UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL

APLICACIÓN DE CONECTORES SOLIDOS EN CABLES PARA REDUCIR EL NIVEL DE CABLES QUEMADOS Y OPTIMIZAR LAS HORAS OPERATIVAS DE PALAS Y PERFORADORAS EN OPERACIONES MINA CUAJONE – CONTRATA SELIN S.R.L 2016

TESIS

PRESENTADA POR:

ERIK JHONATAN COLANA NINA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ
2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

FOLIO N° .....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución. de Comisión organizadora N° 279-2017- UNAM

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

Aplicación de conectores solidos en cables para reducir el nivel de cables Quemados y optimizar las Horas operativas de Palas y Perforadoras en operaciones mina Cuajone - contrata SELIN S.R.L 2016

Asesor: Ing. Agapito Flores Justo

Asesor Externo: —

Tesista: Bach. Erik Jhonatan Colana Nina

Dictamina como Aprobado por unanimidad

La defensa del tema de investigación con la nota: Doce (12)

Por lo que Si opta el Grado de Ingeniero de Minas.

Siendo las 11:00 horas, del Junio 11 de Junio del año 2018

se procede a firmar la presente.

Presidente del Jurado
Msc. Arquímedes León VARGAS LUQUE

Primer Miembro
Msc. Victor Damian CAHUANA QUISPE

Segundo Miembro
Mg. Cesar Augusto VILCA ALAGON

Tesista
Erik Jhonatan COLANA NINA

Página de Dedicatoria

Esta tesis se lo dedico a mi madre y a mi padre, por todo el apoyo que siempre me han brindado, y a mi hermano Bryan por ser mi sustento y amigo que siempre estuvo pendiente durante esta etapa.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por brindarme todos los conocimientos para realizar mis estudios.

Al Ing. Agapito Flores Justo, por el apoyo brindado en la dirección de la presente investigación, por su amistad y compañerismo.

Al MSc Arquímedes Vargas Luque, por su excelente ética profesional, valiosas aportaciones críticas en el desarrollo del presente documento, y sobre todo por su apreciable y valiosa amistad.

A MSc. Victor Cahuana Quispe, por sus orientaciones, sugerencias atinadas y contribuir en mi formación académica.

A los compañeros de la universidad por las aportaciones atinadas muchas gracias.

Al área de Movimiento de Cables y Servicios Auxiliares – Cuajone. A las grandiosas personas que lo conforman, por el apoyo brindado para realizar este presenta trabajo de investigación, al Ing. Robin Leon Beltran que de alguna manera me otorgó facilidades del caso y por su apoyo desinteresado que influyeron en mi crecimiento personal.

Resumen

La investigación consistió en la aplicación de conectores sólidos en cables empleando tipo de contacto 047C FASE, comparando con el contacto PLUG – 047 para reducir el nivel de cables quemados que es uno de los principales accidentes que genera tiempos muertos de las palas y perforadoras en operaciones mina de tajo abierto. La hipótesis fue si aplicando conectores sólidos en cables se reducía el nivel de cables quemados y optimiza las horas operativas de palas y perforadoras. Se realizó la comparación de dos muestras independientes a datos obtenidos donde se aplicó los conectores en el año 2016. Las variables respuestas evaluadas fueron; número de cables quemados en unidades y tiempo muerto por cable quemado en minutos,

Como resultado se logró reducir el nivel de cables quemados de 20 cables quemados al usar el tipo de contacto PLUG – 047 a solo 5.7 cables quemados por mes al realizar el cambio por tipo de contacto 047C FASE. Con el resultado anterior se logró optimizar el tiempo de palas en 7 horas y 20 minutos al mes, y perforadoras en 3 horas y 24 minutos, por lo que se recomienda para reducir el nivel de cables quemados en operaciones mina usar conectores solidos tipo de contacto 047C FASE.

Palabras clave: Conectores sólidos, Reducción de tiempos muertos.

Abstract

The research consisted of the application of solid connectors in cables using contact type 047C FASE, comparing with the contact PLUG - 047 to reduce the level of cables burned which is one of the main accidents that generates dead times of the blades and drills in operations open pit mine. The hypothesis was that applying solid connectors to cables reduced the level of burned cables and optimized the operating hours of shovels and drills. A comparison of two independent samples was made to the data obtained where the connectors were applied in the year 2016. The evaluated variables were: number of cables burned in units and dead time per cable burned in minutes,

As a result, it was possible to reduce the level of burnt cables from 20 burnt cables by using the PLUG - 047 contact type to only 5,7 burnt cables per month when performing the changeover by contact type 047C PHASE. With the previous result it was possible to optimize the time of blades in 7 hours and 20 minutes a month, and drills in 3 hours and 24 minutes, so it is recommended to reduce the level of cables burned in mine operations using solid type contact connectors 047C PHASE.

Keywords: Solid connectors, Downtime reduction.

CONTENIDO

Página de Dedicatoria ..... **ii**

Agradecimiento ..... **iii**

Resumen ..... **iv**

Abstract ..... **v**

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **2**

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA **2**

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA **5**

1.2.1. Interrogante general 5
1.2.2. Interrogantes secundarias 5

1.3. JUSTIFICACIÓN **5**

1.4. OBJETIVOS **7**

1.4.1. Objetivo General 7
1.4.2. Objetivos Específicos 7

1.5. HIPÓTESIS **8**

1.5.1. Hipótesis General 8
1.5.2. Hipótesis Específicas 8

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO **9**

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO **9**

2.2. BASES TEÓRICAS **18**

2.2.1. Generalidades de los Cables 19

2.3. UNIDAD MINERA CUAJONE 26

2.3.1. Ubicación y accesibilidad 26
2.3.2. Geología regional 31
2.3.3. Descripción de las operaciones mineras de Cuajone 41
2.3.4. Operación unitarios – servicios auxiliares mineros 44
2.3.5. Descripción de operaciones de movimiento de cables 49
2.3.6. Switch House (casetas) 66

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 70

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 80

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN 80

3.2. TIPO Y DISEÑO 80

3.2.1. Tipo 80
3.2.2. Diseño de Investigación 80

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN 81

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 81

3.4.1. Variable independiente 81
3.4.2. Variable dependiente 82

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA 82

3.5.1. Población 82
3.5.2. Muestra 82

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 83

3.7. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS 83

3.8. MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS (ANÁLISIS ESTADÍSTICO) 84

3.8.1. Análisis Descriptivo. 84
3.8.2. Prueba Estadística 84

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 86

4.1. RESULTADOS 86

4.1.1. Número de cables quemados (Unidades) 86

4.1.2. Tiempo muerto por cable quemado (min) 99
4.1.3. Producción 110

4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS 114

4.2.1. Reducción del nivel de cables quemados en el área se cables ...114
4.2.2. Optimización horas de palas y perforadoras en operaciones mina. 115

CONCLUSIONES.....118

RECOMENDACIONES.....119

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....120

ANEXOS 123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de cables quemados usando el de contacto PLUG – 047 comparado con el tipo de contacto PLUG – 047C FASE 90

Figura 2. Caja y bigotes para cables quemados PLUG – 047 y cables quemados PLUG – 047C Fase 91

Figura 3. Número de cables quemados en pala usando el de contacto PLUG – 047 comparado con el tipo de contacto PLUG – 047C FASE 93

Figura 4. Caja y bigotes para cables quemados en palas para conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase 95

Figura 5. Número de cables quemados en perforadoras usando el de contacto PLUG – 047 comparado con el tipo de contacto PLUG – 047C FASE 96

Figura 6. Caja y bigotes para cables quemados en perforadoras en conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase 98

Figura 7. Caja y bigotes para cables quemados PLUG – 047 y cables quemados PLUG – 047C Fase 103

Figura 8. Caja y bigotes para tiempo muerto por cables quemados en palas para conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase.....106

Figura 9. Tiempo muerto por cables quemados en perforadoras en conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase 110

LISTA DE ABREVIATURAS

$ - US$ **:** Dólares.

$/TM **:** Dólares por tonelada.

B1 **:** Jefe de perforación y voladura

CSA ***:*** Área de la sección transversal de los conductores.

K1 **:** Jefe de movimiento de cables y servicios auxiliares

K22 **:** Camión destinado para el transporte de cable código 22

K23 **:** Camión destinado para el transporte de cable código 23

K24 **:** Camión destinado para el transporte de cable código 24

kV **:** kilovoltio.

m/h **:** Metros por hora

O1 **:** Jefe de operaciones

SWF : Fuerza de trabajo segura. (N/mm^2)

TM/H **:** Toneladas por hora

UTM **:** sistema de coordenadas universal transversal de Mercator

V **:** Voltio.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tensiones maxima del cable 20

Tabla 2 Número de subestaciones de líneas de alta tensión. 48

Tabla 3 Líneas de alta tensión para las palas.....49

Tabla 4 Líneas de alta tensión para perforadoras 49

Tabla 5 Contrastación de hipótesis para las variables independientes 85

Tabla 6 Tipo de accidente ocurrido usando el tipo de contacto PLUG – 047 86

Tabla 7 Tipo de accidente ocurrido usando el contacto PLUG – 047C FASE 87

Tabla 8 Cables quemados en un semestre usando conector PLUG – 047 y conector PLUG - 047C FASE 88

Tabla 9 Total de cables quemados en un semestre usando conector PLUG – 047 y conector PLUG - 047C FASE.....88

Tabla 10. Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para conectores.....89

Tabla 11 Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para cables quemados por tipo de conector 92

Tabla 12 Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para cables quemados por tipo de conector en perforadoras 95

Tabla 13 Ganancia de proyecto de mejora 99

Tabla 14 Tiempo muerto en un semestre usando conector PLUG – 047 y conector PLUG - 047C FASE 100

Tabla 15 Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para conectores 101

Tabla 16 Tiempo muerto palas.....104

Tabla 17 Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para cables quemados por tipo de conector 105

Tabla 18 Optimización de tiempo en perforadora por cable quemado ...107

Tabla 19 Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para cables quemados por tipo de conector en perforadoras 108

Tabla 20 Producción adicional en pala y perforadora al realizar el cambio de tipo de conector 110

Tabla 21 Producción adicional en pala al realizar el cambio de tipo de conector.....111

Tabla 22 Producción adicional en perforadora al realizar el cambio de tipo de conector.....113

INTRODUCCIÓN

El movimiento de cables es la primera línea de producción en la operación minera, ya que de ello depende el fluido normal de las operaciones, las interrogantes para reducir el nivel de cables quemados en el área de cables en operaciones y ¿cómo optimizar las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina?, fueron los motivos para aplicar de conectores sólidos en cables, ya que el cable quemado minero es uno de los principales accidentes que genera tiempos muertos de las palas y perforadoras en operaciones mineras de tajo abierto generando así costos y por ende baja productividad.

El movimiento de cables no solo son los inconvenientes del quemado, también existen otros índices de accidentabilidad como el aplastamiento del cable, fase a tierra, corte del cable que también son fundamentales y que afectan a la operación, pero se eligió el cable quemado porque representa actualmente el 63.8 % de accidentes, y al cambio de conector solo representará el 33.3 %, lo cual es un gran aporte.

Con todo lo mencionado anteriormente, se logra minimizar el nivel de cables quemados aumentar la productividad.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El movimiento de cables es considerado como la primera línea de producción en la operación minera ya que de ello depende el fluido normal de las operaciones en mina. El cable quemado minero es uno de los principales accidentes que genera tiempos muertos de las palas y perforadoras en operaciones mineras de tajo abierto generando así costos y por ende baja productividad.

Actualmente se tiene 117 cables mineros distribuidos en las cuales pasa una energía con una potencia de 7200 voltios, con estos cables se alimentan todas las palas y perforadoras de toda la mina; estos son trasladados diariamente según se establezca el plan de minado diario. El cables se dividen en 2 partes: el cable tipos SHD - GC de 7,2 Kv y el mufle o coupler, en la el interior del mufle o coupler está compuesto de 3 contactos frontales (macho o hembra) y el contacto tierra con sus respectivos tubos aislantes de cada fase y el piloto, todo de material de cobre (Figura 15).

Dichos cables son manipulados por el personal de cables tanto por los equipos (camión cablero) como también los tractores (toritos), la mala manipulación del cable y del mufle ocasionan la deformación del contacto por ser de dimensión hueca.

El **contacto macho PLUG - 047** (Figura 12 y Figura 13) por su diseño de forma hueca al momento de encajar en la hembra solo tiene un contacto del 10% con la mencionada por el anillo que tiene en la parte superior del macho, generando que, con algún golpe en el cable, golpe en el contacto o alguna sobresaturación de energía sobrecaliente dicho contacto y se queme el cable (Figura 16, Figura 17 y Figura 18).

También se origina cuando los ayudantes cableros tienden a manipular el cable muchas veces fuera del procedimiento establecido por la empresa; dañando o desgastando así los mufles y por ende los conectores que son parte primordial para el buen desempeño del cable. El índice de accidentabilidad de estos cables con este tipo de contactos PLUG -047 es muy alta, con un promedio mensual de 20 cables quemados.

Al producirse el quemado del cable minero; el equipo minero ya sea pala o perforadora se queda automáticamente sin energía eléctrica generando así tiempo muerto en lo que dure al cambiar dichos cables. Cuando el cable se quema siempre son implicados 2 cables mineros (hembra y macho). El tiempo promedio de reposición

de energía a las palas y perforadoras es de una hora con 46 minutos. Lo que genera horas paradas de palas y perforadoras impactando en la producción mensual de cada equipo.(SELIN SRL, 2017)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Interrogante general

a. ¿Al aplicar los conectores sólidos en los cables se reducirá el nivel de cables quemados y se logrará optimizar las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina Cuajone?

1.2.2. Interrogantes secundarias

b. ¿Se reducirá el nivel de cables quemados en el área de cables en operaciones mina Cuajone?

c. ¿Se optimizará las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina Cuajone?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Uno de los motivos por el cual hemos elegido el tema ¨ Aplicación de conectores sólidos en cables para reducir el nivel de cables quemados y optimizar las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina Cuajone¨ es por la presencia que ha tenido a lo largo de los años en el ámbito minero.

Se propone el cambio de los contactos tipo PLUG - 047 por el modelo PLUG – 047 C FASE (Figura 10 y Figura 11), ya que dicho contacto también de cobre cuenta con un diseño sólido.

La superficie solida del contacto PLUG – 047C FASE sería más eficaz en el momento de manipular el cable ya que no es hueca y tienes una estructura firme ante los goles y deformaciones

Con estos nuevos contactos se asegura el 90 % de contacto con la hembra para su mejor transición de energía con una potencia de 7200 V que los Switch House hacia las palas y perforadora.

Con la propuesta del nuevo contacto sólido, las operaciones de mina se beneficiará los servicios auxiliares y convenientemente en el área de cables puede ayudar a establecer y reducir las demoras mecánicas por cable quemado, ya que dicho conector es de superficie sólida y será más resistente al momento de la manipulación del mufle.

Tradicionalmente, nunca se ha tomado alternativas importantes en el área de servicios auxiliares específicamente en el área de ¨movimiento de cables.

Por este motivo, creemos que este trabajo realizado actualmente por los profesionales de Selin en el área de operaciones mina; ya que somos los que coordinamos y ordenamos el buen flujo de los equipos pesados con respecto a los cables, se hace necesaria para optimizar costos y tiempos y detectar posibles problemas y poner las bases para solucionarlos y aportar con la producción.

Por otro lado, en el movimiento de cables no solo son los inconvenientes del quemado, también existen otros índices de accidentabilidad como el aplastamiento del cable, fase a tierra, corte del cable que también son fundamentales y que afectan a la operación.

Con todo lo mencionado anteriormente, lo que nos gustaría conseguir con este trabajo es observar, evaluar y corregir y aprender llevando a cabo esta nueva propuesta para detectar y minimizar el nivel de quemados y así aumentar la utilidad de los equipos pesados y por ende la productividad.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

a. Aplicar conectores sólidos en los cables para reducir el nivel de cables quemados y optimizar las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina Cuajone.

1.4.2. Objetivos Específicos

a. Reducir el nivel de cables quemados en el área de cables en operaciones mina aplicando conectores sólidos.
b. Optimizar las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina aplicando conectores sólidos.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis General

a. Aplicando conectores sólidos en cables reduciremos el nivel de cables quemados y optimizaremos las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina.

1.5.2. Hipótesis Específicas

a. Aplicando conectores solidos reduciremos el nivel de cables quemados en el área de cables.
b. Reduciendo el nivel de cables quemados optimizaremos las horas de palas y perforadoras en operaciones mina.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

- *Caso Mina Polimetálica*. Donde entre enero del 2003 a mayo del 2004, se registran oficialmente en la flota 310 horas de "Maquina no Operativa" imputables a la confiabilidad en el suministro de energía. (17 horas con 13 minutos mensuales). Se investigan las causas raíz y se desarrollan mejoras para incrementar la confiabilidad en el suministro de energía, las cuales se implementaron en su totalidad en octubre del 2004. (Migración hacia enchufes AusProof), entre octubre del 2004 a diciembre del 2005, se registran oficialmente en la flota, 145.9 horas de "Maquina no Operativa" imputables a la confiabilidad en el suministro de energía. (10.42 horas mensuales)

  Como resultado del uso de enchufes Ausproof: Se disminuyó al 60.51% las fallas imputables al suministro de energía. Se recuperaron 81.6 horas operativas anuales de la flota**.**

  ¿Cuál fue la base para lograr esta mejora?

  La mina del ejemplo ya contaba con un sistema de administración de cables de arrastre.

  La utilización de enchufes AusProof caracterizados por:

1) No estar basados en el arreglo tradicional hembra-macho; Minimizando las existencias y el valor de estas en sus almacenes. Incrementando la confiabilidad del suministro de energía al minimizar los componentes involucrados en la conexión eléctrica en serie.

2) La segregación de fases por tierra eléctrica se conserva a todo lo largo y en toda la sección transversal de los enchufes. El avance tecnológico de los cables de fases apantalladas individualmente continua sin perderse en todos los enchufes. Se elimina la posibilidad de fallas fase a fase en los enchufes.

