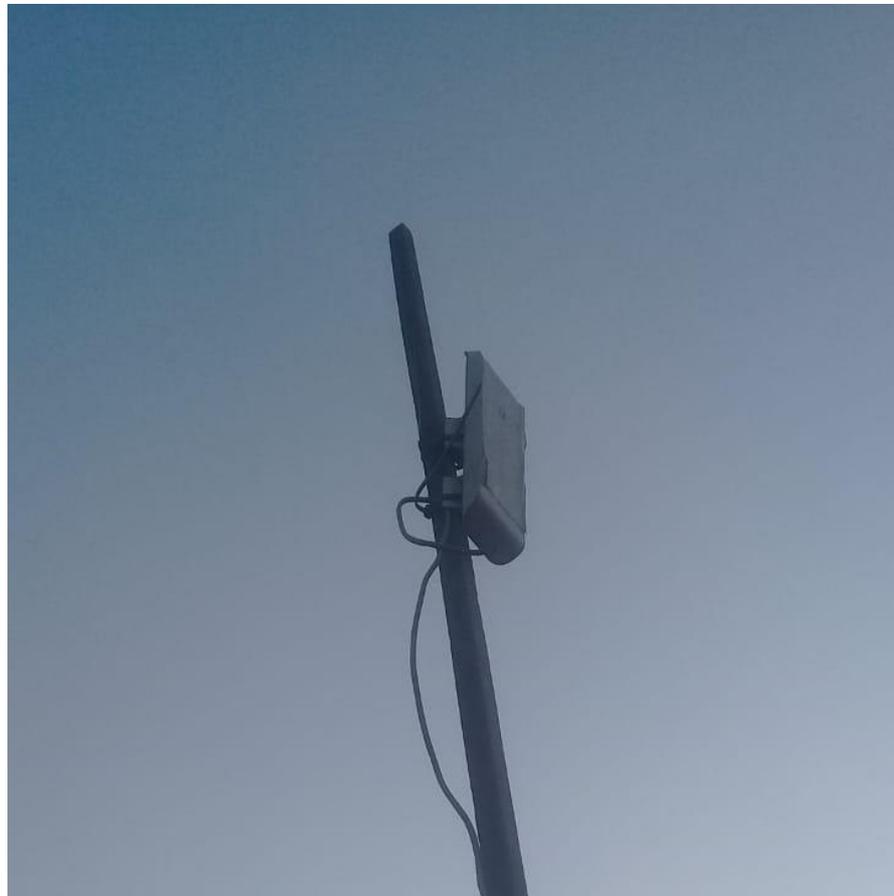


Figura 50. Antena Receptora ubicada a los exteriores de la Oficina de producción



3.5. REALIZACIÓN DEL INTERFAZ PARA EL COMUNICACIÓN DEL PLC Y LA ESTACIÓN BASE PARA EL MONITOREO DEL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS

3.5.1. Adaptación del sistema e incorporación del PLC

Para la incorporación de la etapa de control se adaptó el PLC 1215C SIEMENS incorporado en una estructura en donde se encuentran adaptados la llave monofásica en la parte interna y por la parte frontal se encuentran los variadores que son requeridos para agregar los porcentajes de la mezcla que se requiere para la extracción de los minerales dentro de la mina. Así mismo, cuenta con una pantalla KTP y dos pulsadores de colores rojo y verde para la descarga de la mezcla y la transmisión de información (Figura 51).

Figura 51. Implementación del PLC



Figura 52. Sistema de control I.

En las Figuras 53 y 54, se muestran la estructura con todo los accesorios y equipos adaptados a la unidad fábrica que serán llevados dentro de la mina para el proceso de mezcla y descarga para la extracción de minerales mediante la aplicación de la técnica de voladura de rocas.

Figura 53. Sistema de control II (adaptación a la unidad fábrica).



Figura 54. Adaptación del sistema.



CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO

4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

4.1.1. Recursos humanos

En la Tabla 8, se menciona las descripciones de las actividades y costos por parte del personal para el desarrollo de la presente tesis iniciando desde la fase de estudio y análisis de requerimientos hasta la verificación del funcionamiento del sistema de control y monitoreo de abastecimientos de insumos de la unidad fábrica para la técnica de voladura de rocas en la mina de Cerro Verde de Arequipa.

Tabla 8. Recursos humanos

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	PERSONAL	MESES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Programador de PLC	1	6	1200.00	7200.00
Ingeniero minero	1	3	1800.00	5400.00
Ingeniero mecatrónico	1	5	1800.00	9000.00
Operador	1	5	1800.00	9000.00
COSTO TOTAL DE RR.HH.				30 600.00

(s/. precio en soles)

4.1.2. Recursos materiales

En la Tabla 9, se muestran los materiales y componentes requeridos para la implementación del sistema de control y monitoreo del abastecimiento de insumos para la aplicación de la técnica de la voladura de rocas en la mina Cerro Verde de Arequipa.

Separando las actividades de automatización y la transferencia de información para analizar cada una de las partes de la presente realización de la tesis.

Tabla 9. Recursos materiales

ACTIVIDAD	MATERIALES Y COMPONENTES	PRECIO TOTAL
Implementación del PLC	01 Interruptor automático Siemens	27.00
	01 Fuente de código 24v	90.00
	01 Selector manual	5.00
	01 Pulsador verde	5.00
	01 Pulsador rojo	5.00
	01 Pulsador negro	5.00
	01 Tablero para adosar	180.00
	01 PLC Siemens 1215C	1650.00
	01 KTP Siemens 400 PN 4"	1500.00
Transferencia de información	02 Antenas sectoriales y accesorios	700.00
	01 Rollo Cable Ethernet Cat.5E	150.00
	01 Switch de 4 puertos	400.00
COSTO DE RECURSOS MATERIALES		4 717.00

4.1.3. Recursos de software

En la Tabla 10, se muestran los softwares de simulación y programas informáticos que fueron utilizados para el desarrollo de la presente tesis y la implementación del sistema de control y monitoreo del abastecimiento de insumos para aplicar la técnica de voladura de rocas para la perforación y extracción de rocas.

Tabla 10. Recursos de software

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
Radio Mobile	0.00
Microsoft Office	350.00
SCADA	2 550.00
TIA Portal	0.00
COSTO DE RECURSOS DE SOFTWARE	2 900.00

(s/. Precio en soles)

4.1.4. Otros gastos

En la Tabla 11, se muestra los materiales, equipos, herramientas y otros gastos que son contempladas en segundo lugar que no serían requeridos en una inversión y como propuesta para promover la producción y optimización de las unidades fábrica para el control y abastecimiento de insumos.

Tabla 11. Otros gastos realizados

MATERIAL O HERRAMIENTA	PRECIO TOTAL
Capacitación en automatización	1500.00
Traslado de materiales y equipos	200.00
Computador	3500.00
COSTO DE OTROS GASTOS	5 200.00

(s/. Precio en soles)

4.1.5. Gastos Totales

En la Tabla 12, se muestran los gastos generados para el desarrollo del sistema de control y monitoreo del abastecimiento de insumos para aplicar la técnica de voladura de rocas en la mina Cerro Verde de Arequipa para el desarrollo de la presente tesis.

Tabla 12. Gastos totales de la tesis.

COSTOS DE LOS RECURSOS	PRECIO TOTAL
Costo en Recursos humanos	30 600.00
Costo en Recursos materiales	4 717.00
Costo en Recursos de software	2 900.00
Otros gastos	5 200.00
GASTO TOTAL DEL DESARROLLO DE LA TESIS	43 417.00

(s/. Precio en soles)

4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS

4.2.1. Beneficios tangibles

Para el desarrollo del sistema de control y monitoreo para el abastecimiento de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas en la mina Cerro Verde, el cual propone mejorar la calidad, la productividad y verificación del llenado de galones con materias primas, el mezclado que se realiza en la unidad fábrica.