3) Las descargas parciales (efecto corona) son menores a las de un teléfono móvil. Nuestro aislamiento "no envejece prematuramente “. La expectativa de vida en servicio de nuestro enchufe puede ser mayor a 10 años.(Okuda, 2004)

- Durante el período entre junio de 1998 y julio 2001, en las minas de Queensland, de todos los accidentes e incidentes reportados de carácter eléctrico, aproximadamente el 20% estaban relacionados con el arrastre de cables. 7% de los incidentes se relacionaron con el arrastre de cables en minas de carbón subterráneas y con un riesgo de explosión, mientras 3% de los incidentes implicó la liberación incontrolable de energía en cables de arrastre. Había 34 incidentes informados donde se presentaron arcos eléctricos expuestos.

  El Departamento de NSW de Recursos Naturales, con la cooperación de empresas reparadoras de cables aprobadas, reunió datos sobre daños en los cables de arrastre instalados en zonas de peligro en minas de carbón subterráneas.

  El número promedio de arcos informados en una zona peligrosa por los cinco años 1994/95 a 1998/1999 es 11 para un período de seis meses. La evidencia de arcos según los datos recolectados con las empresas reparadoras de cables es de 141 por el mismo periodo.

  Se debe notar que los reparadores de cable han identificado que el arco se ha contenido dentro de la chaqueta del cable en la inmensa mayoría de casos. Esto indica que el diseño de los cables de arrastre (AS/NZS1802) utilizado en minas de carbón, es efectivo en contener el arco. Otra estadística interesante de los datos del daño en cables,

es que para cada cable que falla y se repara hay aproximadamente otros 3 con daños en la chaqueta.

Cada uno de éstos daños en la chaqueta, inclusive pequeños agujeros, son fuente potencial de ignición en un ambiente de atmósfera peligrosa. Ellos representan también un peligro indirecto para el personal minero de maniobra.

El fracaso del aislamiento en un cable de arrastre que opera en el frente de trabajo de una mina de carbón subterráneo es causa potencial de una catástrofe por la ignición del metano y la carbonilla. Una explosión del metano o de carbonilla en una mina subterránea puede causar la pérdida de vidas, la pérdida de la mina y la pérdida de ese recurso de carbón.

Todos los mineros que manejan cables o que trabajan muy cerca de aparatos con cables están expuestos también a otros peligros; por ejemplo, el manejo manual de cables pesados, el contacto directo e indirecto con liberación incontrolable de energía por cortocircuito como resultado de trabajar con cables de arrastre dañados.

Siete de los incidentes mencionados en la tabla, implicaron fallas de cortocircuito en los enchufes, fracasando catastróficamente el enchufe debido a su desintegración.

Afortunadamente no se presentaron heridas personales. El factor que salva en muchos incidentes es simplemente la separación en el tiempo y el espacio. Hay sin duda, muchos más incidentes no reportados que involucran a los cables de arrastre.(Okuda, 2004).

- Discutiendo un movimiento de cable y la planificación a corto plazo y la voladura determinan los movimientos del cable requeridos para la explosión. La planificación a corto plazo y operaciones mineras. Determina el progreso de la pala que requeriría movimientos de cable de corto alcance se obtiene con el supervisor de la operación y 269 personas para determinar el plan de ataque.

  El movimiento básico en el acceso es como con cualquier movimiento de cable o pala comienza en la reunión de la mañana 8:30. Los electricistas reciben la llamada y bajan a la subestación y se mantienen en caso de que disparen y dañen la sub-estación mientras caminan a la pala.

  Equipo de Energía para Minas, ya se han mencionado algunas piezas de equipos eléctricos, pero sólo en la medida necesaria para describir los conceptos de distribución y utilización. La evolución de los sistemas mineros ha dado lugar a importantes aparatos de potencia, cada uno de los cuales cumple una función específica. En general, pueden enumerarse como:

- Generador
- Subestaciones principales
- Subestaciones portátiles y unitarias
- Switch house
- Transformadores de distribución y centros de potencia (o carga), y
- Distribución (conductores y conectores).

La distribución de la energía de las minas, en su forma radial más simple, ya se ha demostrado que consiste en una subestación, distribución y un centro de alimentación que alimenta el equipo de minería. La disposición es muy común en pequeñas operaciones de superficie donde la tensión de distribución es comúnmente de 4 160 V, pero puede ser de 2 300 V en equipos antiguos. En las minas más pequeñas, la energía se compra a baja tensión (a menudo 480 V) y se alimenta a una caja de distribución a la que se conectan motores y equipos. A veces, la distribución radial simple se emplea en grandes minas de superficie donde sólo se debe servir una máquina o no se puede establecer una red de distribución primaria extensiva, como en algunas operaciones de contorno.

La gran mayoría de las minas de la tira emplean distribución radial, pero los diseños secundario-selectivos y del lazo primario se pueden también encontrar. En todas las configuraciones, se

establece una porción de la distribución primaria en una línea de base

Por ejemplo, las subestaciones deben ser idénticas si van a compartir la carga, pero como es probable una distribución desequilibrada de la carga en cualquier sistema, es probable que las dos subestaciones no estén igualmente cargadas. Sin embargo, debido a los riesgos de seguridad, la distribución de bucle primario se considera insatisfactoria y no se recomienda.

La tensión de distribución para la mina de superficie puede ser de 7,2, 13 ó 23 kV, y en menor medida 4,16 kV. Independientemente del nivel, los taladros y las palas de producción usualmente operan

A 7 200 ó 4 160 V. Por lo tanto, cuando se necesitan niveles de distribución más altos, las subestaciones de unidades portátiles se utilizan comúnmente en el pozo. Un ejemplo sería cuando la carga creada por una máquina grande es varias veces que para máquinas auxiliares. Otro método consiste en establecer dos líneas de base en la pared alta para dos tensiones de distribución.

Dos líneas de base. Incluso en esta situación, como se puede ver en las ilustraciones anteriores, a menudo se requieren subestaciones o centros de potencia de bajo voltaje para dispositivos auxiliares de 480 V equipo.

El propósito primario de cualquier esquema de distribución primaria en una mina de superficie es proporcionar una fuente de energía flexible, fácilmente movible o modificada para el móvil altamente móvil

Equipo de minería. Los diseños de sistemas también deben considerarse como una parte integral de la operación total de la mina. Los descritos tienen estos objetivos en mente. Como se verá, el sistema de distribución en cualquier mina subterránea o subterránea que sirve a equipos portátiles está sujeto a daños causados por la propia maquinaria minera y, como resultado, el sistema debe ser diseñado con flexibilidad y consideración óptimas para la seguridad del personal.

Los sistemas de energía a cielo abierto son bastante similares a los de las minas de extracción, pero con una excepción principal: la distribución primaria típicamente establece un bus de anillo o principal que encierra parcial o totalmente el pozo. Los lazos radiales con el autobús completan el circuito a las centralitas ubicadas en el pozo, y los equipos portátiles utilizan de nuevo cables apilados.

El voltaje de distribución es normalmente 4,16 kV, pero a veces se utilizan 7,2 o 6,9 y 13,8 kV. Las subestaciones unitarias se emplean si los voltajes del equipo son menores. La distribución primaria es casi invariablemente a través de líneas aéreas. (Morley, 1979)

- El traslado de pala es otro mercado clave en la minería para los grupos electrógenos es la reubicación de las palas mineras. Las palas mineras eléctricas usualmente se suministran con energía de la red eléctrica local por una red de subestaciones de minería reubicables para las áreas de producción. La pala se conectará típicamente con un cable de 500 a 500 m HV trailing a 6.6 kV / 11 kV voltajes de suministro - esto permite que la pala para trabajar en la zona de producción inmediata. Sin embargo, cuando una pala necesita ser movida fuera del sitio de la mina a una nueva área de producción, un retraso de semanas puede ser causado fácilmente si la compañía minera no tiene una red de subestaciones mineras que conducen al nuevo sitio. Para evitar los retrasos costosos causados por tener una pala fuera de la comisión durante un período tan largo de tiempo, las empresas mineras a menudo contratan a una compañía de energía de alquiler para proporcionar un paquete de energía móvil que comprende generadores sincronizados que se instalan en una plataforma que avanza juntos con la pala.

  Usando un generador diésel para proveer energía temporal a un motivador para 'Caminar' estas palas se ha convertido en una gran parte de los servicios de Aggreko al sector minero en Australia. Aggreko realiza cada año 40 a 50 caminos de pala en la región minera de carbón Hunter de Nueva Gales del Sur para las palas analógicas

más pequeñas, que generalmente requieren un paquete de pala para caminar – 1 250 kW a 6,6 / 11 kV.

Con la rápida expansión de la industria minera en Australia, las minas de Queensland han comenzado a actualizarse a palas electrónicas más grandes que requieren mayores demandas de potencia y requisitos precisos de voltaje y frecuencia para poder caminar. La pala más grande reubicada hasta la fecha era una P & H 4100 XPB.

A pesar de la creencia de que la pala no podía ser trasladada por un motivador (paquete de energía del generador) Aggreko estaba seguro de que podría completar con éxito el proyecto. Se propuso un ensayo de un día el día anterior a la caminata programada para demostrar la teoría. El 20 de mayo de 2010, la mina fue testigo de la primera caminata motivada de la pala de un P & H 4100 XPB. Aggreko suministró un paquete de potencia móvil de 3 kW a 6,6 kV en un sistema de remolque semirrígido de carretera. La pala fue movida 5 kilómetros, incluyendo una subida del grado del 10%.(Moore, 2011)

2.2. BASES TEÓRICAS

El asegurar un suministro y adecuadas herramientas eléctricas confiables es esencial para cualquier proyecto de exploración y explotación minera, con requisitos que varían enormemente dependiendo de la etapa que el proyecto ha alcanzado.

Los servicios auxiliares han ido tomando mucha importancia y específicamente el área de cables – operaciones mina ya que con el fin exclusivo de optimizar la producción y por ende los costos (SELIN SRL, 2017)

La disponibilidad depende mucho evidentemente como se manipule e cable e innovando nuevas y apropiadas alternativas, esto se está convirtiendo rápidamente en una opción viable, con una cantidad de empresas que ahora ofrecen la tecnología necesaria para regular, mejoras y gestionar la energía eléctrica a distintos puntos donde recorra el equipo minero generando el costo mínimo (SELIN, 2017).

2.2.1. Generalidades de los Cables

Los cables de arrastre o mineros, son cables flexibles para trabajo severo y son utilizados en equipos de mina subterránea como de tajo abierto. El rango de tensión nominal típico en los que se utilizan, van de 460 hasta 22 000 voltios; debido a que la energía liberada en sasos de falla es incontrolable, los accidentes son de alto riesgo y pueden generar: quemaduras, invalides y hasta la muerte, los accidentes, generalmente no se producen por contacto directo con el conductor, sino más bien por contacto con una parte energizada o cercanía a un evento, debido a una falla del

aislamiento del conductor no detectada oportunamente (Hinostroza, 2016)

Un cable de alto voltaje no apantallado, presenta distorsión en sus líneas de flujo del campo magnético (energía electrostática) cuando es instalado en las cercanías de un punto a tierra. Resultando en una variación significativa de los voltajes electrostáticos (stress) aplicados al aislamiento.

a. Máxima Tensión de Arrastre

Tabla 1
Tensiones maxima del cable

APLICACIÓN	Tipo de Cable	Máxima Fuerza de trabajo Segura (SWF) N/mm^2
ENRROLLADO	Chaqueta no reforzado	15
	Chaqueta reforzada	20
ARRASTRE	Chaqueta no reforzado	20
	Chaqueta reforzada	30

Fuente: Elaboración Propia

$$\mathbf{T = n \times CSA \times SWF}$$

Donde:

T = Tensión en Newton. (N)

N = Número de conductores del cable.

CSA = Área de la sección transversal de los conductores. Descartar los hilos piloto, pantallas y chaquetas. (mm^2)

SWF = Fuerza de trabajo segura. (N/mm^2)

b. Máxima Longitud de Arrastre.

$$\boldsymbol{L = T / (f \times W \times 10)}$$

Donde:

L = Máxima longitud a ser arrastrada. (m)

T = Tensión en Newtons.

f = Coeficiente de fricción entre el cable y la superficie. 0.5 para superficies secas. Si se desea considerar el peor de los casos, utilizar coeficiente de 0.7

W = Masa del cable en kilogramos por metro. (Kg/m)

Nota: En el punto tangencial del doblez, se presentan fuerzas contrapuestas de tensión, por lo tanto, al utilizar lazos para el arrastre de cables, se deberá dividir entre 2 la fórmula de máxima longitud de arrastre.

c. Máxima Longitud de Suspensión

$$L = T / (W \times 9.8)$$

Donde:

L = Máxima longitud a suspender. (m)

T = Tensión en Newtons.

W = Masa del cable en kilogramos por metro. (Kg/m)

9.8 = Fuerza de la gravedad.

d. Horas disponibles del equipo (HD)

Son las horas en que el equipo está disponible para producir, es decir, a disposición de Operaciones Mina.

e. Horas del equipo malogrado (HM)

Son las horas en que el equipo no está disponible para producir, ya sea por reparación correctiva (NP) o preventiva (PM). Está a responsabilidad de Mantenimiento Mina.

f. Horas del equipo operativo (horas ready) (HR)

Son las horas en que el equipo está operativo y haciendo trabajo productivo (Produciendo toneladas).

g. Demora o delay (D)

Es el tiempo en que el equipo está operativo, pero no realizando trabajo productivo. Algunas demoras son:

a) Limpieza de tolva

b) Cambio de operador

c) Cambio de guardia

d) Relleno combustible

e) Disparo

f) Esperando instrucciones o supervisor

g) Servicios higiénicos (SSHH)

h) Revisión y chequeo

i) Perfilando

j) Esperando topógrafo

k) Traslados por propios medios.

h. Disponibilidad Mecánica o mechanical availability (DM)

Es el porcentaje del tiempo total que el equipo está disponible para operaciones. Es una medida de la eficiencia de Mantenimiento, por lo que es controlada por ellos.

$$\text{Dispo Mec} = \frac{Hrs\ totales - Hrs\ malogrado}{Hrs\ totales}$$

i. Uso de la disponibilidad (UD)

El porcentaje de tiempo que el equipo está encendido, en producción o en demoras, respecto al tiempo que está disponible mecánicamente. Este parámetro involucra directamente a los Stand by.

$$\text{Uso Dispo} = \frac{Hrs\ operativas - Demoras}{Hrs\ totales - Hrs\ malogrado}$$

j. Uso del equipo (USE)

El porcentaje de tiempo en que el equipo está produciendo, respecto del total de tiempo en que está con el motor encendido. Este parámetro involucra directamente a las Demoras Operativas

$$\text{Use} = \frac{Hrs\ operativas}{Hrs\ operativas - Demoras}$$

2.3. UNIDAD MINERA CUAJONE

2.3.1. Ubicación y accesibilidad

La mina Cuajone está ubicada en el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, distrito de Torata, al sur del Perú. Se emplaza en el flanco andino de la Cordillera Occidental de los Andes, entre los 3 150 y 3 500 m.s.n.m.

Cuajone se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud 17° 02' S.
- Longitud 70° 42' W.

En referencia a Coordenadas UTM sistema WGS 84 tomando 2 vértices de referencia:

Vértice 1:

- ESTE: 313 000,00
- NORTE: 8 116 500,00

Vértice 2:

- ESTE: 321 000,00
- NORTE: 8 112 500,00.

A. ACCESIBILIDAD

Se accede desde Lima o desde Tacna, por la Panamericana Sur, cuyas distancias son las siguientes:

- Lima-Moquegua = 1 140 Km.
- Moquegua- Cuajone = 42 Km.
- Tacna-Moquegua = 152 Km.

B. CENTROS POBLADOS

Los pueblos y pequeñas agrupaciones humanas del área, están ubicadas a lo largo de los valles; y, su desenvolvimiento, depende principalmente de la escasa agricultura y ganadería.

El centro humano más importante es la ciudad de Moquegua, capital política y administrativa del departamento. Otros centros poblados son Torata; y, desde hace unos 40 años, el centro minero Cuajone, el cual tiene dos campamentos: Villa Botiflaca y Villa Cuajone (Fuente Informe Anual 2013 SPCC).

C. RECURSOS NATURALES

En el área, los recursos de agua, tierras de cultivo y pastos son escasos, en consecuencia, la producción agrícola, ganadera y sus derivados manufacturados, son de pequeña escala.

En general, la producción agrícola apenas logra abastecer las necesidades locales. La ganadería es pequeña y está representada principalmente por la crianza de vacunos, ovinos y llamas. (Fuente Informe Anual 2013 SPCC).

D. RECURSOS HÍDRICOS

El río Torata es una de las más importantes fuentes de recursos hídricos de la zona. Las nacientes de este río quedan en la vertiente alta de los andes, siendo muy torrentoso; y, su caudal, varía notablemente a través del año. En la época de lluvias el caudal es abundante; y, durante el estiaje, disminuye. La mina se abastece de agua de la represa de Suches y Viña Blanca.

Además, en la temporada de lluvias, el fondo de mina actúa como un pequeño reservorio de agua, el cual generalmente es bombeado durante el año para regar las rampas de acceso; y, controlar el polvo en la mina.

La presencia de agua superficial es escasa; y, las aguas cartesianas se presentan en niveles freáticos inferiores al tajo de explotación. (Fuente Informe Anual 2013 SPCC).

E. RECURSOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En abril de 1997, Enersur S.A. (subsidiaria de Tractebel - Bélgica), compró la planta de fuerza de SPCC en Ilo.

Enersur provee de energía eléctrica a todas las instalaciones existentes en Southern Copper; y, proveerá la energía necesaria para los futuros proyectos de expansión.

Además, se cuenta con una capacidad de generación eléctrica de nueve megavatios provenientes de dos pequeñas plantas hidroeléctricas en Cuajone. La energía se distribuye a través de un circuito cerrado de transmisión de 224 kilómetros, que está interconectado a la red peruana.

Las líneas de tensión con las que cuenta Cuajone son:

- 138 kV alta tensión desde Ilo.
- 69 kV tensión mediana -mina.
- 160 V baja tensión - mina.

F. MANO DE OBRA

La mano de obra en la mina es de 550 personas en las diversas funciones, tales como: funcionarios, empleados y obreros, distribuidos en las superintendencias de operaciones, ingeniería y geología, las cuales responden a la gerencia de mina (Fuente Informe Anual 2013 SPCC).

G. RESEÑA HISTÓRICA

Mina Cuajone comienza a principios de 1937, cuando la Cerro de Pasco Cooper Corporation, al explorar la zona la reconoce como un Yacimiento de Pórfido Cuprífero, de allí en adelante (1942-1945) se haría una exploración con Perforación Diamantina, luego Newmont y Asarco realizarían una campaña de Prospección Geofísica, Prospección Geoquímica, Perforación Diamantina y también Pruebas Metalúrgicas.

En 1954 se formaría Southern Perú Copper Corporation (SPCC), y al año siguiente (1955) realizarían el Cálculo de Reservas y la Descripción Geológica. Ya entre 1970-1975, se realizaría la etapa de construcción de: Vías de Acceso, Electricidad, Suministro de Agua, desbroce y preparación de la mina, así también comenzaría la construcción de la Concentradora, centros urbanos, hospitales, centros educativos, oficinas, talleres, etc.

En 1976 comenzaría la producción en la Mina, y para el año 1980 se iniciaría la construcción de la Planta de Molibdeno. En 1995 se inicia la Lixiviación, y en 1998 se amplía a 87100 TM/día del Tratamiento de Mineral, luego en 1999 Southern México asume la administración de Cuajone, la cual se mantiene hasta la actualidad.(Champi, 2015)

2.3.2. Geología regional

El yacimiento de Cuajone es un pórfido de cobre del tipo diseminado, está localizado en el área de la quebrada Chuntacala, un tributario seco del río Torata, a 30 Km al NE de la ciudad de Moquegua, y 25 Km al N – Noroeste de la mina de cobre de Toquepala. Cuajone está localizada dentro de la “sub - provincia cuprífera del pacífico sur”, en el flanco occidental de los andes, al sur del Perú.

De acuerdo a la teoría tectónica de placas para la formación de estos pórfidos de cobre, esta provincia metalogénica fue generada por la fusión parcial de los mantos superficiales ricos en cobre a lo largo de la zona Benioff de la placa este del pacífico. Los magmas que contenían materiales calco-alcalinos se fueron introduciendo dentro de los mantos superficiales a través de profundas fisuras, dentro de los volcánicos del mesozoico de los

mantos, a 100 - 150 Km verticalmente debajo de la zona de las placas.

Actualmente un conjunto de estructuras NO - SE dominan la geología regional, esta es la orientación de los trechos oceánicos.(Champi, 2015).

A. Geología mina

a. Litología.

Como en el caso de muchos pórfidos de cobre, la alteración hidrotermal intensa ha destruido parcial o totalmente las texturas originales mineralógicas dentro de rocas pre mineral, e intrusivas en Cuajone.

b. Volcánicos pre-mineral.

Las rocas más antiguas en el área de la mina son los dos miembros más bajos del grupo Toquepala de volcánicos (cretáceo superior / paleoceno), la andesita basáltica y la riolita porfirítica.

La andesita basáltica debe parte de su coloración oscura a la biotita, probablemente de origen hidrotermal, anfibolita (tentativamente antofilita) y al piroxeno (hendenbergita) han sido identificados. Algún remanente de la estructura porfirítica, se puede encontrar, en la forma de finos granos anahedrales, ocasionalmente subhedrales, ferromagnesianos corroídos, aunque la alteración es a

menudo total, la parte inferior del basalto no ha sido encontrada ni en taladros, ni en roca expuesta.

El flujo de riolita porfirítica concordante con los estratos de basalto es de ligera profundidad. La potencia de la riolita es arriba de los 250 m, la riolita tiene una estructura fuertemente porfirítica, con cuarzo circundante y fenocristales de 2 mm de promedio, en una matriz afanítica.(Champi, 2015).

c. Complejo intrusivo.

El principal cuerpo intrusivo en Cuajone es un stock de latita porfirítica alterada y mineralizada. Para el área de la mina este es un stock de latita porfirítica cuarzosa, con cuarzo libre rodeado de fenocristales de 2 - 4 mm. de diámetro. Aunque altamente alterados, algunos feldespatos pseudos morfológicos han sido preservados en cristales alargados de 2 x 5 mm. de promedio. La matriz probablemente fue criptocristalina.

Los contactos entre la latita y los volcánicos pre-mineral son especialmente con andesita basáltica, puede ser transicional a causa de la asimilación.(Champi, 2015).

d. Brechas post – mineral.

Este consiste de clastos redondeados a sub-redondeados localmente derivados, alterados y mineralizados en volcánicos y rocas intrusivas, contenidos en una matriz fresca de latita porfirítica. Localmente la matriz puede ser silicificada o parcialmente compuesta de geodas, conteniendo incrustaciones de cuarzo.(Champi, 2015).

e. Volcánicos post – mineral.

Las mayores secuencias piroclásticas son reconocidas en Cuajone, separadas por la formación quebrada Chuntacala y ahora por el minado. Estos son los volcánicos Hualillas y los volcánicos Chuntacala del lado sur y lado norte de la mina respectivamente, Sus edades son 17 - 22 millones de años para Hualillas y de 9 – 14 millones de años para Chuntacala.(Champi, 2015)

B. Estructuras.

a. Fallamiento.

Son estructuras con orientación NO - SE (más específicamente con dirección 130° AZ), estos dominan completamente la estructura geológica de la mina Cuajone, este es un buzamiento regional. Los siguientes cuerpos geológicos tiene un buzamiento NO - SE; el cuerpo central principal de brecha, el

emplazamiento lateral, las ramificaciones estructurales del principal stock de latita.

b. Fracturamiento.

El fracturamiento dominante encontrado dentro de las rocas intrusivas y pre - mineral en la mina de Cuajone es muy común en los depósitos porfiríticos, “el stockwork”; Este es un intenso y regular fracturamiento cruzado, concéntrico causado dentro del stock intrusivo, a causa de las tremendas presiones usadas para la intrusión de magmas y fluídos hidrotermales de alta presión.

En Cuajone la parte superior del intrusivo, sumado al volcánico pre - mineral adyacente, fueron afectados por fracturamiento tipo “stockwork” el cual facilitó la entrada de fluídos hidrotermales que alteraron y mineralizaron las rocas.

C. Alteraciones.

a. Alteración Hidrotermal.

Una zona de alteración de 3 - 4 Km de diámetro ha sido reconocida en Cuajone. Hay un control sobre la alteración hidrotermal usada por la mineralización pre-existente en Cuajone. Rocas principalmente dominadas por ensambles cuarzo - feldespatos fueron alteradas a filica -argílica, mientras aquellas conteniendo ferro-magnesianos fueron alteradas a biotita - clorita.

La alteración de arcillas es muy intensa en Cuajone, el cual podría ser considerada como “altamente arcillosa” comparada con otros depósitos; Esta arcilla de origen hipógena y supérgena, con un anormal contenido alto, a causa de las tensiones y el fracturamiento en el área de mina, proveyeron de canales para el ascenso y descenso de fluidos.

b. Alteración Fílica.

Un contenido balanceado de cuarzo y sericita (fílica), además de la menor alteración de arcillas domina la mineralogía sílica en la zona mineralizada de Cuajone, siendo la alteración dominante en los stocks de latita porfirítica de la mina; los fenocristales de cuarzo permanecen en su textura original, donde el feldespato ha sido hidratado a sericita y arcillas, esto está rodeado de una red de venillas de cuarzo con silificación adyacente.

c. Silificación.

Intensa silificación adyacente es encontrada dentro de la riolita no - lixiviada en el sur de la zona mineral, la alteración sílica casi totalmente destruyó la textura mineralógica original. La zona central de brecha es también altamente silificada, como son ciertamente áreas dentro de la latita porfirítica. Además de la matriz

de silificación, son encontrados múltiples estados de venillas de cuarzo en este tipo de alteración.

d. Alteración argílica.

Además de los minerales arcillosos como la caolinita, la montmorillonita, la Ilita y la dickita, esta zona incluye significativas cantidades de clorita y biotita. La alteración argílica es casi exclusiva de las andesitas basálticas y es de origen tanto hipógena como supérgena.

e. Alteración Potásica.

Ha sido reconocida por perforaciones diamantinas principalmente en el sector NE del yacimiento.

En la andesita basáltica es caracterizada principalmente por la presencia de biotita secundaria fina. En la latita porfirítica al SE del yacimiento, esta ha sido determinada en profundidad en forma de venillas con contenido de feldespato potásico, magnetita y biotita secundaria.

D. Mineralización.

a. General.

La zona de mineralización de Cuajone tiene una extensión de 2 200 x 1 000 m, alongado hacia el NO-SW. La mineralización de Cuajone es típica por su forma regular, homogeneidad de ley, y

mineralógicamente simple, actualmente las reservas para Cuajone son de 1 242 millones de toneladas a una ley de 0.64% Cu.

b. Capa lixiviable.

Como en muchos pórfidos, una capa lixiviada se desarrolla sobre el mineral de Cuajone a causa de la disolución de cobre por aguas ácidas generadas por la reacción del agua de lluvia sobre la pirita. En el área de la mina la capa lixiviada es claramente visible en las riolitas al sur, donde aproximadamente con una potencia de 120 m de sobre encapado existen entre el contacto del volcánico post-mineral, con óxidos encontrados directamente debajo de los volcánicos post-mineral.

La capa lixiviada mineralógicamente es dominada por los óxidos de hierro (hematitas y limonitas), que nos dan la coloración rojiza, y aquellos de manganeso como la pirolusita.

c. Óxidos.

La zona de óxidos se formó cuando las percolaciones hacia abajo del agua subterránea, conteniendo cobre en solución encontraron condiciones de cambio de pH – eh, el cual resultó en la precipitación de óxidos, hidróxidos, carbonatos y silicatos de cobre. La zona oxidada en Cuajone es originalmente de forma tabular casi horizontal, es un cuerpo de alrededor 15 m de potencia, la mayoría

de la cual no ha sido minado aún, el óxido de cobre es depositado para una futura lixiviación.

La mineralogía de la zona oxidada consiste de crisocola, malaquita, calcantita, más cobre nativo, cuprita y tenorita, estas ocupadas principalmente como manchas y en fracturas.

d. Zona enriquecida.

La zona enriquecida en Cuajone es definida mineralógicamente por la predominancia de sulfuros secundarios sobre formas de mineralización económica, los cuales usualmente se reflejan en una rápida caída en ley debajo de la sábana de enriquecimiento, el cual tiene un promedio de 20 m, la zona ha sido mayormente minada y la verdadera zona enriquecida es encontrada en los bordes de la zona mineral.

La mineralogía es principalmente; calcosita, con menos bornita, digenita y covelita. La formación de calcosita refleja verdaderamente la zona enriquecida del sulfuro primario original, donde este fue diseminado, la calcosita ocurre como granos finos, donde las venas de sulfuros resultan en venas de calcosita.

e. Zona mineralizada.

Localmente, calcopirita y calcosita pueden coexistir en forma masiva, llenando cavidades mayores de 2 cm. de ancho. En la latita, la cual domina la actual zona mineralizada, la situación típica es encontrar calcopirita en venas de cuarzo y diseminadas dentro de áreas silicificadas adyacentes, con calcositas en fracturas.

f. Zona primaria.

Esta es simplemente pirita - calcopirita, con menos bornita y enargita, en venillas y finamente diseminadas dentro de un stock principal de latita porfirítica. En rocas andesíticas conteniendo clorita, calcopirita y encontrando emplazamiento de este mineral en venas y grupos. Dentro de la zona de brecha, trazas de enargita, tetrahedrita, esfalerita y galena pueden ser encontradas.

g. Mineralización de zona de molibdeno

El molibdeno es un significativo sub - producto en Cuajone. Esto ocurre económicamente en sulfuro formando molibdenita, el cual es generalmente encontrada en tres diferentes formas en Cuajone; Finamente diseminado (generalmente detectado sólo al microscopio), cristalino en venillas de cuarzo, y en fracturas como relleno. La ocurrencia de la mineralización de molibdeno

independiente de otro sulfuro económico sugiere una fase de mineralización separada.

2.3.3. Descripción de las operaciones mineras de Cuajone

La operación de minado se realiza por el método de tajo abierto, en la mina Cuajone se produce 90 mil toneladas métricas de mineral al día con una ley promedio de 0.60% de cobre. La mina está dividida en once fases de minado hasta alcanzar el límite final del tajo, actualmente se encuentra en explotación las fases de minado 5, 6 y 8. Cuajone es una mina que diariamente extrae más de 475.000 Tm/día. La perforación se realiza con máquinas rotativas en taladros de 16 metros de altura y 12 ¼ de pulgadas en diámetro, en la actualidad se cuenta con 8 máquinas perforadoras (2 recién adquiridos: una (D16) por remplazo de la D10 y otra (D17) por adición) y 3 máquinas de martillo en el fondo para la perforación del pre-corte.

Los distintos tipos de materiales a transportar son sulfuros de baja ley menores a 0,3 % en cobre depositados en botaderos, óxidos que son llevados a planta de lixiviación y mineral transportados a las tolvas de transferencia.

La transferencia del mineral hacia la planta chancadora se realiza por medio de trenes, los puntos de acumulación del mineral son llamados hoppers o tolvas de transferencias llamadas B y C

cuyas capacidades son de 2.000 toneladas cada uno aproximadamente, para el continuo envió de mineral se utiliza cinco trenes los cuales poseen 17 vagones cada uno con capacidad de 75 toneladas.

La sexta y octava fase de minado en mina Cuajone se encuentra en ejecución, para ello, todo lo relacionado con el desbroce se realiza con cuatro palas gigantes (Se tiene en total 07 palas, la última P07 entró en operación después de 2 meses de ensamblaje la segunda semana de julio del 2014).

A. METODO DE EXPLOTACION

En Cuajone se tiene bancos con 15 metros de altura uniendo los niveles por medio de rampas con gradientes entre 8 y 10% y carreteras (incluyendo rampas) con un ancho hasta 40 m.

Los ángulos de talud de trabajo (operación) varían entre los 37º y 47º y de banco de 75º (Figura 23).

B. Carguío y acarreo

a. Carguío

Se emplean palas eléctricas con capacidades de hasta 56 yd 3 (80 TM) las que a su vez alcanzan rendimientos de hasta 6OOOTM/hora.

El número de palas es de 7 y 2 cargadores frontales; 5 de estas palas son de la marca P&H, 2 de ellas son Bucyrus (Figura 24).

i. Equipos auxiliares

Los equipos auxiliares incluyen:

• Nueve tractores de ruedas,

• Doce tractores de oruga Caterpillar,

• Un cargador frontal CAT 988,

• Tres cargadores frontales CAT 966,

• Un cargador frontal CAT 992,

• Siete motoniveladoras, y

• Cinco tanques CAT 785.

b. Acarreo

El acarreo de material en Cuajone se realiza con flotas de:

- 12 volquetes Komatsu 830- E de 218 TM.
- 8 volquetes Caterpillar 793- C de 231 TM.
- 15 volquetes Komatsu 930 - E de 290 TM.
- 15 volquetes Caterpillar 797- F de 360 TM.

El equipo de acarreo de mineral desde las tolvas de mineral hacia la chancadora, consta de 6 convoyes compuestos de:

- 1 locomotora General Electric - U23B
- 17 vagones de 77 TM de capacidad cada uno de ellos.

Para el transporte de óxidos el convoy se arma de la siguiente manera:

- 1 locomotora General Electric - U23B
- 9 vagones de 77 TM de capacidad cada uno de ellos.

2.3.4. Operaciones unitarias – servicios auxiliares mineros

El objetivo de dicha actividad es “mantener la operación en condiciones operativas, garantizando que las operaciones unitarias se realicen con el mejor rendimiento y el mínimo riesgo”, lo cual se puede resumir en las siguientes actividades:

- Construcción, habilitación y mantención de caminos y accesos (y otros),
- Mantención de Botaderos,
- Limpieza de accesos, cunas, rampas,
- Manejo de materiales (no mineros),
- Apoyo directo a operaciones y movimiento de cables (carguío, traslado de equipos, etc.)

Constantemente en la mina y alrededores de ella se realizan tareas de mantención, construcción y apoyo, por lo que se puede decir que estas actividades se realizan rutinariamente.

El objetivo fundamental es facilitar y prestar apoyo necesario a las operaciones unitarias productivas (directas), con el único fin de dar un rendimiento óptimo a dichas operaciones.

Dicha operación se realiza con los equipos adecuados, según sea la necesidad. En relación de las actividades a realizar y realizadas, las características de la explotación, los equipos, la operación y el mercado, se pueden obtener costos de operación que fluctúan entre un 12 % a un 20 % del costo global de la operación de la mina, pudiendo ser mayores o menores dependiendo de las condiciones de la mina.

A. MOVIMIENTO DE CABLES

a. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO SPCC

El sistema eléctrico de SOUTHERN PERU tiene una configuración enmallada en 138 kV y es alimentada principalmente por la barra 138 kV de la Subestación Moquegua 220/138 kV, seguido de la barra 138 kV de la S.E. Ilo 1, que depende principalmente del despacho de generación de las centrales térmicas que programa el COES - SINAC.

Adicionalmente es alimentado por las C.H. Aricota 1 y 2, mediante la LT 138 kV Toquepala – Aricota 2. Dicho sistema eléctrico alimenta a la totalidad de las cargas de SOUTHERN que se encuentran distribuidos en las subestaciones Botiflaca, Push Back, Mill Site, Quebrada Honda y Fundición, todas estas subestaciones se encuentran conectados directamente al anillo en 138 kV.

Mientras que de forma radial se alimenta a Refinería y Lixiviación también en 138 kV.