Por lo que se propone una utilidad del 25% de los gastos generados por el desarrollo del sistema.

En la Ecuación 7, se muestra el cálculo del precio total que costará el precio por el adaptación y desarrollo del sistema en otras unidades para la empresa.

$$Precio_{Total} = Gasto_{Total} + Utilidad \quad (7)$$

Reemplazando:

$$Precio_{Total} = Gasto_{Total} + 25\%$$

$$Precio_{Total} = 43\,417.00 + 25\%$$

$$Precio_{Total} = 54\,271.00$$

4.2.2. Beneficios intangibles

El desarrollo del sistema de control y monitoreo para contemplar los siguientes beneficios para la productividad y la optimización de sus materias primas (insumos) para el área de producción de la empresa Famesa Explosivos S.A.C.:

- Control y monitoreo del abastecimiento de insumos evitaría pérdidas de tiempo en la productividad, por la información que se obtendrá de los porcentajes de los valores y de los valores de descarga que se desea entregar (descarga subterránea mediante el uso del taladro) para la aplicación de la técnica de voladura de rocas para la perforación y extracción de las rocas para posteriormente retirar los minerales.
- El análisis de la información obtenida de las materias primas mediante la incorporación del algoritmo y el mezclado para posteriormente la descarga servirá para conocer la productividad de la unidad fábrica en el trabajo que realizan en la mina Cerro Verde.

- La información obtenida servirá para conocer los valores normales de los parámetros y en caso no se cumplirá dichos parámetros, se analizaría la realización de mantenimientos preventivos en caso sea necesario.
- Con dicha información obtenida la empresa Famesa Explosivos S.A.C., permitirá la creación de planes estratégicos para mejorar la calidad de su servicio y convertirse en una empresa competitiva en el sector minero a nivel nacional e internacional.
- Mediante esta información se podrá conocer que los algoritmos y rangos que se estén trabajando sean los correctos para evitar problemas en los trabajos mineros, en la salud de los trabajadores y problemas medioambientales en las poblaciones que habitan a los alrededores de la mina.

4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

4.3.1. Desarrollo de flujo de caja

En la Tabla 13, se detalla el flujo de caja de la implementación del sistema con un análisis de los cinco primeros años, analizando cada uno de los gastos generados en los recursos utilizados, la inversión inicial del sistema y los montos de egresos e ingresos para la implementación del sistema en otras minas para mejorar el servicio y ofrecerlo a otras mineras a nivel nacional e internacional.

Tabla 13. Flujo de caja

AÑO	0	1	2	3	4	5
INGRESOS						
MONTO DE INGRESO		S/54,271.25	S/54,271.25	S/54,271.25	S/54,271.25	S/54,271.25
NUMERO DE VEHICULOS IMPLEMENTADOS		1	2	3	4	5
TOTAL DE INGRESOS	S/0.00	S/54,271.25	S/108,542.50	S/162,813.75	S/217,085.00	S/271,356.25
EGRESOS						
INVERSION INICIAL	S/43,417.00					
RECURSOS HUMANOS	S/30,600.00					
RECURSOS MATERIALES	S/4,717.00					
RECURSOS DE SOFTWARE	S/2,900.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
GASTOS EXTRA	S/5,200.00	S/2,500.00	S/2,500.00	S/2,500.00	S/2,500.00	S/2,500.00
PRODUCCION		S/16,717.00	S/16,717.00	S/16,717.00	S/16,717.00	S/16,717.00
EGRESO	S/43,417.00	S/19,217.00	S/19,217.00	S/19,217.00	S/19,217.00	S/19,217.00
TOTAL DE EGRESO	S/43,417.00	S/62,634.00	S/81,851.00	S/101,068.00	S/120,285.00	S/139,502.00
FLUJO DE CAJA NETO	-S/43,417.00	-S/8,362.75	S/26,691.50	S/61,745.75	S/96,800.00	S/131,854.25

4.3.2. Análisis de VAN

Para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) se analizará con una inversión inicial de 43 417.00 nuevos soles y con un tiempo de proyección de 5 años.

En la Ecuación 8, se muestra la fórmula para calcular el Valor Actual Neto.

$$VAN = Inv. + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad (8)$$

$$VAN = 720\,865.19$$

En donde:

- F_j: Representa al flujo neto del periodo
- Inv.: Representa a la inversión inicial
- i: Tasa de descuento de inversión
- n= Horizonte de evaluación

4.3.3. Análisis de TIR

Para el cálculo de la Tasa de Interés de Retorno (TIR) se analizará con una inversión inicial de 43 417.00 nuevos soles y con un tiempo de proyección de 5 años.

En la Ecuación 9, se muestra la fórmula para calcular Tasa de Interés de Retorno.

$$TIR = Gasto_{total} + Utilidad \quad (9)$$
$$TIR = 80\%$$

Conclusiones

Mediante la investigación y desarrollo del sistema se inició el proceso de prueba y de validación de datos de los insumos mediante el radioenlace de comunicación punto a punto, obteniendo una base de datos con los porcentajes que ayudarán para estudios futuros y traerán mejoras a la empresa Famesa Explosivos S.A.C.

Los beneficios de la presente tesis significan un gran avance en innovación para la aplicación de la técnica de voladura de rocas que permitan detonar las rocas y permitir mejoras en la extracción de los minerales dentro de los yacimientos mineros.

Mediante la aplicación del monitoreo propuesto el sector de producción analizará el funcionamiento de mezclado y descarga de los insumos para la aplicación de la técnica de la voladura de rocas.

En la aplicación de las telecomunicaciones se propone propuestas como el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas para el monitoreo remoto, que en este caso permita no poner en riesgo la salud de los operadores mineros.

Recomendaciones

Se recomienda mediante esta propuesta realizar actividades de procesos y técnicas dentro de la minería que permitan automatizar los procesos y técnica dentro del sector, que mediante estos procesos se permita cuidar la salud de los operadores mineros sin afectar tampoco la salud de los habitantes de los alrededores, mediante el monitoreo de los valores de descarga por parte de la unidad.

La aplicación de las telecomunicaciones propone el desarrollo de un enlace punto a punto entre la estación base y la unidad fábrica en donde se propone la aplicación de nuevos sensores dentro del sistema para darle más funcionalidades y mantener un control eficiente dentro de los yacimientos mineros.

Él recomienda un uso eficiente del sistema y capacitar al personal a cargo debido a las graves consecuencias que ocasionaría un uso inadecuado.

Glosario

- **Interfaz:** Es un dispositivo que cumple con la función de transformar las señales generadas por un aparato o dispositivo.
- **Power over Ethernet- POE:** Es una tecnología que utiliza la alimentación eléctrica a un conjunto de dispositivos que se encuentran conectados a una red.
- **Siemens:** Conjunto de empresas alemanas y una marca a nivel internacional dedicados a la fabricación de productos de alta potencia en el mundo físico y digital debido a los beneficios que ofrece a sus clientes.
- **Superintendencia Nacional de Control de Servicios de Seguridad, Armas, Municiones y Explosivos de Uso Civil – SUCAMEC:** Es una organización técnica que se encuentra especializada en el ámbito de seguridad, comercio de producción de explosivos y pirotécnicos
- **Ubiquiti:** Empresa fabricante de productos de comunicación inalámbrica de alto rendimiento.