La capacidad de transformación de las subestaciones de propiedad de SOUTHERN PERU es:

- S.E. Push Back (138/69 kV) = 14MVA
- S.E. Refinería = 44,8 MVA
- S.E. Fundición = 140 MVA
- S.E. Quebrada Honda = 7,5 MVA
- S.E. Mill Site = 113,3 MVA

- S.E. Lixiviación = 112 MVA
- S.E. Botiflaca (138/13,8/6,9 kV) = 174 MVA
- S.E. Botiflaca (138/69 kV) = 30 MVA.

b. SUBESTACIÓN PUSH BACK

La línea de tensión 138Kv llega a la subestación Push Back, la cual transforma a 69kv, esta corriente denominada anillo 69, rodea al tajo, los cuales repartida a las subestaciones que luego son transformadas a 4.16Kv y 7.2Kv, las cuales son repartidas a las casetas (switch house), ubicadas en las zonas de operación para la alimentación de energía de palas y perforadoras a través de cables de fuerza. LINEAS DE ALTA TENSION Y CASETAS (Figura 20 y Figura 21).

c. LINEAS DE ALTA TENSION

Las líneas de alta tensión estas divididas en toda la mina en 10 subestaciones de 7.2 kv las cuales alimentas a las perforadoras y palas eléctricas (Figura 19).

Tabla 2
Número de subestaciones de líneas de alta tensión.

Numero de Subestación	Voltaje
1	7.2 KV
3	7.2 KV
4	7.2 KV
5	7.2 KV
6	7.2 KV
7	7.2 KV
8	7.2 KV
9	7.2 KV
10	7.2 KV

Fuente: Contrata Selin

d. LINEAS DE ALTA TENSION PARA EQUIPOS.

i. Líneas de alta tensión para palas.

Tabla 3
Líneas de alta tensión para las palas

Equipo	Voltaje
Pala 01	7.2 KV
Pala 02	7.2 KV
Pala 03	7.2 KV
Pala 04	7.2 KV
Pala 05	7.2 KV
Pala 06	7.2 KV
Pala 07	7.2 KV

Fuente: Contrata Selin

ii Líneas de alta tensión para perforadoras

Tabla 4
Líneas de alta tensión para perforadoras

Equipo	Voltaje
Perforadora. 11	7.2 KV
Perforadora. 13	7.2 KV
Perforadora. 14	7.2 KV
Perforadora. 15	7.2 KV
Perforadora. 16	7.2 KV
Perforadora. 17	7.2 KV

Fuente: Contrata Selin

2.3.5. Descripción de operaciones de movimiento de cables

A. Procedimiento repliegue y jalado de cable

El supervisor Selin 1, coordina con Supervisor del área de SPCC (O1, B1, k1,) la tarea a ser asignada (lugar, hora y tiempo de ejecución) y los recursos de personal, equipos, herramientas y materiales requeridos. El Supervisor Selin 1 ordenara la tarea a ser realizada al grupo asignado Camión cablero (k22, K23, K24). El personal se dirigirá al lugar de trabajo donde identificará los peligros y evaluará los riesgos del lugar de trabajo.

El líder de grupo o supervisor comunicara al supervisor de área SPCC el inicio de trabajo.

De ser necesario desenergizar el cable eléctrico, previamente se coordina con el operador K-1. El supervisor Selin 1 coordinara con los electricistas de SPCC para que corten energía en Switch House.

Antes de manipular cable fuerza se verificará que el cable no se encuentre cortado, el recubrimiento, si se encuentra atrapado, enredado.

Ordenar el cable energizado con guantes dieléctricos puestos obligatoriamente.

Manipular el cable realizando los dobles lo más amplio posible para evitar el estrangulamiento con la soga o gancho de las perforadoras.

Colocar el cable sobre los conos este no debe de quedar tensado, evitar esfuerzo innecesario colocando el cono encima del cable.

Se debe verificar el mufle antes de levantarlo y colocarlo sobre dos conos separados uno a cada lado de la conexión, realizar orden y limpieza.

Retirarse del cable manteniendo una distancia prudente mayor a 10 metros.

El Capataz comunicara vía radio frecuencia 11 el término de la tarea a supervisor y confirmara la reposición de energía, seguidamente el supervisor, coordina con los eléctricos para la reposición de energía en Switch House, desbloqueando y retirando su tarjeta de bloqueo (lock out y tag out)

El Capataz comunicara vía radio frecuencia 11 el término de la tarea al supervisor.

Terminado la Tarea el Supervisor Comunicara a supervisión del área de SPCC (O1, B1, k1,) el Termino de la Tarea y retiro del lugar.

B. PROCEDIMIENTO REGULAR EL CABLE DEL LAGARTO

El supervisor Selin 1, coordina con Supervisor del área de SPCC (O1, B1, k1,) la tarea a ser asignada (lugar, hora y tiempo de ejecución) y los recursos de personal, equipos, herramientas y materiales requeridos.

El Supervisor Selin 1 ordenará la tarea a ser realizada al grupo, el personal se dirigirá al lugar de trabajo donde identificará los peligros y evaluará los riesgos del lugar de trabajo.

El supervisor de Selin 1, coordinara y planificara con el Capataz Cablero y los ayudantes el trabajo de regular el cable y coordinara vía radio frecuencia 11 con el supervisor de SPCC la confirmación para el corte de energía de la Pala.

El supervisor ordenara el corte flujo de energía de la pala, comunicara a su capataz cablero vía radio frecuencia 11 que la Pala se encuentra des energizado y que pueden trabajar.

El supervisor o el capataz con los ayudantes des aflojaran las tuercas de ajuste de la abrazadera del lagarto con la llave francesa, verificando los hilos del perno de ajuste. El ayudante jalara el cable de fuerza, regulando el cable respecto al cable acerado.

El cable se jala 02 metros más largo del cable de acero que regula la longitud, fijado al lagarto.

Terminado de jalar el cable se ajustará las tuercas con la llave francesa, si no se alcanza el ajuste se coloca un envolvente (jebe o trapos) al cable fuerza para un mejor ajuste.

El Capataz comunicara vía radio frecuencia 11 el término de la tarea supervisor confirmando la reposición de energía de la Pala.

El supervisor de Selin, coordina con los eléctricos para la reposición de energía, desbloqueando y retirando su tarjeta de bloqueo (lock out y tag out)

Terminado la Tarea el Supervisor Comunicara a supervisión del área de SPCC (O1, B1, k1) el Termino de la Tarea y retiro del lugar

C. PROCEDIMIENTO CAMBIO DE CABLES EN LOS PUENTES AÉREOS

El supervisor de SELIN SRL, coordina con Supervisor del área de SPCC (O1, B1, k1,) la descripción de los trabajos a ejecutar (lugar, hora y el cambio de cable del puente aéreo).

Líder de grupo recibirá la orden del supervisor para realizar el trabajo, el supervisor solicita el apoyo de un equipo para trasladar y para ubicar el puente aéreo con el cable malo a reemplazar a una zona segura libre de circulación de volquetes de taludes con material de derrame y roca suelta.

Si no se tiene un puente aéreo para el cambio, se inspecciona el área de trabajo, el supervisor pide autorización a “O1” para el cambio de cable del puente aéreo en el lugar. “O1” comunicará a los volquetes que circulan por el lugar que el camión cablero se encuentra cambiando cable al puente aéreo.

El supervisor Selin 1, coordina con el capataz conductor y los ayudantes cableros el cambio de cable en los puentes aéreos, también coordina con L14, L44, L34 secciona el switch con y con sus candados de bloqueo que alimenta al equipo y, comunica a su líder de grupo que se encuentra seccionado y que pueden trabajar.

El capataz con los ayudantes desconectaran el mufle-conector y replegará uno de los lados del puente aéreo para cambiar los cables fuerza las cunas, estas deben estar alineadas y separadas una distancia dos veces la longitud del estrobo.

Desenrollar el cable en el poste del puente aéreo. El camión cablero retrocederá hasta el ojal del cable de acero y enganchará el cable de acero que iza la roldana.

Retirar el cable malo de la cuna del puente aéreo, recogiéndolo directamente al camión cablero o jalándolo de la cuna del puente aéreo al piso a un lugar seguro para luego recogerlo el cable.

La descarga del cable bueno se realizará en un lado cuna del puente aéreo midiendo la equidad del cable, uno seis a diez ochos (cable necesario para que la pala pueda levantar el lagarto en su avance en el traslado).

Colocar el cable bueno al carril de la roldana, en el lado donde el cable está en la cuna (cable de la cuna que pasa por el lagarto y va a la pala).

El camión cablero se posicionará para enganchar ojal del cable de acero, se enganchará el cable de acero al camión cablero. El cable fuerza no debe de estar cruzado, al izar las roldanas, deben de estar alineadas a fin de evitar que el cable quede atrapado entre los brazos y el carrete de la roldana seguidamente el camión cablero, la camioneta o un tractor sobre ruedas (Torito) jalara el cable hacia adelante para levantar la roldana y ubicarlo en la parte alta del puente. Cuando la roldana se encuentre en la parte superior, se enganchará al gancho del poste del puente aéreo, luego el camión cablero, la camioneta o el tractor sobre ruedas (Torito) retrocede para soltar el cable de acero que se jalo con el vehículo.

Si el cable fuerza queda atrapado entre los brazos y el carrete de la roldana, se baja la roldana al piso. Se procede liberar el cable atrapado con una herramienta de palanca (pata de cabra y/o barreta 0.60m longitud) o amarrar la roldana a la cuna y jalar el cable atrapado.

Terminado de izar el cable bueno se procederá a volear el cable bueno en ochos a la cuna del puente aéreo, se realizará Orden y limpieza al finalizar la tarea.

El líder de grupo comunicara vía radio frecuencia 11 el término de la tarea al supervisor.

D. PROCEDIMIENTO CAMBIO DE PUENTES AÉREOS DE LAS PALAS

El supervisor de SELIN SRL, coordina con Supervisor del área de SPCC la descripción de los trabajos a ejecutar y los recursos de personal, equipos, herramientas y materiales requeridos.

El líder de grupo, ordena demarcar y señalar al área de trabajo como zona de restricción de ingreso de personal no autorizado.

El Supervisor de Turno de SELIN 1, deberá coordinar con el Jefe de Guardia “O1”, que el puente aéreo con cable malo deberá ser retirado del piso de la pala, para ubicarlo y/o trasladarlo en una zona con espacio y libre de circulación de volquetes para el cambio de cable.

El operador del camión K23/K24/K22 inspeccionara el área de trabajo y selin 1 ordena el cambio del cable de P.A. Selin 1 coordinara con O1,O2 para que comuniquen a los volquetes que circulen por el lugar que el camión cablero está cambiando cable al puente , seguidamente deberá coordinar con los ayudantes cableros el cambio de cable, con el camión jalar el cable de acero del puente para bajar

las rondanas de los dos lados con el apoyo de los ayudantes cableros en dirigir el camión y retirar el cable malo.

El camión guiado por uno de los ayudantes, se debe de estacionar al costado de la “CUNA”, quedando el tambor que se va a descargar al costado de la “CUNA”. El cable se dejará en las CUNAS midiendo la equidad del cable.

El primer ayudante cablero operador del tambor retirará el seguro del tambor y procederá al giro del tambor de tal manera que la descarga del cable sea más fácil. La posición de los ayudantes cableros para la descarga del cable será el siguiente: el operador de camión estacionará su equipo en forma correcta, segura y señalizado con conos, luego ayudará en el armado del cable en forma de ocho de la “CUNA”, el primer personal estará al mando de los controles del tambor, el segundo personal y tercer personal tenderán en forma de ocho sobre la “CUNA” una vez que el cable empiece a caer.

Para el desenganche, de la cabeza final del cable del tambor, el segundo ayudante, deberá subir a la plataforma del camión y en coordinación con el que está operando los controles del tambor, deberán de desenganchar para que posteriormente sea bajada a la “CUNA”, evitando cualquier posible golpe.

Habiendo dejado el cable en las dos CUNAS, colocar el cable en las rondanas y luego proceder a asegurar, posteriormente se procederá a jalar el cable de acero del puente aéreo con el camión

cablero o apoyo de un tractor sobre ruedas (Torito), para levantar las rondanas y ubicarlo en la parte alta del puente y asegurar.

Habiendo armado el puente aéreo con el cable bueno se procederá a retirar el cable malo en el tambor del camión.

E. PROCEDIMIENTO INSTALACION Y RETIRO DE PUENTES AEREOS EN VIAS

El supervisor de SELIN SRL, coordinara con Supervisor del área de SPCC la descripción de los trabajos a ejecutar (lugar, hora) y los recursos de personal, equipos, herramientas y materiales requeridos, también se coordinará y planificara con los líderes la tarea a ser asignada.

a) El líder de grupo planificara los trabajos en campo con los ayudantes según la coordinación con el SELIN 1. Antes de efectuar el movimiento se efectuará la inspección del área por donde se va desplazar (terreno, líneas de alta).

b) El supervisor de Selin Junto con el operador del camión K23/K24/K22 y sus ayudantes inspeccionara y evaluaran las condiciones del terreno por donde se trasladará las cunas y puentes y coordinara con el Jefe de Guardia de SPCC “O1” para el apoyo del movimiento; si va a requerir del apoyó del equipo liviano tractor de oruga, cargador frontal y

motoniveladora y pedirá autorización al “O1” (jefe de guardia de SPCC) para el movimiento de puentes aéreos de las palas.

Cuidando que el cable no sea pisado por la misma “CUNA” del puente aéreo y vehículo pesado (torito) que puedan ver en el trayecto, además se debe tener el cuidado con las líneas de alta tensión. “O1” comunicará a los volquetes que circulen por el lugar que se está trasladando los puentes aéreos a un área que será designado para su instalación. Esta coordinación es indispensable de tal manera que se haga el trabajo con seguridad, ya que en estos lugares hay movimientos con equipo pesado.

El movimiento y/o traslado de puentes aéreos debe realizarse con una persona en el piso quien está atento ante cualquier situación de peligro, daños al cable, al puente aéreo, que dará aviso al operador del equipo.

Todas las maniobras para traslado de puentes aéreos deben realizarse despacio, cuidadosamente. Estar atento a las indicaciones ante cualquier imprevisto (la caída de postes durante el movimiento puede causar daños a la persona y/o equipo).

Finalizado el movimiento y/o traslado del puente aéreo, el cable de fuerza debe quedar arreglado en "ocho" sobre la cuna del puente aéreo.

F. Corte y Reposición de Energía Switch House

El supervisor Selin 1, coordina con Supervisor del área de SPCC (O1, B1, k1) el cable que se va acomodar (lugar, hora y tiempo de ejecución) y los recursos de personal, equipos, herramientas y materiales requeridos y ordenara el trabajo a ser realizado a los grupos.

El personal se dirigirá al lugar de trabajo donde identificará los peligros y evaluará los riesgos del lugar de trabajo.

El Supervisor Selin 1 coordinara con el supervisor SPCC O1, B1, K1, para la autorización del corte de energía y obtener la autorización para el corte de energía llamara al personal eléctrico L14 o L44 según la zona en mina en la frecuencia 03 para coordinar el corte de energía “Perforadora o Pala parada puede proceder el corte”. También el supervisor deberá de bloquear y etiquetar en el Switch House. Si el corte de energía es de tiempo corto el supervisor debe de permanecer en el Switch House como vigía, terminado el trabajo puede comunicar al operador eléctrico L14 o L44 reponer la energía al equipo que se secciono la energía y comunica por radio al líder de grupo/supervisor de Selin que pueden trabajar, “El equipo se encuentra sin energía, pueden desconectar el Mufle”, para aumentar el cable, eliminar cable, regular cable lagarto, cambiar cable reel según requerimiento”.

Terminado el trabajo, el líder de grupo comunicara por radio al supervisor Selin que se puede reponer la energía a la perforadora o

pala parada. Al momento de energizar los equipos palas o perforadoras el supervisor Selin 01 comunicará y advertirá al personal de alejarse aproximadamente 10 m. del mufle para proceder a reponer energía.

El supervisor Selin 1 comunicara al personal eléctrico SPCC la reposición de energía, procediendo a retirar tarjetas y candados de bloqueo (lock out, Tag out) y verificara la línea de la sub estación, esta debe de encontrarse libre para poder dar energía a la perforadora o a la Pala, si la sub estación se encuentra sobrecargada solicitar la autorización de los supervisores de SPCC (K1, B1).

Terminado de reponer energía el supervisor de Selin comunicara a k1, B1 ó O1 que el equipo se encuentra con energía y verificar que los equipos cuenten con energía al ser afectados por el seccionamiento línea de la subestación por el retiro Switch House, la coordinación debe de efectuarlo con personal eléctrico L-7.

G. PROCEDIMIENTO APOYO TRASLADO DE PALAS

El supervisor Selin 1, coordina con Supervisor del área de SPCC (O1, B1, k1) el cable que se va acomodar (lugar, hora y tiempo de ejecución) y los recursos de personal, equipos, herramientas y materiales requeridos y ordenara la tarea a ser realizada.

El personal se dirigirá al lugar de trabajo donde identificará los peligros y evaluará los riesgos del lugar de trabajo.

El líder grupo o supervisor solicitara permiso para iniciar la tarea al supervisor Selin 1. quien Coordinara con supervisión del área de SPCC (O1, B1, k1,) para iniciar la tarea. EL supervisor Selin 01 dará la confirmación para el inicio de tarea al líder grupo o supervisor, la comunicación será vía radio frecuencia 11 e inspeccionará el terreno por donde se trasladará la pala, perforadora y coordinará con el Jefe de Guardia de SPCC “O1” para el apoyo del movimiento y si va a requerir el cambio de alimentación de acuerdo a la nueva ubicación de la pala o perforadora.

Si va a cambiar de alimentación la pala, el operador del camión comunicara a “O1” que se está tendiendo cable de fuerza y su ubicación. “O1” comunicará a los volquetes la ubicación donde se esté tendiendo el cable. La posición de los ayudantes cablero para el tendido de cables será como sigue: el conductor conducirá el camión, el primer ayudante estará en la plataforma manipulando los controles del tambor y el segundo ayudante coordinará con el tamborista y el conductor, de tal manera que el cable no se dañe por operaciones propias.

La coordinación entre el conductor, el operador del tambor y el segundo ayudante en piso, debe ser precisa y oportuna, para evitar templadas del cable.

En el tendido del cable, cada 50 metros, se debe de dejar un medio ocho, sirviendo esto para evitar posibles templadas del cable que le producirán daño y colocarlo sobre conos.

Para el inicio del movimiento de la pala el Supervisor de SPCC deberá coordinara con el Jefe se Guardia “O1”, personal de SELIN SRL deberá apoyar en la manipulación del cable de fuerza boleando en ochos en la “CUNA” del puente aéreo de la pala y cuidar que el cable no sea pisado por la misma “CUNA” del puente aéreo y vehículo pesado (torito), motoniveladora y tractor.

H. PROCEDIMIENTO APOYO TRASLADO PERFORADORA

El supervisor Selin 1, coordina con Supervisor del área de SPCC (O1, B1, k1,) el cable que se va acomodar (lugar, hora y tiempo de ejecución) y los recursos de personal, equipos, herramientas y materiales requeridos y ordenara la tarea a ser realizada.

El personal se dirigirá al lugar de trabajo donde identificará los peligros y evaluará los riesgos del lugar de trabajo, el líder grupo o supervisor solicitará permiso para iniciar la tarea a supervisor Selin 01. quien Coordinara con supervisión del área de SPCC (O1, B1, k1,) para iniciar la tarea. EL supervisor Selin 01 dará la confirmación para el inicio de tarea al líder grupo o supervisor, la comunicación será vía radio frecuencia 11

El operador del camión K23/K24/K22 inspecciona el terreno por donde se trasladará la perforadora y coordinara con el Jefe de Guardia de SPCC “O1” para el apoyo del movimiento y si va a requerir el cambio de alimentación de acuerdo a la nueva ubicación de la

perforadora. Si va a cambiar de alimentación a la perforadora, el operador del camión comunicara a “O1” que se está tendiendo cable de fuerza y su ubicación. “O1” comunicará a los volquetes la ubicación donde se esté tendiendo el cable.

La posición de los ayudantes cableros para el tendido de cables será como sigue: el conductor deberá conducir el camión, el primer ayudante estará en la plataforma manipulando los controles del tambor y el segundo ayudante coordinará con el tamborista y el conductor, de tal manera que el cable no se dañe por operaciones propias.

La coordinación entre el conductor, el operador del tambor y el segundo ayudante en piso, debe ser precisa y oportuna, para evitar templadas del cable.

En el tendido del cable, cada 50 metros, se deberá de dejar un medio ocho, sirviendo esto para evitar posibles templadas del cable que le producirán daño y colocarlo sobre conos.

Para el inicio del movimiento de la perforadora el Supervisor de SPCC deberá coordinar con el Jefe de Guardia “O1”, personal de SELIN SRL deberá apoyar en la manipulación del cable de fuerza con el camión si se requiere para jalar el cable, se deberá cuidar el cable enrollado en el carrete de la perforadora para que no sea pisado por la oruga de la perforadora.

a. Colocación de Conos al Cable y Mufles de 7.2KV

El supervisor Selin 1, coordina con Supervisor del área de SPCC (O1, B1, k1,) el cable que se va acomodar (lugar, hora y tiempo de ejecución) y los recursos de personal, equipos, herramientas y materiales requeridos y ordenara el trabajo a ser realizado al grupo

El personal se dirigirá al lugar de trabajo donde identificará los peligros y evaluará los riesgos del lugar de trabajo.

El operador del camión una vez tendido el cable ordenara a sus ayudantes la colocación de los conos porta cables a los mufles y al cable, si el cable esta tensado colocar el cono a lado del cable, así mismo los cables deberán estar señalizados con conos porta cables a cada 50 metros.

Si existe alto tránsito de volquetes el capataz conductor cablero comunicara supervisor Selin 1 y este a su vez comunicara a supervisor del área de perforación y disparos, K-1 y/o B-1, quien comunicara al jefe de guardia de operaciones mina para que tengan cuidado que en esa zona se está realizando trabajos colocación de cono porta cable.

2.3.6. Switch House (casetas)

En la operación de equipos eléctricos que son alimentados con cables de alto voltaje (4160 V) se requieren un conocimiento básico y seguro de la manipulación del switch house en la acción de corte y reposición de la corriente mas no en otras acciones que son tareas autorizadas para personal capacitado de Electricidad Mina. Por tal motivo debe ser de conocimiento de toda la supervisión y de los trabajadores que por la naturaleza de su trabajo tenga que manipular estas casetas (los cableros).

A. PROCEDIMIENTO DEL TRABAJO

1. Asegúrese de usar sus implementos de seguridad adecuados.
2. Identificar la caseta de donde obtiene energía el equipo.
3. Identificar el tipo de caseta (switch house).
4. Identificar que otros equipos toman corriente de dicha caseta.
5. Identificar los enchufes y el estado de estos.

B. Procedimiento para DESENERGIZAR una Maquina.

Asegúrese que la maquina a la cual está conectada el Switch house está detenida, adecuadamente estacionada y apagada.

Asegúrese que el lado del switch house que va a operar corresponde a la máquina que quiere DESENERGIZAR, esto es, la

puerta del lado del Switch House respectivo, debe tener colgado el cartel de identificación del equipo que alimenta.

Opere el manubrio de apertura del interruptor de fuerza (OCB) girando hacia TRIP el switch (1) que luego de esta acción debe indicar un color verde.

Luego accionar el interruptor (2) que se encuentra en la parte inferior. hacia la izquierda a la posición de OFF, y luego bajar la palanca (3) por el lado izquierdo hacia OPEN.

Proceda a Colocar su tarjeta de Seguridad (Verde para el personal de Operaciones Mina, Y amarillo, para Electricistas), en el agujero respectivo.

Voltear el cartel de identificación del Equipo que está colgado en la puerta del lado del Switch house que está operando, de tal manera que se lea “PELIGRO GENTE TRABAJANDO “.

Desconectar la cabeza del cable del lado que se abrió el switch house para mayor seguridad.

Cerrar las puertas del Switch House, proceder a Autorizar el inicio de los trabajos requeridos.

C. Procedimiento para ENERGIZAR una Maquina.

1. Asegúrese que el personal que estaba trabajando en los cables de alimentación del equipo que quiere ENERGIZAR se ha retirado y este fuera de peligro; asegúrese también que todos los cables estén correctamente conectados hasta el equipo y proceda a conectar el cabezal del cable al Switch House.
2. Asegúrese que el lado del Switch house que va a operar corresponde a la máquina que quiere energizar; Retire SU tarjeta de seguridad. (La persona que coloco su tarjeta es la Única que puede retirarla. -En caso de que por razones justificadas (enfermedad, etc.); es EL JEFE de sección o su Reemplazante previa verificación que no haya ningún trabajador en la línea o el equipo.
3. Seguir la siguiente secuencia:
   a) Subir la palanca (3) hacia **CLOSE**.
   b) mover hacia la derecha **ON** el interruptor (2) de la parte inferior.
   c) y luego girar el switch (1) hacia **CLOSE** el indicador de este indicará el color rojo.

Arreglos de distribución de superficie Mina.

El sistema de energía en la mina se divide en tres tipos:

- Transmisión
- Subtrasmisión
- Distribución
- Utilización

Dependiendo el tipo de operación, los sistemas de distribución y de utilización pueden ser muy variantes, dichas funciones puedes ser manipuladas en el mismo sistema.

La ubicación de la subestación en la mina es siempre por lo general un compromiso económico. Desde la subestación principal, la potencia se distribuye a los diversos centros de carga en la operación.

Los circuitos de subtransmisión, subestaciones primarias, y las principales subestaciones casi siempre se encuentran en las zonas no afectadas por la operación minera. La distribución de energía en la Mina de superficie, en su forma radial más simple, se compone de una subestación, la distribución, y un centro de poder alimentar el equipo de minería.

D. CABLES

La mayoría de cables son tipo SHG-GC (5Kv de color negro, 8Kv de color amarillo y de 15Kv de color rojo). Este Cable portátil de media tensión para servicio extra pesado, usado como alimentador flexible en labores mineras de tajo abierto y subterráneo. Especialmente diseñado para la alimentación de palas, grúas, perforadoras y equipos mineros en movimiento con grandes exigencias de seguridad y de tipo mecánico, tales como tracción, rasgado, impacto, arrastre, etc.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

a. Manipulación de cable

Existe un equipo designado para el trabajo con los cables de fuerza, los cuales se encargan de la conexión, traslado y retiro de cables en toda la mina, para realizar estos trabajos se usan 2 camiones enrolladores de Cable con los cuales se realiza el tenido y recojo de cables que necesitan ser cambiados o trasladados.(Mendoza Chavez, 2009).

b. Corriente de sobrecarga

La temperatura de los conductores, aislamiento y chaquetas se elevan cuando se someten al conductor a una carga eléctrica. La resistencia del cobre se incrementa, la caída de tensión en el cable se incrementa, por lo tanto, se suministra un menor voltaje al equipo.

Como resultado el equipo requiere de mayor corriente para trabajar correctamente, por lo que genera un aumento de calentamiento en el cable. El aislamiento y la chaqueta de un cable de arrastre exhiben su máxima resistencia al abuso físico, al abuso de la temperatura del conductor por encima de 90°C o menos.

La capacidad de estos componentes para resistir a los daños disminuye con el aumento de la temperatura.

Las condiciones que normalmente causan pocas fallas en el cable pueden volverse un problema de repente. A temperaturas elevadas la chaqueta pierde resistencia a los cortes, aplastamiento, al rasgado y la abrasión.(Mendoza Chavez, 2009).

c. Daño Mecánico

Esta es una de las fuentes más prevalecientes de las fallas en el cable por el arrastre. Los factores para iniciar el daño mecánico incluyen: el corte, compresión (aplastamiento); perforaciones y abrasión. En los casos extremos del daño mecánico, la falla es instantánea y la causa puede identificarse en el terreno, muchas

veces, sin embargo, los componentes del cable solo “se dañan” y se convierten en simplemente fallas latentes.

En ese caso puede ser más difícil establecer claramente la causa exacta y poder tomar una acción remediadora.(Mendoza Chavez, 2009).

d. Subestación

Es una práctica minera común comprar toda o la mayoría de la energía de las compañías de servicios públicos si está disponible. Dado que los voltajes de la red eléctrica normalmente oscilan entre 24 y 138 kV, se requiere una subestación principal (primaria) para transformar los niveles entrantes

Hasta una tensión de distribución primaria para la mina. Además de tener el transformador. Las subestaciones contienen un complejo de interruptores, aparatos de protección y dispositivos de puesta a tierra, todos ellos con una función de seguridad. Subestaciones principales

Son a menudo instalaciones permanentes. La naturaleza de la operación minera y sus necesidades de energía determinan cuántas subestaciones principales son requeridas y dónde deben colocarse.

Pueden ser propiedad de la empresa de servicios públicos o de la compañía minera; La decisión de propiedad es

comúnmente dependiente de la economía. Sin embargo, si la carga total conectada es superior a 1.000 hp, la propiedad de la mina a menudo es más favorable.

Las subestaciones portátiles y unitarias son similares en operación a las subestaciones principales, excepto que sirven para transformar la tensión de distribución primaria a un nivel de distribución más bajo.

El término "unidad" significa que la subestación y el equipo de potencia están diseñados y construidos como un paquete. En un despliegue típico de minería en banda, una draga grande puede requerir 24 kV mientras que las palas de producción y otros equipos mineros necesitan 4.160 V.(Morley, 1979).

e. Switchhouses

Switchhouses son equipos portátiles que protegen los circuitos de distribución. Sus componentes internos principalmente dispositivos de protección, con la desenergización de circuito realizada por interruptores de desconexión. Disyuntores de aceite. O disyuntores de vacío. El switchhouse puede contener más de un conjunto completo de dispositivos, por ejemplo, un switchhouse doble. Que puede proteger independientemente dos circuitos salientes. Esta categoría abarca los interruptores de desconexión, que son equipos de potencia que sólo contienen dispositivos

manuales, con la función principal de permitir que la energía de la mina se elimine del suministro principal.(Morley, 1979).

f. Cable

Los cables llevan electricidad desde la subestación donde se toma energía de las líneas de la compañía de servicios públicos hasta el punto de utilización por una máquina de minería, bomba, cinta transportadora u otra unidad de equipo. Muchas variaciones en la distribución de la mina son posibles, y varios tipos de cables se pueden poner a un uso similar.

El tipo de cable recomendado depende de la aplicación. Algunos cables permanecen estacionarios durante años; Otros se mueven con frecuencia. Los cables conectados a máquinas de minería se denominan cables portátiles. Las regulaciones federales estadounidenses usan el término cables de arrastre para el tipo específico de cable portátil que se usa en las minas (MSHA 1981). Los cables de arrastre son ignífugos y flexibles.(Errath, 2006).

g. Acoplador

Los acopladores son los complejos enchufes y enchufes sofisticados utilizados en todo el sistema de distribución de minas para conectar maquinaria móvil a cables de arrastre, conectar cables entre sí y conectar cables a centros de potencia, estaciones de conmutación y subestaciones.(Morley, 1979)

h. Contacto

Los requisitos generales para los contactos del acoplador se resumen de la siguiente manera.

El sistema de contacto del acoplador debe

- Capacidad de carga de corriente adecuada y baja resistencia,
- La capacidad de soportar el acoplamiento repetido,
- Protección contra el abuso de los trabajadores,
- Una conexión fiable y fácil de hacer al conductor del cable,
- Oxidación y resistencia a la corrosión,
- Función de desacoplamiento que permite que un piloto o control de tierra se desenganche primero y los cables de tierra para desacoplar el último,

- Un sistema de guía para evitar la desalineación y flexión durante el acoplamiento,
- Una característica para permitir el reemplazo de contactos doblados o dañados.

Es importante que los pernos macho y hembra que se acoplan como el acoplador estén conectados sean de tamaño adecuado y tengan baja resistencia de contacto para evitar el calentamiento excesivo al llevar corriente.(Morley, 1979).

i. Costos

Es el sacrificio, o esfuerzo económico que se realiza para lograr un objetivo. Los rubros son diversos, como: Sueldos, Materiales, Servicios, etc. Es básicamente un concepto económico, es lo que influye en el resultado de la empresa.(Echegaray, 2015).

j. Operación mina

Cuando se reconocen las características del yacimiento minero y se decide extraerlo, se inicia el desarrollo y construcción de la mina, para luego pasar a producción o explotación minera que es el proceso de extracción del mineral.(Sociedad Nacional Mineria Petroleo y Energia, 2016).

k. Desarrollo y Construcción

En esta fase se culmina la planificación y se ejecutan los trabajos de infraestructura necesaria para realizar la explotación.

Es claro que los trabajos dependerán del método de extracción, así como de la infraestructura para el transporte del mineral. El estudio de factibilidad permitirá seleccionar el método de explotación (subterráneo o tajo abierto), de acuerdo a las características del yacimiento y su viabilidad.(Sociedad Nacional Mineria Petroleo y Energia, 2016).

l. Producción

Luego de haber delimitado la veta mineral, realizado los estudios necesarios y presentados los documentos y permisos necesarios, recién se puede obtener el mineral. La explotación minera es en sí misma es una etapa específica y particular.(Sociedad Nacional Mineria Petroleo y Energia, 2016).

m. Pala

Los equipos de extracción de superficie como las dragas excavadoras, las palas hidráulicas para minería y las palas de cuerda eléctrica son el primer eslabón en la cadena de flujo de material en la mayoría de aplicaciones de superficie en mineras y canteras. Todas las fases subsiguientes del proceso de minería

dependen del desempeño del equipo de extracción. Por lo tanto, la selección de las herramientas de extracción correctas en función a la aplicación minera y el plan de la mina tiene un impacto importante en la productividad general de la operación minera. (E.M Codelco 2014).

n. Perforadora

El proceso de perforación de los barrenos durante el laboreo de las excavaciones horizontales consta de una serie de etapas: trabajos preparatorios antes de la perforación, marcaje de los barrenos en el frente, preparación como tal, cambio de los barrenos en caso de ser necesario, cambio de posición de la máquina para realizar otra barrenación, limpieza del piso de la excavación para perforar los barrenos inferiores, etc.

Antes de comenzar la perforación de los barrenos con ayuda de los instrumentos de medición se indica la dirección de la labor que se va a realizar, luego con el pasaporte ase señalan los lugares donde se va a realizar las perforaciones de los barrenos. La perforación se hará paralela a la mineralización utilizando barrenos integrales de 1.20m, y 1.60 m de largo por 1 1/8 de diámetro. El diseño de disparo o también llamada malla de perforación dependerá en gran medida las condiciones físico-mecánico de las rocas ya sea

mineral o estéril a fin de obtener el óptimo fraccionamiento. Existen muchos diseños de malla pero en base a la práctica obtenida el tipo de malla a realizar será de un solo modelo.(Martinez, 2016)

CAPÍTULO III:

MARCO METODOLÓGICO

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Empresa Selin S.R.L. – Unidad Minera Cuajone – Moquegua

3.2. TIPO Y DISEÑO

3.2.1. Tipo

Tipo de Investigación experimental y cuantitativa (Hernández Pina, 2004), porque el nivel de cables quemados se medirá en unidades, el tiempo muerto en minutos, la producción en toneladas por hora en caso de palas y para la producción de palas en metros de perforación por hora.

3.2.2. Diseño de Investigación

Para efectos de contrastación de la hipótesis, la investigación adoptó un diseño pre experimental, porque el grupo experimental estaba conformado previamente (Hernández, Fernández y Baptista, 2006). Entre los diseños pre experimentales, se adoptó el modelo con pre prueba – post prueba.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Experimental – Aplicativo, es aplicativo ya que los resultados del trabajo de investigación son usados en operaciones mina.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1. Variable independiente

Conectores sólidos en cables para reducir el nivel de cables quemados

A. Definición operacional

Situación de la mina respecto a la aplicación de conectores o contactos sólidos para reducir el nivel de cables quemados**.**

B. Indicadores

a) Ausencia o presencia de conectores sólidos para reducir el nivel de quemados como recurso de optimización
b) Ausencia: no aplicación de conectores solidos (pre test).
c) Presencia: aplica de conectores solidos (post test).