Referencias

- Aguirre, D. (2017). *Diseño y construcción de un modelo de antena para recibir la información de satélites meteorológicos de órbita polar en formato HRPT en 1.7 GHz*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional San Agustín]. Repositorio Institucional de la UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2861>.
- Amores, A.G. y Quingatuña, O. (2017). *Diseño e implementación de un sistema SCADA, utilizando redes de comunicación industrial para el control distributivo de sistemas hidráulicos y neumáticos en el laboratorio de hidrómica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga*. [Tesis de licenciatura, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga]. Repositorio de Dspace. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13104>
- Automation (24 de marzo de 2019). *Siemens CPU 1215C - 6ES7214-1AG40-0XB0*. <https://www.automation24.biz/siemens-cpu-1215c-6es7214-1ag40-0xb0>
- Brunete, A., Herrero R. y San Segundo P. (2020). *Introducción a la automatización industrial*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Barrera, A., Chagolla, H., Ibáñez, J., Méndez, A. y Rangel, D. (2014). Diseño e implementación de una red de comunicaciones industriales tipo SCADA. *Pistas educativas*, 35(108), 139-164. <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1379>
- Boscán, L. (2010). *Diseño de un sistema de control mediante PLC para las instalaciones de aire acondicionado central (agua helada) e iluminación de un edificio de laboratorios*. [Tesis de licenciatura, Universidad Central de Venezuela]. <https://es.scribd.com/document/427157903/Tesis-final-Luis-Boscan-pdf>
- Bohórquez, J., Páez, H. y Zamora, R. (2015). Programación de Controladores Lógicos (PLC) mediante Ladder y Lenguaje de Control Estructurado (SCL)

en MATLAB. *Revista Facultad de Ingeniería*, 24(39), 109-119.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v24n39/v24n39a10.pdf>

Cavero, M. Y. y Ibañez, M. A. (2011). *Determinación de la concentración de nitritos y nitratos en aguas subterráneas impactadas por la minería artesanal en el cerro El Toro, Shiracmaca-Huamachuco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo].
<https://docplayer.es/155122862-Cavero-bernal-maria-yovana-ibanez-rojas-miguel-angel-trujillo-peru.html>

Cervantes, J. y Vega, G. (2018). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para mejorar el proceso de recubrimiento de estaño en placas de cobre en la empresa polivalente servicios industriales E.I.R.L.* [Tesis de licenciatura. Universidad Ricardo Palma]
<http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2468/JCERVANTES%20%26%20GVEGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cumapa, E. R., Dionicio, G. y Vicente, P. (2018). *Diseño de un sistema de radioenlaces en la banda de 400 MHz para el monitoreo y control de estaciones de Sedapal en el esquema de Cieneguilla* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Callao]
<http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3436>

Dannemann, V. (2019). *América Latina: riqueza minera y conflicto social*. Deutsche Welle. <https://www.dw.com/es/am%C3%A9rica-latina-riqueza-minera-y-conflicto-social/a-50391043>.

Diaz, R. E. (2015). *Diseño de radioenlace microondas isla san lorenzo – Campus PUCP para el proyecto Perú magneto*. [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7038>

Diaz, D. y Negrete, J. H. (2019). *Diseño de un sistema SCADA con radioenlaces para mejorar la distribución de agua potable en la ciudad de Chiclayo por parte de la empresa EPSEL S.A.* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].

[https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4069/BC-
TES-TMP-2866.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/4069/BC-
TES-TMP-2866.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Garcés, O. L. y Shagña, A. A. (2014). *Implementación de una estación de almacenamiento de probetas de distintos materiales y tamaños controlados por PLC y pantalla táctil para el laboratorio de control y automatización de procesos industriales de la escuela de ingeniería mecánica de la ESPOCH*. [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4643/1/15T00590.pdf>

Grupo Antofagasta Minerals (7 de junio 2012). *Etapas del proceso productivo de una mina*. [https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/04/01.-
Etapas-del-Proceso-Productivo-de-una-Mina.pdf](https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/04/01.-
Etapas-del-Proceso-Productivo-de-una-Mina.pdf)

Liu y Cai. (2017). *Design of Automatic Weighing System Based on RFID and PLC*. Congreso de Automatización China 2017 CAC. Jinan, China.

Ministerio de minas y energía de Colombia (15 de mayo 2015). *Glosario Técnico minero*. [https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/698204/GLOSARIO+MI
NERO+FINAL+29-05-2015.pdf/cb7c030a-5ddd-4fa9-9ec3-6de512822e96](https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/698204/GLOSARIO+MI
NERO+FINAL+29-05-2015.pdf/cb7c030a-5ddd-4fa9-9ec3-6de512822e96)

Ministerio de Energía y Minas Perú. (18 de junio del 2019). *Perú: país minero*. [http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=159&idMenu
=sub149&idCateg=159](http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=159&idMenu
=sub149&idCateg=159)

Montero, M. (2016) *Destilación simple y fraccionada como estrategia metodológica para fortalecer el aprendizaje de la separación de los componentes de una mezcla en los estudiantes de primer año de bachillerato del colegio Hernán Gallardo Moscoso de la ciudad de Loja periodo académico 2013-2014*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10859>

Pedraza, J. A. (30 de enero del 2018). Las cuatro etapas que componen el ciclo de la vida de una mina de oro. Oro Información. [https://oroinformacion.com/las-cuatro-etapas-que-componen-el-ciclo-de-
la-vida-de-una-mina-de-oro/](https://oroinformacion.com/las-cuatro-etapas-que-componen-el-ciclo-de-
la-vida-de-una-mina-de-oro/)

- Perpiñan, G. A. (2014). *Optimización de los procesos mineros realizados en el área de cantera en la planta cementera del grupo Argos, Toluviejo* [Tesis de licenciatura, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1522/1/TGT-263.pdf>
- Petroperú (11 de enero de 2020). Usos de petróleo. <https://www.petroperu.com.pe/museo/usos-del-petroleo/>
- Rocatek (15 de septiembre de 2020). *Programación Ladder PLC básica*. <http://www.rocatek.com/downloads/Programacion%20Ladder.pdf>
- Suchi, K. (2010). *Estudio e implementación de un radio enlace con tecnología MiKrotik para el I.S.P.J.J. Sistemas en el Canton Gualaquiza, provincia de Morona Santiago*. [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana] <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1061>
- Valdez, R. (2012). *Automatización de un sistema de climatización con PLC* [Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional] <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10566/1/98.pdf>.
- Vela, P. A. (2015). *Estudio y diseño de un radioenlace para la transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena "Alfa y Omega" utilizando equipos AIRMAX de Ubiquiti*. [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional] <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10776/1/CD-6315.pdf>

Anexos

A. Anexo: Hojas técnicas del componentes y materiales.

A.1. PLC 1215C

SIEMENS

Data sheet

6ES7215-1AG40-0XB0

SIMATIC S7-1200, CPU 1215C, compact CPU, DC/DC/DC, 2 PROFINET ports, onboard I/O: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 0.5A; 2 AI 0-10 V DC, 2 AO 0-20 mA DC, Power supply: DC 20.4-28.8V DC, Program/data memory 125 KB



General information	
Product type designation	CPU 1215C DC/DC/DC
Firmware version	V4.4
Engineering with	
<ul style="list-style-type: none"> Programming package 	STEP 7 V16 or higher
Supply voltage	
Rated value (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> 24 V DC 	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Load voltage L+	
<ul style="list-style-type: none"> Rated value (DC) 	24 V
<ul style="list-style-type: none"> permissible range, lower limit (DC) 	20.4 V
<ul style="list-style-type: none"> permissible range, upper limit (DC) 	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	500 mA; CPU only
Current consumption, max.	1 500 mA; CPU with all expansion modules

Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V DC
I^2t	0.5 A ² ·s
Output current	
for backplane bus (5 V DC), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	L+ minus 4 V DC min.
Power loss	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Work memory	
• integrated	125 kbyte
• expandable	No
Load memory	
• integrated	4 Mbyte
• Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	with SIMATIC memory card
Backup	
• present	Yes
• maintenance-free	Yes
• without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.08 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs; / instruction
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
OB	
• Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
Retentive data area (incl. timers, counters, flags), max.	10 kbyte
Flag	
• Number, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area
Local data	
• per priority class, max.	16 kbyte; Priority class 1 (program cycle): 16 KB, priority class 2 to 26: 6 KB
Address area	
Process image	