3.4.2. Variable dependiente

Horas operativas de palas y perforadoras.

A. Definición operacional

Nivel de optimización de horas operativas de palas y perforadoras en mina Cuajone.

B. Indicador

a) Promedio de horas operativas de palas y perforadoras

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

Área de cables – Servicios Auxiliares – Operaciones mina – Cuajone

3.5.2. Muestra

La muestra se obtuvo del área de cables Selin – Cuajone en el cual se aplicó los conectores para reducir el nivel de cables quemados entre enero 2016 a diciembre 2016 de los 117 cables mineros.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica empleada en la presente investigación es la del registro de la base de datos de los informes mensuales donde se especifica la realidad de los cables de enero 2016 a diciembre 2016.

3.7. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

Los instrumentos son válidos y confiables, debido a que se registraron todos accidentes por quemados de los cables diariamente y mensualmente.

Para la presentación y análisis de los datos se utilizará Excel, en tanto cuenta con múltiples aplicaciones estadísticas. En lo que se refiere a presentación de datos, se utilizará esta aplicación para elaborar tablas de frecuencia absoluta y porcentual, y estadísticos descriptivos generales. Además, del software estadístico Statgraphics XVII que ofrece diferentes procedimientos estadísticos de análisis descriptivos e inferenciales, pero los datos se incluirán en el formato de tablas tipo Word.

3.8. MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA LA PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS (ANÁLISIS ESTADÍSTICO).

3.8.1. Análisis Descriptivo.

Se plasmó un análisis sobre el efecto que se tendrá en los parámetros tiempos muertos, sobre costos en tiempos muertos.

Lo cual se utilizó datos específicos mensuales de cable quemado

3.8.2. Prueba Estadística

Para el contraste de la hipótesis, se realizó una prueba estadística de comparación de muestras independientes.

Prueba t de Student para la comparación de dos muestras independientes

Para realizar la prueba de t-student primero se verificó que las muestras provengan de una distribución normal, para lo cual se usó el estadístico de W de Shapiro-Wilk a un 95% de confianza, se aplicó dicha prueba porque la muestra fue de 6 unidades (6 meses).

Tabla 5

Contrastación de hipótesis para las variables independientes

CONECTOR PLUG - 047	CONECTOR PLUG - 047C FASE
$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$
S_1^2	S_2^2
n_1	n_2

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$\bar{x}_1$= Media

S_1^2= Varianza

n_1= Muestra

CAPÍTULO IV:

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Número de cables quemados (Unidades)

Se tiene diferentes tipos de accidentes, y estas se registraron en 5 categorías (***Tabla 6***) y se optó por analizar el tipo de cable quemado que representaba el mayor porcentaje en los accidentes en los diferentes meses.

Tabla 6
Tipo de accidente ocurrido usando el tipo de contacto PLUG – 047

TIPO DE ACCIDENTE	MES						Total	
	1	2	3	4	5	6	Unidades	%
Cable a tierra	2	0	3	1	2	3	11	5.9%
Corte de cable	5	2	5	4	4	2	22	11.7%
Cable quemado	20	22	18	24	18	18	120	63.8%
Aplastado de cable	5	3	1	5	1	2	17	9.0%
Monitor de cable	4	6	2	3	2	1	18	9.6%
TOTAL	**36**	**33**	**29**	**37**	**27**	**26**	**188**	**100%**

Fuente: *Elaboración Propia.*

Luego se registró lo que sucedía con el tipo de accidente de cable quemado al realizar el cambio de contacto de tipo de PLUG – 047 a PLUG – 047C FASE (***Tabla 6*** y Tabla 7), en el primer caso se presentó 120 accidentes que representaba un 63,8 % y en el segundo sólo 34 accidentes y representaba a 33,3 % del total de accidentes respectivamente.

Tabla 7
Tipo de accidente ocurrido usando el contacto PLUG – 047C FASE

TIPO DE ACCIDENTE	MES						Total	
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**Unidades**	**%**
Cable a tierra	2	0	3	1	2	3	11	10.8%
Corte de cable	5	2	5	4	4	2	22	21.6%
Cable quemado	8	6	4	6	2	8	34	33.3%
Aplastado de cable	5	3	1	5	1	2	17	16.7%
Monitor de cable	4	6	2	3	2	1	18	17.6%
TOTAL	**24**	**17**	**15**	**19**	**11**	**16**	**102**	**100%**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8
Cables quemados en un semestre usando conector PLUG – 047 y conector PLUG - 047C FASE

	TOTAL		PALAS		PERFORADORAS	
PERIODO	**CONECTOR PLUG - 047**	**CONECTOR PLUG - 047C FASE**	**CONECTOR PLUG - 047**	**CONECTOR PLUG - 047C FASE**	**CONECTOR PLUG - 047**	**CONECTOR PLUG - 047C FASE**
Mes 1	20	8	12	4	8	4
Mes 2	22	6	14	4	8	2
Mes 3	18	4	14	2	4	2
Mes 4	24	6	16	4	8	2
Mes 5	18	2	12	0	6	2
Mes 6	18	8	12	6	6	2

Fuente: Elaboración propia

A. Prueba de t-student para el total de cables quemados

Tabla 9
Total de cables quemados en un semestre usando conector PLUG – 047 y conector PLUG - 047C FASE

	TOTAL	
PERIODO	**CONECTOR PLUG - 047**	**CONECTOR PLUG - 047C FASE**
Mes 1	20	8
Mes 2	22	6
Mes 3	18	4
Mes 4	24	6
Mes 5	18	2
Mes 6	18	8

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la prueba de t-student primero se verificó si las muestras provienen de una distribución normal, como son solo son 6 datos por muestra se usó el estadístico de W de Shapiro-Wilk a un 95% de confianza.

Tabla 10.
Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para conectores

Conector	Estadístico	Valor-P
PLUG – 047	0.83076	0.100676
PLUG – 047C Fase	0.907696	0.404504

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que los cables quemados de los conectores provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

Por lo tanto, como los cables quemados del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase, provienen de una distribución normal podemos realizar la comparación de t-student.

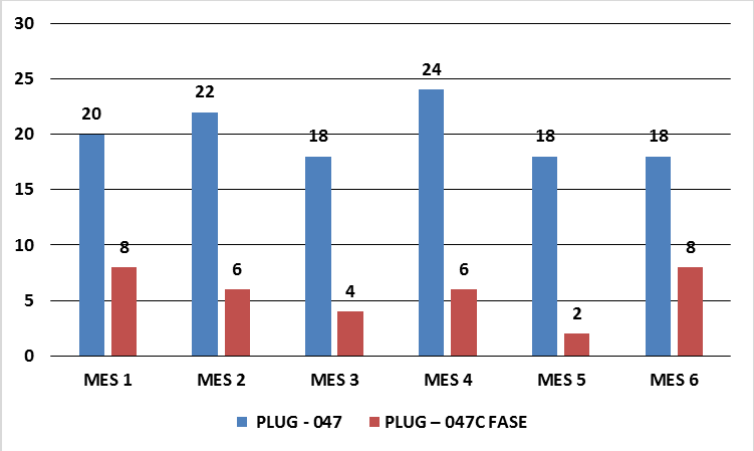


Figura 1. Número de cables quemados usando el de contacto PLUG – 047 comparado con el tipo de contacto PLUG – 047C FASE

Los intervalos de confianza del 95.0% para la media de Cables quemados de conector PLUG – 047 es de 20.0 +/- 2.65489 (17.3451; 22.6549) y para la media de Cables quemados PLUG – 047C Fase es de 5.66667 +/- 2.45368 (3.21298; 8.12035)

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias suponiendo varianzas iguales: 14.3333 +/- 3.13352 (11.1998; 17.4668)

Hipótesis estadística

H_0: La media PLUG – 047 es igual a la media PLUG – 047C Fase

H_1: La media PLUG – 047 es diferente media PLUG – 047C Fase

Suponiendo varianzas iguales:

t = 10.192

Valor-P = 0.00000133494

Se rechaza la H_0 para alfa = 0.05.

El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 11.1998 hasta 17.4668. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. Se puede rechazar la H_0 en favor de H_1.

Con el resultado anterior se puede indicar que los promedios de tipo de accidentes de cables quemados del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase son diferentes a un 95% de confianza.

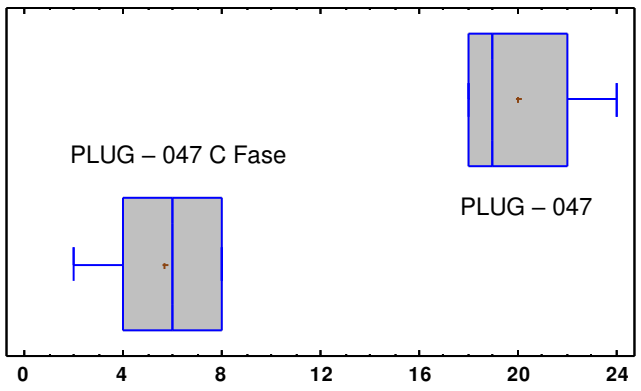


Figura 2. Caja y bigotes para cables quemados PLUG – 047 y cables quemados PLUG – 047 C Fase

Fuente: Elaboración propia

B. Prueba de t-student para cables quemados en palas

Para realizar la prueba de t-student primero se verificó si las muestras provienen de una distribución normal, se usó el estadístico de W de Shapiro-Wilk a un con 95% de confianza.

Tabla 11
Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para cables quemados por tipo de conector

Conector	Estadístico	Valor-P
PLUG – 047	0.821013	0.0827418
PLUG – 047C Fase	0.915686	0.461411

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que los cables quemados de los conectores provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

Por lo tanto, como los cables quemados en palas del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase, provienen de una distribución normal podemos realizar la comparación de t-student.

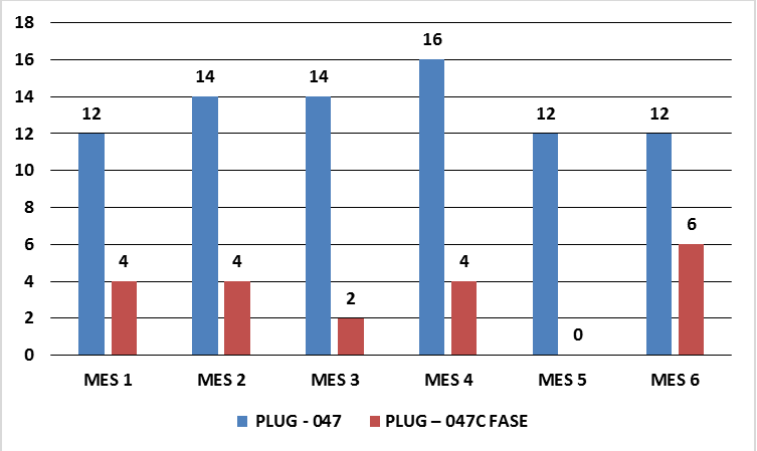


Figura 3. Número de cables quemados en pala usando el de contacto PLUG – 047 comparado con el tipo de contacto PLUG – 047C FASE

Fuente: Elaboración propia

Los intervalos de confianza del 95.0% para la media de Cables quemados para conector PLUG – 047 es de 13.3333 +/- 1.71373 [11.6196; 15.0471 y para Conector PLUG – 047C Fase es de 3.33333 +/- 2.16771 (1.16562; 5.50104)

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias, suponiendo varianzas iguales: 10.0 +/- 2.39518 (7.60482; 12.3952).

Hipótesis estadística

H_0: La media PLUG – 047 es igual a la media PLUG – 047C Fase

H_1: La media PLUG – 047 es diferente media PLUG – 047C Fase.

Suponiendo varianzas iguales:

t = 9.30261

Valor-P = 0.00000307074

Se rechaza la H_0 para alfa = 0.05.

De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 7.60482 hasta 12.3952. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. Puesto que el valor-P calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la H_0 en favor de H_1.

Con el resultado anterior se puede indicar que los promedios de tipo de accidentes de cables quemados en palas del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase son diferentes a un 95% de confianza.

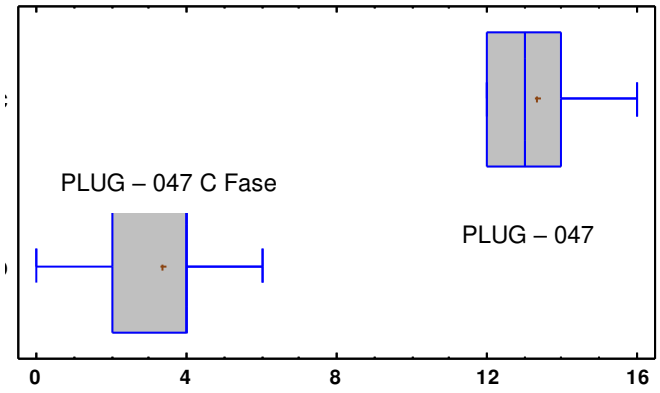


Figura 4. Caja y bigotes para cables quemados en palas para conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase.

Fuente: Elaboración propia

C. Prueba de t-student para cables quemados en perforadoras

Para realizar la prueba de t-student primero se verificó si las muestras provienen de una distribución normal, se usó el estadístico de W de Shapiro-Wilk a un con 95% de confianza.

Tabla 12
Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para cables quemados por tipo de conector en perforadoras

Conector	Estadístico	Valor-P
PLUG – 047	0.821013	0.0827418
PLUG – 047C Fase	0.496293	0.0

Elaboración: Elaboración propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que los cables quemados de los conectores provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

Por lo tanto, como los cables quemados en perforadoras del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase, provienen de una distribución normal podemos realizar la comparación de t-student.

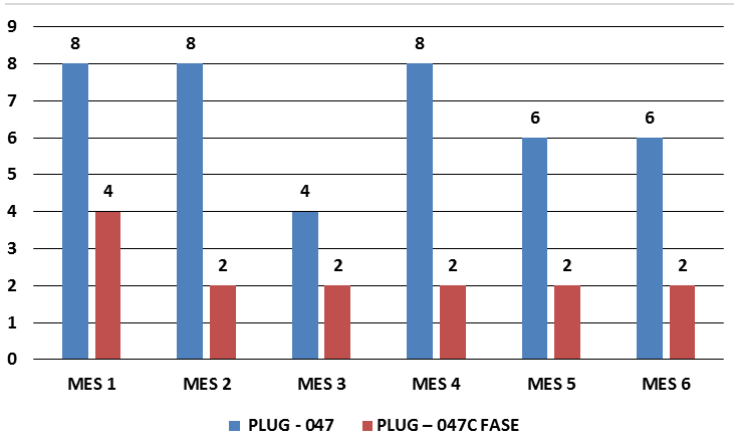


Figura 5. Número de cables quemados en perforadoras usando el de contacto PLUG – 047 comparado con el tipo de contacto PLUG – 047C FASE

Fuente: Elaboración propia

Los intervalos de confianza del 95.0% para la media de cables quemados en perforadoras del conector PLUG – 047C Fase es de 6.66667 +/- 1.71373 (4.95294; 8.38039) y para conector PLUG – 047C Fase es de 2.33333 +/- 0.856863 (1.47647; 3.1902)

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias, suponiendo varianzas iguales: 4.33333 +/- 1.66076 (2.67257; 5.99409)

Hipótesis estadística

H_0: La media PLUG – 047 es igual a la media PLUG – 047C Fase

H_1: La media PLUG – 047 es diferente media PLUG – 047C Fase

Suponiendo varianzas iguales:

t = 5.81378

Valor-P = 0.000169748

Se rechaza la H_0 para alfa = 0.05.

El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 2.67257 hasta 5.99409. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. Se puede rechazar la H_0 en favor de H_1.

Con el resultado anterior se puede indicar que los promedios de tipo de accidentes de cables quemados del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase son diferentes a un 95% de confianza.

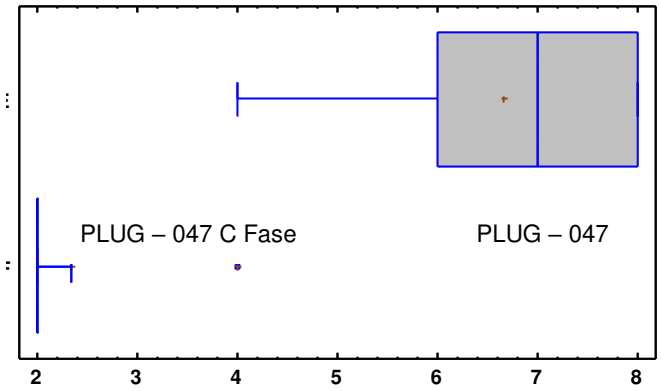


Figura 6. Caja y bigotes para cables quemados en perforadoras en conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase.

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Tiempo muerto por cable quemado (min)

Tabla 13
Ganancia de proyecto de mejora

PROMEDIO PARÁMETROS	UNIDAD	PROM. MES
Tiempo Promedio de Cambio de Cable Quemado	min	88
Número de Veces que se cambiaron Cable Quemado	cantidad	7
Tiempo Muerto de Cable Quemado	min	587
PROYECTO DE MEJORA		
Tiempo óptimo de cambio de Cable quemado	min	88
Número de veces que se cambiaron cable quemado	min	1.67
Tiempo muerto de cable quemado	min	147
Tiempo ganado	min	440
Horas totales ganadas	h	7
Productividad promedio de la pala	ton	4,583
Tonelaje adicional por mes	ton	33,609
Tonelaje adicional por año	ton	403,304

Fuente: Elaboración propia

Se tiene diferentes tipos de accidentes, y estas se registraron en 5 categorías (***Tabla 14***) y se optó por analizar el tipo de cable quemado que representaba el mayor porcentaje en los accidentes en los diferentes meses.