A.2. Switch de 5 puertos



TL-SF1005D

Switch de sobremesa con 5 puertos a 10/100 Mbps

- 5 puertos RJ45 a 10/100 Mbps con detección automática de velocidad, soporte para MDI/MDIX automático
- Tecnología de ahorro de energía para Ethernet que reduce el consumo hasta un 60%
- El control de flujo IEEE 802.3x permite una transmisión fiable de datos
- Carcasa de plástico, diseño de sobremesa
- Plug and Play, sin ninguna configuración adicional

Para qué sirve este producto

El TL-SF1005D es un switch de sobremesa con 5 puertos a 10/100 Mbps que le permite ampliar fácilmente su red de cable. Todos los puertos soportan MDI/MDIX automático, lo que le evita tener que preocuparse de qué cable debe utilizar. El TL-SF1005D soporta el modo Full Duplex y procesa los datos a una velocidad de 200 Mbps, lo que lo convierte en la opción ideal para ampliar una red de cable de altas prestaciones. Además, gracias a su innovadora tecnología de eficiencia energética, el TL-SF1005D ahorra hasta un 60% de energía eléctrica, lo que lo convierte en una solución ecológica para la red de su hogar o lugar de trabajo.



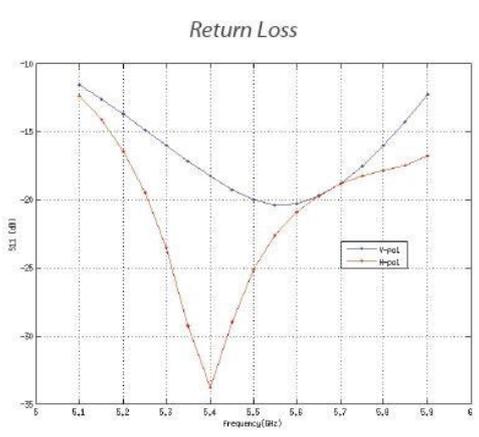
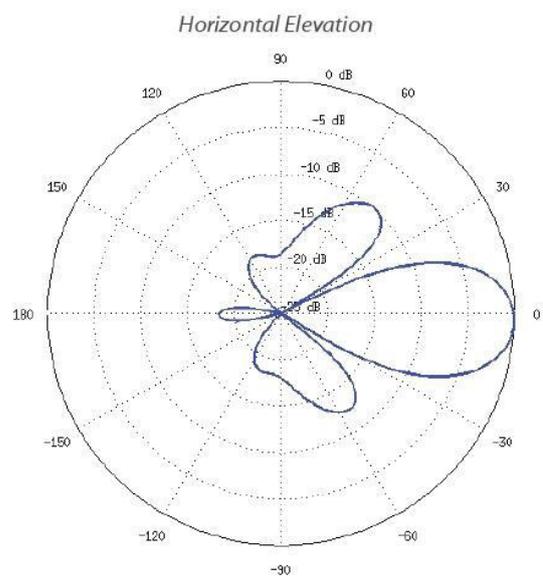
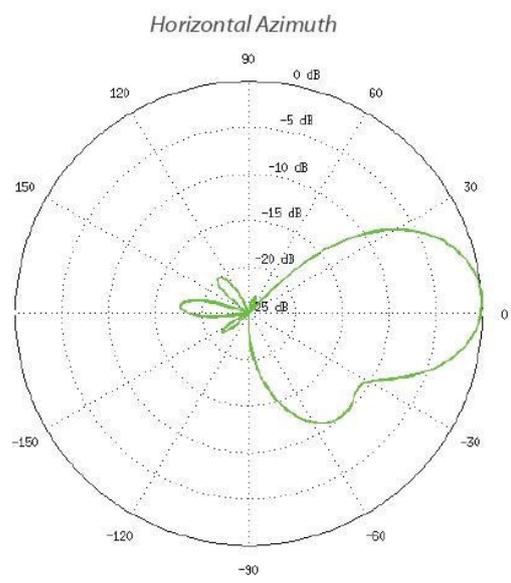
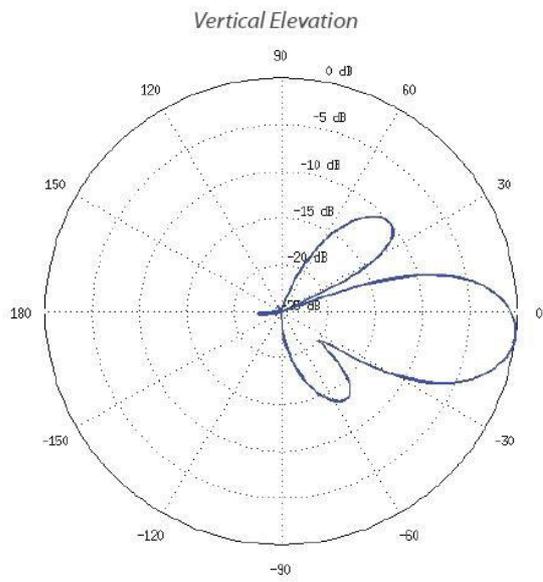
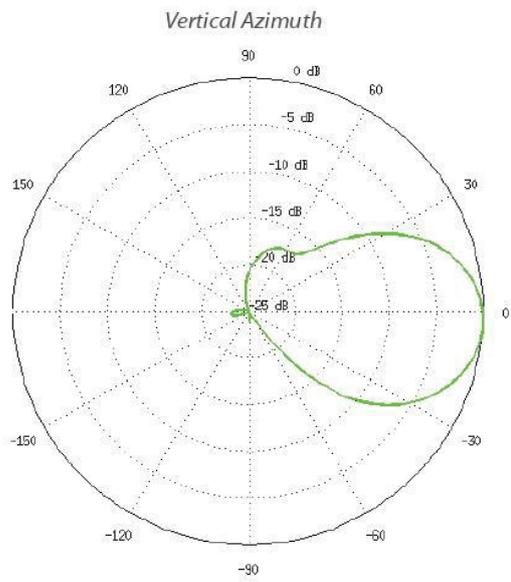
Alto Rendimiento

El switch Fast Ethernet TL-SF1005D incorpora 5 puertos RJ45 a 10/100 Mbps con negociación automática de velocidad. Todos los puertos soportan la función Auto MDI/MDIX, lo que elimina la necesidad de emplear un cable cruzado o puertos tipo Uplink. El TL-SF1005D dispone de arquitectura de switching sin bloqueos de reenvío y filtrado de paquetes a la máxima velocidad del cable para obtener un rendimiento óptimo. Soporta 10 K de jumbo frame, lo que mejora significativamente el rendimiento de las transferencias de archivos de gran tamaño. Además, su soporte para el control de flujo IEEE 802.3x en modo Full Duplex y Back-Pressure en modo Half Duplex, permite al TL-SF1005D aliviar la congestión del tráfico así como aumentar la fiabilidad de funcionamiento.

A.3. Antena Loco M5

locoM5			
Dimensions	161 x 31 x 80 mm (6.31 x 1.22 x 3.15")		
Weight	180 g (6.35 oz)		
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A		
Max. Power Consumption	5.5W		
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)		
Operating Frequency	Worldwide	USA	USA DFS
	5170-5875 MHz	5725-5850 MHz	5250-5850 MHz
Gain	13 dBi		
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port		
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz		
Memory	64 MB DDR2, 8 MB Flash		
Frequency	5 GHz		
Cross-pol Isolation	20 dB Minimum		
Max. VSWR	1.4:1		
Beamwidth	45° (H-pol) / 45° (V-pol) / 45° (Elevation)		
Polarization	Dual Linear		
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic		
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)		
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)		
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing		
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE		
RoHS Compliance	Yes		
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4		

Output Power: 23 dBm							
5 GHz TX Power Specifications				5 GHz RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24 Mbps	23 dBm	± 2 dB	11a	6-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	21 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	19 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	18 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
11n/airMAX	MCS0	23 dBm	± 2 dB	11n/airMAX	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	23 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	22 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	20 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	18 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	17 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	23 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	23 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	22 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	20 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	18 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	17 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		



A.4. UPS BR500CI-AS



APC Back-UPS RS 500VA, 230V, 3 IEC outlets BR500CI-AS

Call for More Information (0) 2 617 5555

- Includes: (2) Detachable 1.8 m IEC power cords, User manual, Warranty card

Output	
Output power capacity	300 Watts / 500VA
Max Configurable Power (Watts)	300 Watts / 500VA
Nominal Output Voltage	230V
Output Frequency (sync to mains)	47 - 63 Hz Sync to mains
Topology	Line interactive
Waveform type	Stepped approximation to a sine wave
Output Connections	(3) IEC 60320 C13
Transfer Time	6 ms typical : 10 ms maximum

Input	
Nominal Input Voltage	230V
Input frequency	50/60 Hz +/- 3 Hz Auto-sensing
Input Connections	IEC 60320 C14
Cord Length	1.8meters
Number of Power Cords	1

Batteries & Runtime	
Battery type	Lead-acid battery
Typical recharge time	10hour(s)
Replacement Battery	APCRBC125
Expected Battery Life (years)	2 - 4

Batteries & Runtime	
RBC Quantity	1
Battery Charge Power (Watts)	7 Watts
Runtime	View Runtime Graph (Available in Technical Tab on site)
Communications & Management	
Audible Alarm	Alarm when on battery : distinctive low battery alarm
Surge Protection and Filtering	
Surge energy rating	240Joules
Physical	
Maximum Height	185MM, 18.5CM
Maximum Width	115MM, 11.5CM
Maximum Depth	213MM, 21.3CM
Net Weight	4.9KG
Shipping weight	5.5KG
Shipping Height	257MM, 25.7CM
Shipping Width	190MM, 19.0CM
Shipping Depth	291MM, 29.1CM
Color	Black
Master Carton Units	1.0
Units per Pallet	60.0
SCC Codes	00731304269793
Environmental	
Operating Temperature	0 - 40 °C
Operating Relative Humidity	0 - 95 %
Operating Elevation	0 - 3048meters
Storage Temperature	-15 - 45 °C
Storage Relative Humidity	0 - 95 %
Storage Elevation	0 - 15240meters

B. Anexo: Hoja de datos de seguridad de los compuestos

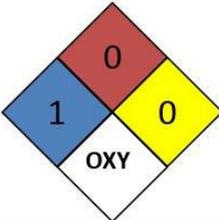
B.1. Nitrato de amonio

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑÍA				
Nombre Genérico: NITRATO DE AMONIO				
Nombre del Producto: NITRATO DE AMONIO POROSO				
Nombre de la Compañía:	Famesa Explosivos S.A.C.			
Dirección:	km 28 Autopista Ancón – Puente Piedra.			
Ciudad:	Lima			
Código Postal:	Lima 22			
Teléfono de emergencia:	(51 1) 613-9850 – (51 1) 613-9800 anexo 100			
E-mail	famesa@famesa.com.pe			
SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS				
Marca en Etiqueta	Clase	Nº UN	NFPA 704	
	5.1	1942		
Riesgos Potenciales Para la Salud				
Sus componentes no presentan riesgos a la salud si el usuario cumple con las normas correspondientes. La exposición prolongada a polvos finos puede interferir con la habilidad de la sangre para transportar oxígeno (metahemoglobina). La combustión del material puede producir vapores tóxicos.				
Contacto con ojos	No, bajo condiciones normales de manipuleo. Si por alguna razón se produce contacto con los ojos puede producir irritación.			
Contacto con piel	No bajo las condiciones normales de manipuleo. Si por alguna razón se produce contacto con la piel puede producir irritación.			
Ingestión	No bajo una correcta manipulación. La ingestión causa desordenes en el sistema gastrointestinal.			
Inhalación	No, bajo condiciones normales de manipuleo. Partículas en polvo del nitrato pueden causar irritación. La inhalación abundante de gases producto de descomposición puede causar daños en los pulmones y los síntomas pueden aparecer posteriormente.			
Riesgos Especiales				
Peligros Físicos y químicos	El producto puede ayudar a la combustión sostenida en ausencia de aire. Cuando es calentado fuertemente se funde y fomenta la combustión y puede causar la descomposición emitiendo humos tóxicos que contienen óxidos de nitrógeno y amoníaco. Existe riesgo de incendio y explosión bajo aislamiento y elevadas temperaturas.			
SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES				
Naturaleza Química				
Componentes de Riesgo	PEL	TLV	Nº CAS	Nº UN
Nitrato de Amonio	No Establecido	No Establecido	6484-52-2	1942
CAS : Chemical Abstract Service PEL : Permissible Exposure Limit (Límite de Exposición Permissible) TLV : Threshold Limit Value (Valor Límite Tolerable)				

SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	
En caso de un contacto accidental tener en cuenta las siguientes recomendaciones:	
Contacto con ojos	Lavar y dejar fluir agua limpia a baja presión por lo menos 15 minutos. Luego proporcionar la inmediata atención médica.
Contacto con piel	Evite el contacto prolongado con la piel. Lavar con abundante agua y jabón. Obtenga atención médica si se produce irritación.
Ingestión	Si se ha ingerido grandes cantidades de este material, llame a un médico inmediatamente. No inducir al vómito a menos que lo indique expresamente el personal médico. No suministrar nada por vía oral a una persona inconsciente.
Inhalación	Evitar la inhalación del polvo. Si es inhalado, sacar al aire fresco.
SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS	
Medio de Extinción	Use sólo agua en cantidades abundantes. Buscar la fuente del fuego y tratar de controlarlo, solamente si no es peligroso hacerlo. NO utilizar ningún extintor químico ni espuma, no tratar de sofocar el fuego con vapor o arena. Evitar respirar el polvo, vapor o humo de materiales que se estén quemando. En caso de inhalación de productos en descomposición en un incendio, los síntomas pueden aparecer posteriormente.
Productos de descomposición térmica peligrosos	Estos productos son óxidos de nitrógeno (NO, NO ₂ etc) gas hilarante (N ₂ O), amoníaco (NH ₃)
Equipo de protección especial para personal de lucha contra incendios	Los bomberos deben llevar equipo de protección apropiado y un equipo de respiración autónomo con una máscara facial completa que opere en modo de presión positiva.
Observación	El producto en sí no es combustible pero puede ayudar la combustión, inclusive en ausencia de agua. Cuando es calentado fuertemente se funde y fomenta la combustión y puede causar la descomposición, emitiendo humos tóxicos que contienen óxidos de nitrógeno y amoníaco.
Observación Incompatibilidad	La contaminación por sustancias, como por ejemplo, materiales orgánicos, polvos metálicos, compuestos que contienen cloro, compuestos alcalinos, hipocloritos y agentes reductores disminuyen la resistencia a la detonación.
SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL	
Precauciones Personales	Eliminar todas las fuentes de ignición. Mantener apartado al personal no necesario. Use equipo protector adecuado (sección 8) Siga todos los procedimientos para la lucha contra incendios (sección 5) No toque o camine sobre el material derramado.
Precauciones a tomar para evitar daños al medio ambiente	Evitar fuentes de contaminación por metales en polvo y productos orgánicos. Mantener alejado del calor, chispas y llamas. Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado. Evite el contacto del material derramado con tierra y aguas superficiales.
Método de limpieza	En caso de que el personal de emergencia no esté presente, recoja los vertidos pequeños sin levantar polvo y trasládelos a un contenedor adecuado para su eliminación. Evite crear polvo e impida la dispersión causada por el viento.
SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO	
Precauciones para el manipuleo y uso seguro	El manipuleo de este producto deberá estar a cargo del personal competente y autorizado. Por ningún motivo intentar extraer el contenido de su envase. Antes de ingerir sus alimentos deberá efectuarse una adecuada higiene personal. Evitar el contacto con los ojos, la piel y la ropa. Evitar generar polvo durante el manejo y todas las fuentes posibles de ignición (chispas o llamas). Evitar fuentes de contaminación por metales en polvo y productos orgánicos.