Tabla 14

Tiempo muerto en un semestre usando conector PLUG – 047 y conector PLUG - 047C FASE

	TOTAL		PALAS		PERFORADORAS	
PERIODO	CONECTOR PLUG - 047	CONECTOR PLUG - 047C FASE	CONECTOR PLUG - 047	CONECTOR PLUG - 047C FASE	CONECTOR PLUG - 047	CONECTOR PLUG - 047C FASE
Mes 1	896	352	528	176	368	176
Mes 2	984	264	616	176	368	88
Mes 3	800	176	616	88	184	88
Mes 4	1072	264	704	176	368	88
Mes 5	804	88	528	0	276	88
Mes 6	804	352	528	264	276	88

Fuente: Elaboración propia

A. Prueba de t-student para el total de tiempo muerto por cable quemado (min)

Para realizar la prueba de t-student primero se verificó si las muestras provienen de una distribución normal, para ello se usó el estadístico de W de Shapiro-Wilk a un con 95% de confianza.

Tabla 15
Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para conectores

Conector	Estadístico	Valor-P
PLUG – 047	0.84098	0.123921
PLUG – 047C Fase	0.907696	0.404504

Elaboración: Elaboración propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que los cables quemados de los conectores provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

Por lo tanto, como los cables quemados del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase, provienen de una distribución normal podemos realizar la comparación de t-student.

Los intervalos de confianza del 95.0% para la media de tiempo muerto por cables quemados de conector PLUG – 047 es de 893.333 +/- 119.49 (773.843; 1012.82) y para la media de tiempo muerto por cables quemados PLUG – 047C Fase es de 249.333 +/- 107.962 (141.371; 357.295)

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias suponiendo varianzas iguales: 14.3333 +/- 3.13352 (504.414; 783.586)

Hipótesis estadística

H_0: La media PLUG – 047 es igual a la media PLUG – 047C Fase

H_1: La media PLUG – 047 es diferente media PLUG – 047C Fase

Suponiendo varianzas iguales:

t = 10.2799

Valor-P = 0.00000123356

Se rechaza la H_0 para alfa = 0.05.

El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 504.414 hasta 783.586. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. Se puede rechazar la H_0 en favor de H_1.

Con el resultado anterior se puede indicar que los promedios de tiempo muerto por cables quemados del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase son diferentes a un 95% de confianza.

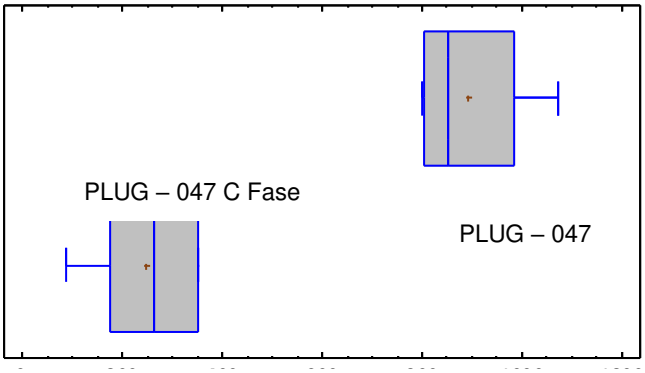


Figura 7. Caja y bigotes para cables quemados PLUG – 047 y cables quemados PLUG – 047C Fase.

B. Prueba de t-student para tiempo muerto por cables quemados en palas

Tabla 16
Tiempo muerto palas

PROMEDIO PARAMETROS	PROM. MES
Tiempo Promedio de cambio de cable quemado (Min)	88
Número de veces que se cambiaron cable quemado	7
Tiempo Muerto de Cable Quemado (Min)	587
PROYECTO DE MEJORA	
Tiempo Optimo de Cambio de Cable Quemado (Min)	88
Tiempo Muerto de Cable Quemado(Min)	147
Tiempo ganado (Min)	440
Horas totales ganadas (mes)	7.33
Productividad promedio de la pala (ton/h)	4583
Tonelaje adicional por mes	33609
Tonelaje adicional por año	403304

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la prueba de t-student primero se verificó si las muestras provienen de una distribución normal, se usó el estadístico de W de Shapiro-Wilk a un con 95% de confianza.

Tabla 17
Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para cables quemados por tipo de conector

Conector	Estadístico	Valor-P
PLUG – 047	0.821013	0.0827418
PLUG – 047C Fase	0.915686	0.461411

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que los cables quemados de los conectores provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

Por lo tanto, como los cables quemados en palas del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase, provienen de una distribución normal podemos realizar la comparación de t-student.

Los intervalos de confianza del 95.0% para la media de tiempo muerto por cables quemados para conector PLUG – 047 es de 586.667 +/- 75.4039 (511.263; 662.071) y para tiempo muerto por cable quemado para conector PLUG – 047C Fase es de 146.667 +/- 95.3793 (51.2874; 242.046).

H_0: media PLUG – 047 = media PLUG – 047C Fase

H_1: media PLUG – 047 <> media PLUG – 047C Fase.

Suponiendo varianzas iguales:

t = 9.30261

Valor-P = 0.00000307074

Se rechaza la H_0 para alfa = 0.05.

De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 334.612 hasta 545.388. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. Puesto que el valor-P calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la H0 en favor de H1.

Con el resultado anterior se puede indicar que los promedios de tipo de accidentes de cables quemados en palas del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase son diferentes a un 95% de confianza.

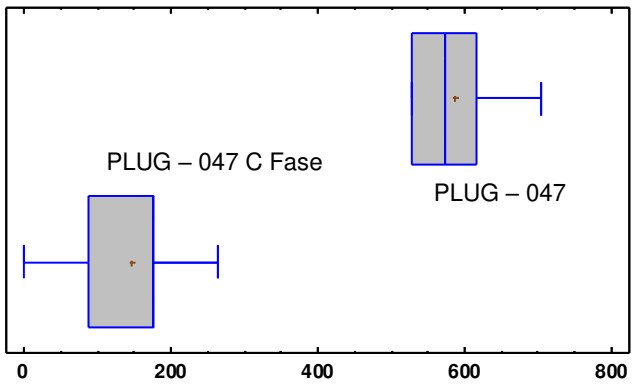


Figura 8. Caja y bigotes para tiempo muerto por cables quemados en palas para conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase.

C. Prueba de t-student para tiempo muerto por cables quemados en perforadoras

Tabla 18
Optimización de tiempo en perforadora por cable quemado

PARÁMETROS	PROMEDIO POR. MES
Tiempo Promedio de Cambio de Cable Quemado (Min)	88
Número de Veces que se cambiaron Cable Quemado	3
Tiempo Muerto de Cable Quemado(Min)	307
PROYECTO DE MEJORA	
Tiempo Optimo de Cambio de Cable Quemado (Min)	88
Número de Veces que se cambiaron Cable Quemado	1.2
Tiempo Muerto de Cable Quemado(Min)	103
Tiempo ganado (Min)	204
Horas totales ganadas (mes)	3.40
Productividad promedio de la Perforadora (m/h)	30
Metros adicionales por mes	102
Metros adicionales por año	1,224

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la prueba de t-student primero se verificó si las muestras provienen de una distribución normal, se usó el estadístico de W de Shapiro-Wilk a un con 95% de confianza.

Tabla 19
Prueba de Normalidad de estadístico W de Shapiro-Wilk para cables quemados por tipo de conector en perforadoras

Conector	Estadístico	Valor-P
PLUG – 047	0.821013	0.821013
PLUG – 047C Fase	0.496293	0.0

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que los cables quemados de los conectores provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

Por lo tanto, como los tiempos muertos por cables quemados en perforadoras del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase, provienen de una distribución normal podemos realizar la comparación de t-student.

Los intervalos de confianza del 95.0% para la media de cables quemados en perforadoras del conector PLUG – 047C Fase

es de 306.667 +/- 78.8314 (227.835; 385.498) y para conector PLUG – 047C Fase es de 102.667 +/- 37.702 (64.9647; 140.369)

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias, suponiendo varianzas iguales: 204.0 +/- 75.7423 (128.258; 279.742)

Hipótesis estadística

H_0: La media PLUG – 047 es igual a la media PLUG – 047C Fase

H_1: La media PLUG – 047 es diferente media PLUG – 047C Fase

Suponiendo varianzas iguales:

t = 6.00115

Valor-P = 0.000131906

Se rechaza la H_0 para alfa = 0.05.

El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 128.258 hasta 279.742. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. Se puede rechazar la H_0 en favor de H_1.

Con el resultado anterior se puede indicar que los promedios de tipo de accidentes de cables quemados del conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase son diferentes a un 95% de confianza.

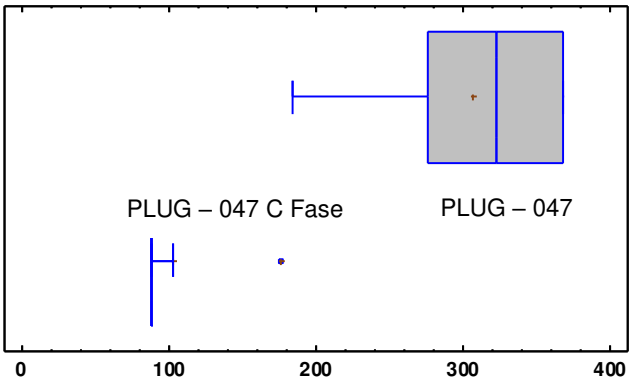


Figura 9. Tiempo muerto por cables quemados en perforadoras en conector PLUG – 047 y conector PLUG – 047C Fase.

4.1.3. Producción

Para ver cuánto influyen el cambio de conectores sólidos en los cables para reducir el nivel de cables quemados y las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina Cuajone, se analizó la producción adicional por periodo (mes). En el caso de palas en toneladas por mes y las perforadoras en metros por mes.

Tabla 20
Producción adicional en pala y perforadora al realizar el cambio de tipo de conector

PERIODO	PALA (ton)	PERFORADORA (m)
1	26886.93	96
2	33608.67	140
3	40330.40	48
4	40330.40	140
5	40330.40	94
6	20165.20	94
Promedio	33608.67	102

Elaboración: Elaboración propia

A. Producción Palas (toneladas)

La producción en palas se realizó la comparación de la producción adicional al realizar el cambio de tipo de conector del conector PLUG – 047 al conector PLUG – 047C Fase.

Tabla 21
Producción adicional en pala al realizar el cambio de tipo de conector

DATOS TONELAJE	UNIDAD	PROM. MES
Producción	ton	11076,587
Producción por Pala	ton/h	4583
COSTO DIRECTO TOTAL		
Costo Total (US$)	$	12250,755
Costo por Tonelada	$/ton	1.106
DATOS TONELAJE SIMULACIÓN		
Producción Total Real	ton	11076,587
Producción	ton	11110,196
Tonelaje Incrementado	ton	33 609
COSTO DIRECTO TOTAL SIMULACIÓN		
Costo Total Real	$	12,250,755
Costo de Contactos	$	1,500
Costo Total	$	12,252,255
Costo por Tonelada	$/ton	1.103
AHORRO	%	0.29%

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se observa que tiempo operativo en palas por mes se incrementó en 7 horas y 20 minutos, lo que representa un incremento de 33609 toneladas en promedio.

B. Producción Perforadoras (metros)

La producción en perforadoras se realizó la comparación de la producción adicional al realizar el cambio de tipo de conector del conector PLUG – 047 al conector PLUG – 047C Fase.

Tabla 22
Producción adicional en perforadora al realizar el cambio de tipo de conector

DATOS REALES	Unidad	PROM. MES
Producción	m	70,119
Producción por perforadora	m/h	30.05
COSTO DIRECTO TOTAL		
Costo Total	$	1,048,669
Costo por metro Perforado	$/m	15.045
DATOS OPTIMIZANDO SERVICIO		
Producción Total Real	m	70,119
Producción Optimizada	m	70,221
Incrementado	m	102
COSTO DIRECTO TOTAL SIMULACIÓN		
Costo Total Real	$	1,048,669
Sub-Costo manipulación (OP, MATT, OTROS)		-
Costo de Contactos		-
Costo Total	$	1,050,169
Costo por metro	$/ton	14.955
AHORRO	%	0.60%

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se observa que tiempo operativo en perforadoras por mes se incrementó en 3 horas y 24 minutos, lo que representa 102 metros en promedio.

4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

4.2.1. Reducción del nivel de cables quemados en el área se cables

Se acepta la hipótesis específica planteada de la investigación, ya que de acuerdo a los resultados se obtuvo que aplicando conectores solidos se reduce el nivel de cables quemados en el área se cables. Esta reducción se presentó la siguiente manera.

En el área de palas, los resultados mostraban una media de cables quemados para conector PLUG – 047 de 13,3 +/- 1,7 (11,6; 15.0) y para conector PLUG – 047C Fase de 3,3 +/- 2,2 (1,1; 5,5). La prueba-t para muestras independientes como resultado indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tipos de conector a un nivel de 95 % de confianza. Con lo que se puede inferir que en esta área se reduce en de 13,3 unidades en promedio al usar conector PLUG – 047 a 3,3 unidades en promedio al aplicar los conectores PLUG – 047C Fase.

En el área de perforadoras, los resultados mostraban una de cables quemados para conector PLUG – 047 es de 6,7 +/- 1.7 (5,0; 8,4) y para conector PLUG – 047C Fase es de 2,3 +/- 0,9 (1,4; 3,2). La prueba-t para muestras independientes como resultado indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tipos de conector a un nivel de 95 % de confianza.

Con lo que se puede inferir que en esta área se reduce en de 6.7 unidades en promedio al usar conector PLUG – 047 a 2,3 unidades en promedio al aplicar los conectores PLUG – 047C Fase.

Por los resultados anteriores en el área de cables los resultados mostraban una media de cables quemados para conector PLUG – 047 de 20.0 +/- 2.7 (22,7; 17,3) y para conector PLUG – 047C Fase de 5.7 +/- 2.5 (8,2; 3,2). La prueba-t para muestras independientes como resultado indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tipos de conector a un nivel de 95 % de confianza. Con lo que se puede inferir que en esta área se reduce en de 20 unidades en promedio al usar conector PLUG – 047 a 5.7 unidades en promedio al aplicar los conectores PLUG – 047C Fase.

4.2.2. Optimización horas de palas y perforadoras en operaciones mina.

Se acepta la hipótesis específica planteada de la investigación, ya que de acuerdo a los resultados reduciendo el nivel de cables quemados se incrementó las horas operativas en el área de palas y perforadoras en operaciones mina. Este incremento se presentó la siguiente manera.

En el área de palas, el tiempo muerto en minutos representaba una media para conector PLUG – 047 de 586,7 +/- 75,4

(662,1; 511,3) y para conector PLUG – 047C Fase de 146,7 +/- 95,4 (242,1; 51,3). La prueba-t para muestras independientes como resultado indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tipos de conector a un nivel de 95 % de confianza. Con lo que se puede inferir que en esta área se reduce en de 586,7 minutos en promedio a 146,7 minutos en promedio al aplicar los conectores sólidos. Por lo tanto, el tiempo operativo en palas por mes se incrementó en 7 horas y 20 minutos, lo que representa un incremento 33609 toneladas en promedio al mes, con lo cual se logró disminuir el costo de 1.106 $/ton a 1.103 $/ton, y esta representa un ahorro de 0.29 %, esto acumula un ahorro de 428,000 $ por año en esta área. Considerando desde el punto de vista del costo por tonelada (No considera venta de mineral).

En el área de perforadoras, el tiempo muerto en minutos representaba una media para conector PLUG – 047 de 306,7 +/- 75,4 (231,3; 382,1) y para conector PLUG – 047C Fase de 102,7 +/- 37,7 (65,0; 140,4). La prueba-t para muestras independientes como resultado indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tipos de conector a un nivel de 95 % de confianza. Con lo que se puede inferir que en esta área se reduce en de 306,7 minutos en promedio a 102,7 minutos en promedio al aplicar los conectores sólidos. Por lo tanto, el tiempo operativo en perforadoras por mes se incrementó en 3 horas y 24 minutos, lo que

representa un incremento 102 metros en promedio al mes, con lo cual se logró disminuir el costo de 15.1 $/m a 14.9 $/m, y esta representa un ahorro de 0.60 % esto acumula un ahorro de 75,400 $ por año en esta área. Considerando desde el punto de vista del costo por tonelada (No considera venta de mineral).

4.2.3. Optimización de cables quemados y horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina Cuajone.

Se acepta la hipótesis general planteada de la investigación, ya que de acuerdo a los resultados se obtuvo que con la aplicación conectores sólidos en cables se reduce el nivel de cables quemados de 20 unidades a 5.7 unidades en promedio por mes y las horas operativas para palas se incrementó en 7 horas con 20 minutos y las horas operativas para perforadoras se incrementó en 3 horas con 24 minutos en operaciones mina.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo del trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

1) Al aplicar conectores sólidos se logró reducir el nivel de cables quemados de 20,0 cables quemados por mes al usar el tipo de contacto PLUG – 047 a solo 5,7 cables quemados por mes al realizar el cambio por tipo de contacto 047C FASE, en consecuencia, se incrementa las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina Cuajone.
2) Al aplicar conectores sólidos en el área de cables se reduce el nivel de cables quemados, en el área de palas de 13,3 unidades en promedio a 3,3 unidades en promedio al aplicar los conectores sólidos y en el área de perforadoras de 6,7 unidades en promedio a 2,3 unidades en promedio al aplicar los conectores sólidos.
3) Reduciendo el nivel de cables quemados se optimiza el tiempo de palas en 7 horas y 20 minutos, que representa un incremento 33 609 toneladas al mes, y perforadoras en 3 horas y 24 minutos, representa un incremento 102 metros al mes, con el tiempo optimizado en palas se disminuye el costo de 106 $/ton a 103 $/ton que representa un ahorro de 0,29 % y en perforadoras se disminuye el costo de 15.1 $/m a 14.9 $/m, que representa un ahorro de 0,60 % por metro de perforación.