Precauciones para el almacenamiento	<p>Conservar en un lugar fresco, seco y bien ventilado. No almacenar en áreas confinadas. Se almacenará solamente con productos compatibles, al aire libre en lugares frescos, bien ventilados y bajo sombra. Proteger de la humedad, radiación solar y fuentes directas de calor. Evitar el contacto con sustancias combustibles. No almacenar junto con sustancias químicas corrosivas, volátiles, ácidas y bases, ni elementos metálicos. Evitar maltratar su envase para no alterar su impermeabilidad. Almacenar en una zona apartada, aprobada y señalizada.</p>		
SECCIÓN 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL			
Límites de exposición laboral	<p>Polvo total – 10 mg/m³ Polvo respirable – 5 mg/m³</p>		
Medidas para controlar la posibilidad de exposición respiratoria	<p>Use un respirador purificador de aire o con suministro de aire, que esté ajustado apropiadamente y que cumpla con las normas aprobadas si una evaluación del riesgo indica es necesaria. La selección del respirador se debe basar en el conocimiento previo de los niveles, los riesgos de producto y los límites del trabajo se seguridad del respirador seleccionado. Recomendado: Si se genera polvo, usar un respirador que le proteja contra el polvo y la niebla. P2</p>		
Medidas para controlar la posibilidad de exposición de las manos	<p>Guantes químicos – resistentes e impenetrables que cumplen con las normas aprobadas deben ser usados siempre que se manejen productos químicos si una evaluación de riesgo indica que es necesario. > 8 horas (tiempo de detección): goma de butilo, caucho natural (látex), caucho nitrílico.</p>		
Medidas para controlar la posibilidad de exposición de los ojos	<p>Recomendado: Utilice gafas de seguridad antipolvo si se genera polvo.</p>		
Medidas para controlar la posibilidad exposición cutánea	<p>Antes de utilizar este producto se debe seleccionar equipo protector personal para el cuerpo basado en la tarea a ejecutar y los riesgos involucrados y debe ser aprobado por un especialista. Pies: Recomendado: Calzado protector adecuado. Lave las manos, antebrazos y cara completamente, después de manejar productos químicos, antes de comer, fumar y usar el lavamanos y al final del periodo del trabajo.</p>		
Equipos de Protección Personal	<p>Se recomienda el uso de lentes de seguridad con protección lateral, guantes y zapatos de seguridad. En caso de exceso de polvo, usar respiradores con filtros</p>		
SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS			
Estado Físico	Sólido (Higroscópico)	Punto de Fusión	170 °C
Densidad	0,6 – 0,8 g/cm ³	Temperatura de auto ignición	No aplicable
Apariencia / Olor	Pequeños perdigones (prills), blancos / no tiene olor	Temperatura de descomposición	210 °C
Solubilidad en agua	Muy soluble 1877 g/l a 20°C	Punto de inflamación	No aplicable
SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD			
Estabilidad Química	<p>El producto es estable a las condiciones de almacenamiento y manipuleo recomendadas, puede explotar en un ambiente confinado cuando es sobrecalentado en contenedor cerrado.</p>		
Condiciones a Evitar	<p>Mantener alejado de alguna fuente directa de calor. Evitar altas temperatura y confinamiento.</p>		
Materiales Incompatibles	<p>La contaminación por sustancias, ejemplo: materiales orgánicos, polvos metálicos, compuestos que contienen cloro, compuestos alcalinos, hipocloritos y agentes reductores disminuyen la resistencia a la detonación. Materiales orgánicos, combustibles y urea, pueden formar mezclas explosivas.</p>		
Producto de descomposición térmica peligrosos	<p>Estos productos son óxidos de nitrógeno (NO, NO₂ etc.), gas hilarante (N₂O), amoníaco (NH₃)</p>		

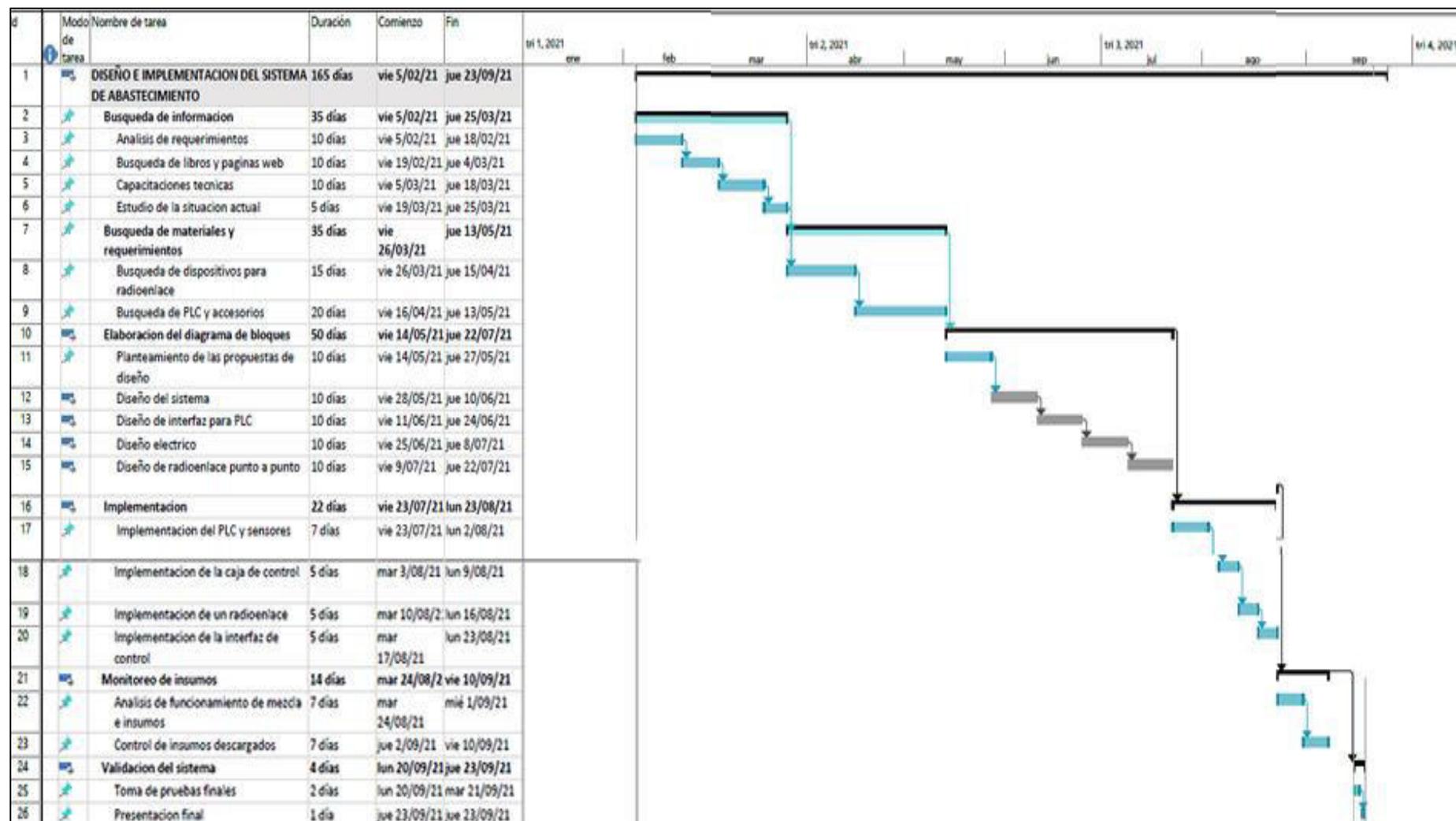
B.2. Solución acuosa de nitrato

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑÍA				
Nombre Genérico: EMULSIÓN MATRIZ				
Nombre del Producto: SOLUCIÓN ACUOSA DE NITRATO				
Nombre de la Compañía:	FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.			
Dirección:	Km 28 Autopista Ancón - Puente Piedra			
Ciudad:	Lima			
Código Postal:	Lima 22			
Teléfono de Emergencia:	(51 1) 613-9850 -- (51 1) 613-9800 anexo 100			
E-mail	famesa@famesa.com.pe			
SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS				
Marca en Etiqueta	Clase	Nº UN	NFPA 704	
	5.1	3218		
Riesgos Potenciales Para la Salud				
Sus componentes no presentan riesgos a la salud si el usuario cumple con las normas correspondientes. Este producto no es explosivo, por lo que no puede causar lesiones físicas por detonación. La combustión del material puede producir vapores tóxicos.				
Por Inhalación	No, bajo condiciones normales de manipuleo			
Contacto con la piel	No, bajo condiciones normales de manipuleo. En algunos casos de sobre-exposición puede causar irritación.			
Por los ojos	No, bajo condiciones normales de manipuleo. En el caso eventual que la emulsión haga contacto con los ojos puede causar irritación.			
Por ingestión	Ninguna bajo una correcta manipulación. La ingestión premeditada causa desordenes en el sistema gastrointestinal.			
Riesgos Especiales				
Fuego y Explosión	Prende al exponerse a fuego directo, la combustión del material puede producir vapores tóxicos.			
Detonación	Ningún riesgo de detonación espontanea. No detona cuando es iniciado con un Booster u otro cebo.			
SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES				
Naturaleza Química				
Componentes de Riesgo	PEL	TLV	Nº CAS	Nº UN
Nitrato de Amonio	No establecido	No establecido	6484-52-2	1942
Nitrato de Sodio	No establecido	No establecido	7631-99-4	1498
Petróleo	No establecido	No establecido	68476-30-2	1202
Aceites Minerales	No establecido	No establecido	-----	-----
Emulsificante polimérico	5 mg/m ³	10 mg/m ³	-----	-----

<p>CAS : Chemical Abstrac Service PEL : Permissible Exposure Limit (Límite de Exposición Permissible) TLV : Threshold Limit Value (Valor Límite Tolerable)</p>	
SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	
Contacto con ojos	En el caso que el producto por alguna razón eventual haga contacto con los ojos, levantar con cuidado los párpados y deja fluir agua limpia a baja presión por lo menos 15 minutos. Luego proporcione atención medica.
Contacto con piel	Lavar la piel con agua y jabón.
Ingestión	En el caso eventual que el producto sea ingerido, enjuagar la boca y obtenga atención medica.
Inhalación	Si los gases de combustión son inhalados y presenta molestias de respiración, movilizar al accidentado a un lugar de aire fresco. Si la respiración es dificultosa, proporcionarle respiración artificial u oxígeno. Consiga atención médica.
SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS	
Medio de Extinción	Si el fuego no ha sido declarado, usar preferentemente agua como medio de extinción.
Procedimiento en caso de fuego	Cuando hay fuego declarado en el material, no intentar extinguirlo. Despeje el área y evacue al personal a un lugar seguro. Notifique a las autoridades de acuerdo con los procedimientos de emergencia. Solo el personal entrenado y calificado en emergencia se hará cargo de la situación.
SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL	
Precauciones Personales	Limpia el área empleando los implementos de seguridad apropiados para evitar el contacto con la piel y el contacto con los ojos.
Precauciones a tomar para evitar daños al medio ambiente	Evitar el ingreso del producto a los drenajes.
Método de eliminación de desechos	La disposición de residuos debe cumplir las regulaciones locales de la autoridad competente.
Método de limpieza	No usar herramientas de metal, evite choque, fricción. Hacer una barrera para evitar que se propague el derrame y usar un material absorbente (aserrín, arena u otro material inerte) recoger el producto contaminado, almacenarlo en recipientes etiquetados y disponerlos como Residuos Peligrosos. Solicite asistencia técnica de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.
SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO	
Precauciones para el manipuleo y uso seguro	El manipuleo de este producto deberá estar a cargo del personal capacitado y autorizado para el manejo de estos productos. Antes de ingerir sus alimentos deberá efectuarse una adecuada higiene personal.
Precauciones para el almacenamiento	La Solución Acuosa de Nitrato se almacenará solamente con productos compatibles. No almacenar junto con sustancias químicas corrosivas, volátiles combustibles acidas y bases, ni elementos metálicos. El lugar (polvorín) o silo destinado para almacenar debe cumplir con todos los requisitos establecidos por el reglamento vigente.
SECCIÓN 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL	
Medidas para controlar la posibilidad de exposición	Debe existir una adecuada ventilación en la zona de trabajo. El equipo de seguridad que se menciona es una sugerencia, la evaluación del riesgo real, puede conducir a otros requisitos específicos.
Equipos de Protección Personal	
Protección a la vista	Usar anteojos de protección o gafas de seguridad química.
Protección a la Piel	Usar guantes y ropa apropiada para prevenir la exposición directa.
Protección respiratoria	Normalmente no es necesario. En caso de ventilación insuficiente utilice equipo de protección respiratoria con filtro de gas, tipo B.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS			
Estado Físico	Masa Pastosa	Punto de Fusión	No aplicable
Densidad	1,3 g/cm ³	Temperatura de auto ignición	No aplicable
Apariencia / Olor	Pastosa / Sin olor	Punto de explosión	No aplicable
Solubilidad en agua	Muy lentamente. Casi insoluble	Punto de inflamación	No aplicable
SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD			
Estabilidad Química	Es estable bajo condiciones normales de temperatura y uso recomendados. Puede combustionar cuando es sometido a fuego directo.		
Condiciones a Evitar	Mantener alejado de fuentes de calor.		
Materiales Incompatibles	Combustibles, Nitritos, agentes reductores, ácidos fuertes y bases.		
Riesgo de Descomposición	Ninguna mientras se cumpla con los requisitos de manipulación, transporte, almacenaje y uso recomendados. Cuando existe fuego declarado puede existir descomposición con liberación de CO y NOx.		
Riesgo de Reacciones Peligrosas	Ninguna.		
SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA			
Efectos de Sobre Exposición			
Por inhalación	Puede ser irritante a las membranas mucosas de las vías del tracto respiratorio.		
Por la Piel	Por contacto prolongado y repetitivo puede causar ligera irritación a la piel.		
Por los Ojos	Puede ser un irritante ocular.		
Por Ingestión	La ingestión premeditada causa desordenes en el sistema gastrointestinal.		
Potencial carcinogénico de los componentes			
Petróleo: IARC – 3 (No clasificado como carcinogénico en humanos). Los componentes restantes de este producto no se encuentran en la siguiente lista: U.S. EPA, U.S. NTP OSHA, GERMAN MAK, IARC y ACGIH, por lo tanto no son considerados ni se sospecha que son agentes cancerígenos por los organismos antes mencionados.			
Síntomas de Sobre Exposición			
Ninguna sintomatología cuando se respetan los procedimientos autorizados de almacenamiento, manipuleo y uso.			
SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA			
Ecotoxicidad	No presenta problemas ecológicos si se realiza una adecuada disposición de los desechos.		
Persistencia / Degradabilidad	Se espera que la degradación del Nitrato de Amonio y Nitrato de Sodio suceda bajo condiciones aerobias y condiciones ambientales normales.		
Bioacumulación	Es improbable.		
Efectos sobre el medio ambiente	Evitar verter en suelos, plantas y sobre cualquier fuente de agua.		
SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN			
Procedimiento de eliminación del producto en los residuos	Recoger el material y disolver en recipientes con agua y detergente industrial. Mezclar con aserrín y disponer como basura industrial.		
Eliminación de envases/ embalajes contaminados	Se debe cumplir con las regulaciones locales. Si el producto se convierte en residuos deberá revisarse los requisitos de desecho con un especialista de la ley aplicable sobre Medio Ambiente, antes de disponer cualquier material explosivo.		

C. Anexo: Diagrama de Gannt



D. Anexo: Matriz de investigación

PROBLEMÁTICA	PREGUNTA DE INVESTIGACION	OBJETIVO GENERAL	PREGUNTA DE INVESTIGACION	OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACCIONES	MARCO TEORICO	DESARROLLO	EVALUACION	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	
<p>En la actualidad, la actividad de la minería ha significado un gran avance en la economía mundial y principalmente en los países con grandes yacimientos donde diariamente se extraen abundantes cantidades de minerales para miles de procesos industriales a nivel nacional e internacional.</p> <p>Por lo que, se busca de optimizar los procesos y técnicas que sean aplicables en la actividad minera en la extracción de minerales, mejora de la producción y cumplir con las proyecciones esperadas (Perpiñán, 2014).</p> <p>Entre uno de los procesos más significativos para la extracción de minerales es la aplicación de la técnica de voladura de rocas, que consiste en realizar perforaciones en el suelo y descargar una mezcla reactiva (conjunto de insumos) utilizado como explosivo debido para detonar rocas y poder extraer minerales que no son posibles de extraer de manera manual por los operadores mineros.</p> <p>Por lo que el problema principal de esta técnica es el control y el correcto uso de la muestra debido a que un mal uso o alguna falla en la descarga de mezclas podría ocasionar problemas medioambientales en la salud de los trabajadores y de los pobladores que habitan a los alrededores. Ante el problema, se ha</p>	<p>¿Cómo optimizar el abastecimiento de insumos para los trabajos de derrumbe de rocas en el yacimiento de la mina Cerro Verde de Arequipa?</p>	<p>Diseñar e implementar un sistema de control y monitoreo de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas mediante utilizando un radioenlace de comunicación punto a punto en la mina Cerro Verde de Arequipa.</p>	<p>P.E.1: ¿Cuál es la situación actual del control de insumos y descarga de mezcla para la detonación de rocas en la mina Cerro Verde de Arequipa?</p>	<p>O.E.1: Describir la situación actual del control de insumos requeridos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas en el yacimiento de la mina Cerro Verde de Arequipa.</p>	<p>Estudios de los requerimientos y análisis de la aplicación de la técnica en la mina</p>	<p>Mina Insumos Materia Prima</p>	<p>Busqueda de informacion de manera teorica, practica y capacitaciones con especialistas</p>	<p>Analisis de requerimientos para el trabajo en la mina Cerro Verde de Arequipa</p>	<p>Mediante la investigación y desarrollo del sistema se inició el proceso de prueba y de validación de datos de los insumos mediante el radioenlace de comunicación punto a punto, obteniendo una base de datos con los porcentajes que ayudarán para estudios futuros y traerán mejoras a la empresa Famesa Explosivos S.A.C.</p>	<p>Se recomienda mediante esta propuesta realizar actividades de procesos y técnicas dentro de la minería que permitan automatizar los procesos y técnica dentro la minería y mediante este proceso cuidar la salud de los operadores mineros y los corrector trabajos mediante el monitoreo por parte de los especialistas encargados del área.</p>	
			<p>P.E.2: ¿De qué manera se evalúan los porcentajes de insumos requeridos para abastecer y aplicar la técnica de voladura de rocas?</p>	<p>O.E.2: Analizar de requerimientos del sistema de control y monitoreo para el abastecimiento de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas en el yacimiento de la mina Cerro Verde de Arequipa.</p>	<p>Estudio del abastecimiento o de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas.</p>	<p>Voladura de rocas</p>	<p>Estudio de abastecimiento mediante el uso de la unidad fabrica para los trabajos en la mina Cerro Verde de Arequipa</p>	<p>Estudio de parametros para la tecnica de voldura de rocas</p>	<p>Los beneficios de la presente tesis significan un gran avance en innovación para la aplicación de la técnica de voladura de rocas que permitan detonar las rocas y permitir mejoras en la extracción de los minerales dentro de los yacimientos mineros.</p>	<p>Mediante la aplicación del monitoreo propuesto el sector de producción analizara el funcionamiento de mezclado y descarga de los insumos para la aplicación de la técnica de la voladura de rocas.</p>	<p>La aplicación de las telecomunicaciones propone el desarrollo de un enlace punto a punto entre la estación base y la unidad fabrica en donde se propone la aplicación de nuevos sensores dentro del sistema para darle mas funcionalidades y mantener un control eficiente dentro de los yacimientos mineros.</p>
			<p>P.E.3: ¿Cuáles son las etapas de funcionamiento de un sistema de comunicación punto a punto para controlar y monitorear los insumos de abastecimiento para la técnica de voladura de rocas?</p>	<p>O.E.3: Realizar un diagrama de bloques del funcionamiento del sistema utilizado para controlar y monitorear el abastecimiento de insumos para la aplicación de la técnica de voladura de rocas en el yacimiento de la mina Cerro Verde de Arequipa.</p>	<p>Realizacion del dígrama de bloques y arquitectura del sistema para el control y monitoreo del sistema.</p>	<p>Explosivos</p>	<p>Realizacion del diagrama de bloques para la realizacion del sistema de abastecimiento de insumos</p>	<p>Analisis del diagrama de bloques y el estudio de la propuesta de desarrollo, arquitectura y funcionamiento.</p>	<p>En la aplicación de las telecomunicaciones se propone propuestas como el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas para el monitoreo remoto, que en este caso permita no poner en riesgo la salud de los operadores mineros.</p>	<p>El recomienda un uso eficiente del sistema y capacitar al personal a cargo debido a las graves consecuencias que ocasionaría un uso inadecuado.</p>	
			<p>P.E.4: ¿Cómo se transferirá la información del consumo de insumos utilizados para abastecer y aplicar la técnica de voladura de rocas en la mina Cerro Verde de Arequipa?</p>	<p>O.E.4: Realizar un radioenlace de comunicación punto a punto entre la estación base y la unidad fabrica para el monitoreo de abastecimiento de insumos.</p>	<p>Estudio de radioenlace para comunicación punto a punto.</p>	<p>Radioenlace</p>	<p>Diseño del radioenlace mediante un enlace de comunicación punto a punto</p>	<p>Diseño mediante un software para los paámetros de radioenlace.</p>	<p>En la aplicación de las telecomunicaciones se propone propuestas como el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas para el monitoreo remoto, que en este caso permita no poner en riesgo la salud de los operadores mineros.</p>		
			<p>P.E.5: ¿Qué protocolos de comunicación se utilizarán para enlace de comunicación punto a punto entre el PLC y la estación base?</p>	<p>O.E.1: Establecer un interfaz de comunicación entre el PLC y la estación base para el monitoreo del abastecimiento de insumos.</p>	<p>Antena</p>	<p>Protocolos de comunicación Monitoreo</p>	<p>Establecer un interfaz de comunicación entre el PLC y la realizacion de la plataforma de monitoreo.</p>	<p>Establecer un interfaz de comunicación entre los puntos de comunicación para el funcionamiento de analisis.</p>			