RECOMENDACIONES

1) Para reducir el nivel de cables quemados en operaciones mina usar conectores solidos tipo de contacto 047C FASE ya que en esta investigación se logró incrementar las horas operativas de palas y perforadoras en operaciones mina.
2) Desarrollar trabajos de investigación que como objetivo sea reducir accidentes de cable con diferentes tipos de conectores sólidos para seguir optimizando las horas de palas y perforadoras en operaciones mina.
3) Desarrollar estándares de seguridad en cuanto al manejo de cables y desarrollar nuevos equipos para traslado manual de cables de arrastre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Champi, M. (2015). *Reducción de las demoras operativas y optimización de tiempos por abastecimiento de combustible con el sistema VR 300 gpm. en los volquetes de Mina Unidad Operativa Cuajone*. Universidad Nacional San Agustin.

Echegaray, F. A. (2015). *Estudio de costos operacionales en LA U.E.A. Recuperada – Huancavelica*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Errath, R. A. (2006). Electric Power Distribution and Utization - SME. In P. DARLING (Ed.) (Third Edit, p. 699,700). Baden, Switzerland.

Forssen, C., & Reyes, M. Actual Mine Shovel Power Cable Handling Techniques (2008).

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación*. (J. Mares Chacon, Ed.), *Metodología de la investigación* (5ta Edicio). Mexico D.F. https://doi.org/- ISBN 978-92-75-32913-9

Hinostroza, J. (2016). Movimiento de Cables Arrastre o Cables Mineros. In *kable,geyer* (p. 62).

Martinez, B. (2016). *Incremento de Producción a partir de la Gestión del tiempo en el transporte de mineral en el sector Nicole, Concesión minera Esperanza II, Empresa Minera Minecsa, Zaruma-Ecuador*. Universidad Nacional de Trujillo.

Mendoza Chavez, A. (2009). *INFORME MENSUAL Febrero 2009 - Servicios Auxiliares*. MINA CUAJONE.

Moore, P. (2011). International Mining-Effective energy - The delivery of safe , reliable and efficient power solutions to mines is a complex enginneering challenge., (MAY).

Morley, L. A. (1979). *Mine Power Systems Research. US Bur Mines Inf Circ* (Vol. Volumen I). United States.

Okuda, M. (2004). *Caso Mina Polimetalica Queensland* (Vol. 1 edicion). Queensland.

Sarabia, J. M. (1994). *Distribuciones multivariantes con distribuciones condicionadas t de Student*. *Estadistica Española* (Vol. 36). España.

Sautu, R. (2006). *Manual de metodologia* (Buenos Air). Argentina: Clacso.

SELIN SRL. Procedimiento Cambio de Cables en los Puentes Aéreos (2017). Moquegua.

Sociedad Nacional Mineria Petroleo y Energia. (2016). Mineria - Hidrocarburos - Electricidad. Retrieved from http://www.exploradores.org.pe/mineria/como-se-producen-los-minerales/operaciones-en-la-mina.html

ANEXOS

ANEXO 01

Galería fotográfica



Figura 10. PLUG -47C Fase Macho

Fuente: Elaboración propia



Figura 11. PLUG -47 C Fase hembra

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. PLUG -47 Macho

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. PLUG -47 hembra

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Cable de arrastre Mina Cuajone – Contrata Selin S.R.L

Fuente: Elaboración propia

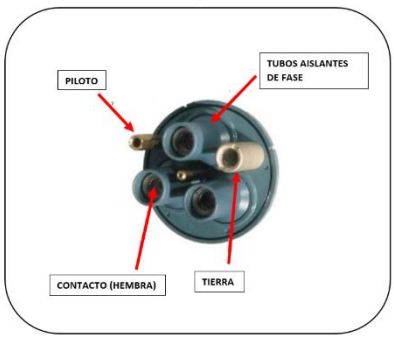


Figura 15. Partes de acoplador Mina Cuajone – Contrata Selin S.R.L

Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Daño de contacto hembra y macho por quemadura

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Daño a cable por salida de energía por quemadura

Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Base y tubos aislantes de acoplador perforados por quemadura

Fuente: Elaboración propia

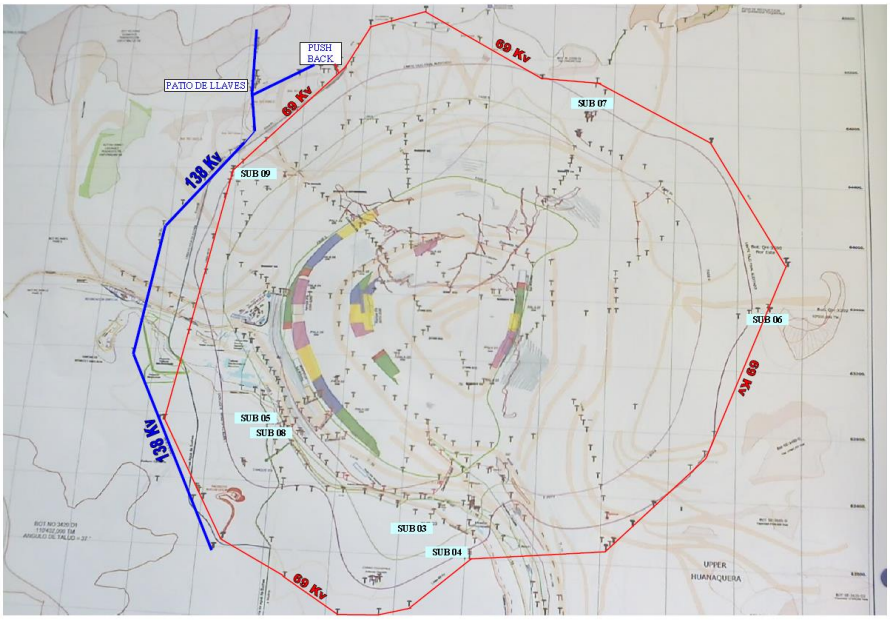


Figura 19. Distribución de subestaciones en Mina Cuajone

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone



Figura 20. Subestación Push Back

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone



Figura 21. Subestación de 7,2kv

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone



Figura 22. Switchhouse en mina Cuajone

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

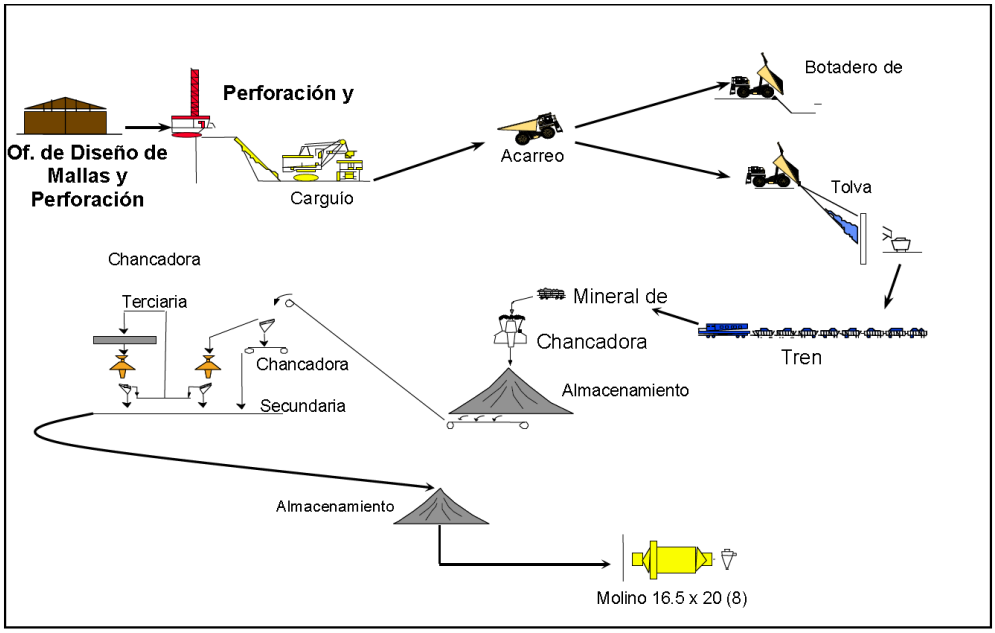


Figura 23. Diagrama de flujo de la operación en Cuajone

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

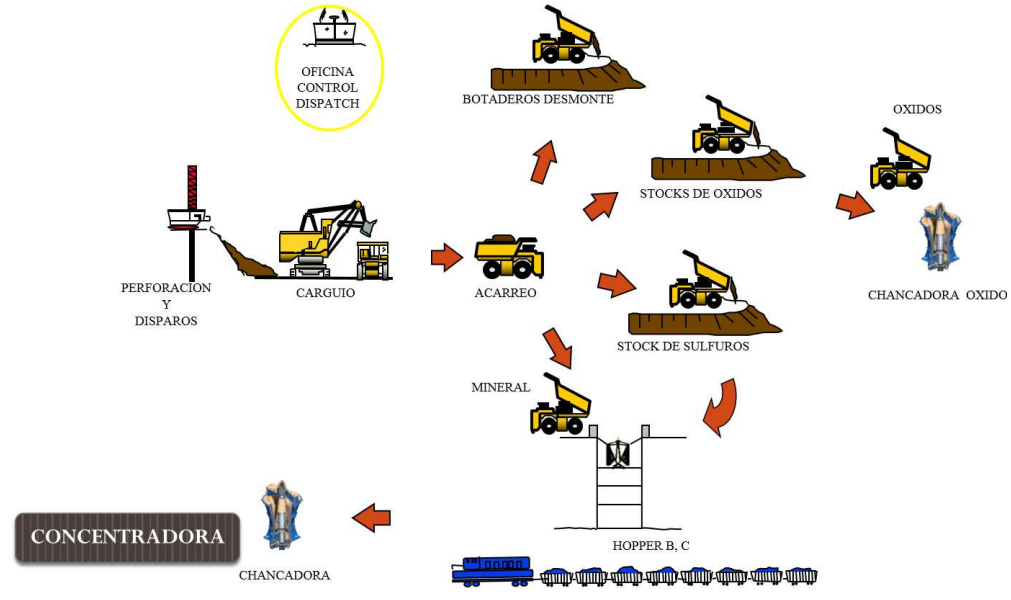


Figura 24. Proceso de operación de la mina Cuajone

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

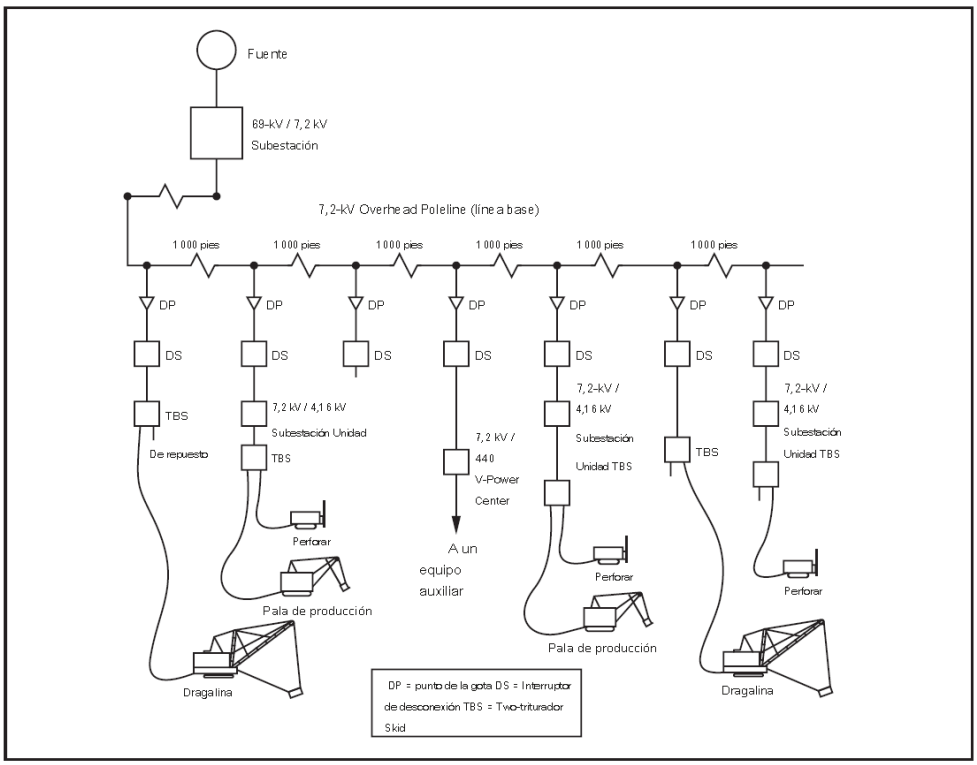


Figura 25. Sistema de distribución de mina radial 9,1-20 Strip usando líneas de caña generales

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

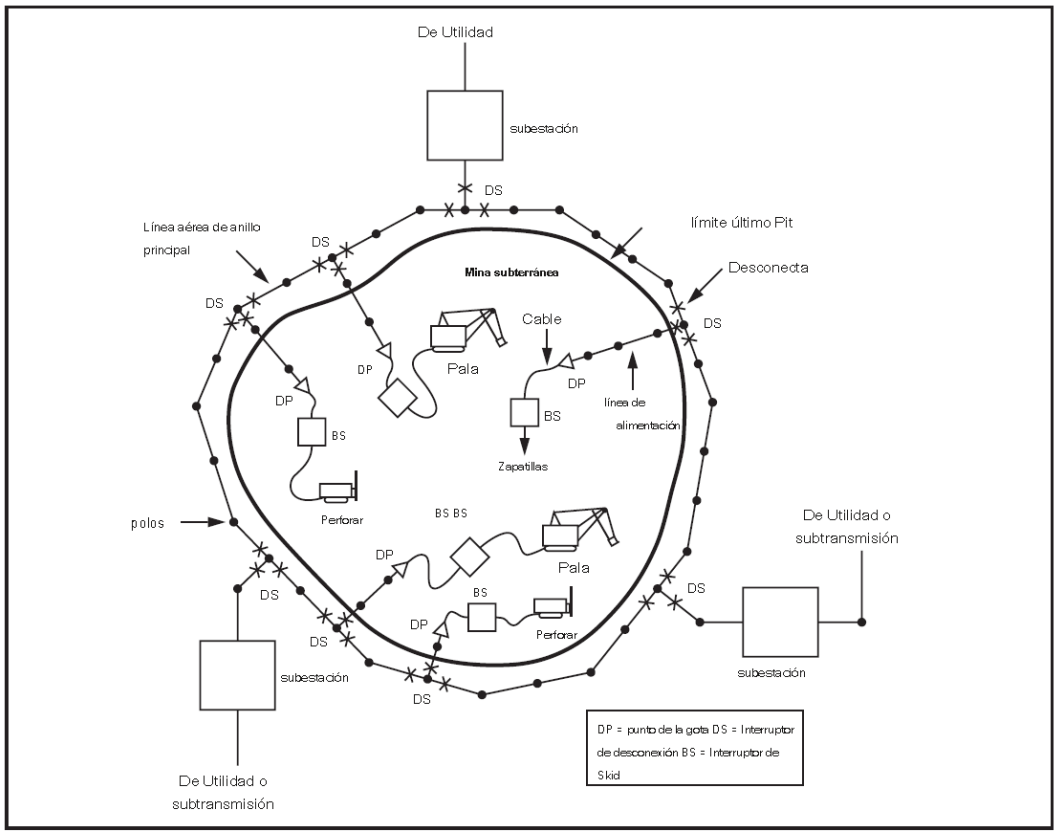


Figura 26. Sistema de distribución radial mina anillo cielo abierto

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

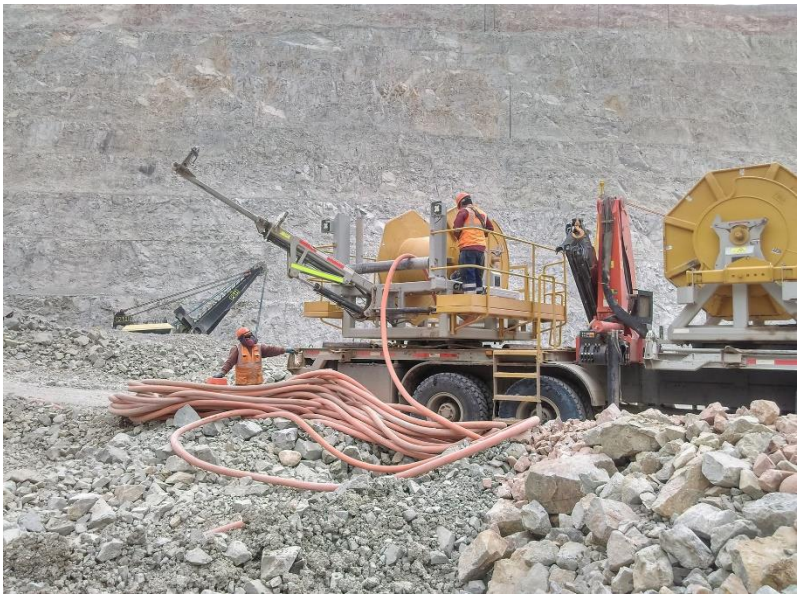


Figura 27. Manipulación de camión cablero

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone



Figura 28. Traslado de pala

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

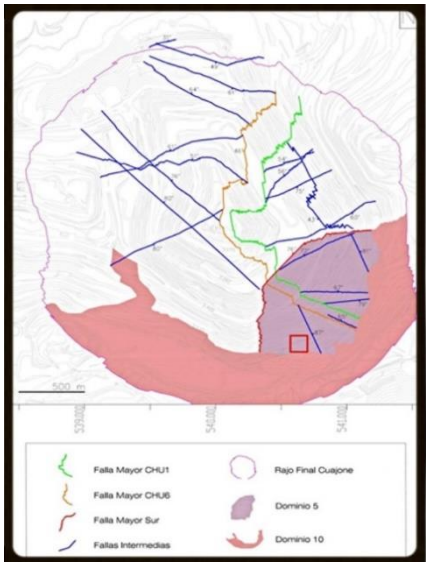


Figura 29. Sistema de fallamiento Cuajoe

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

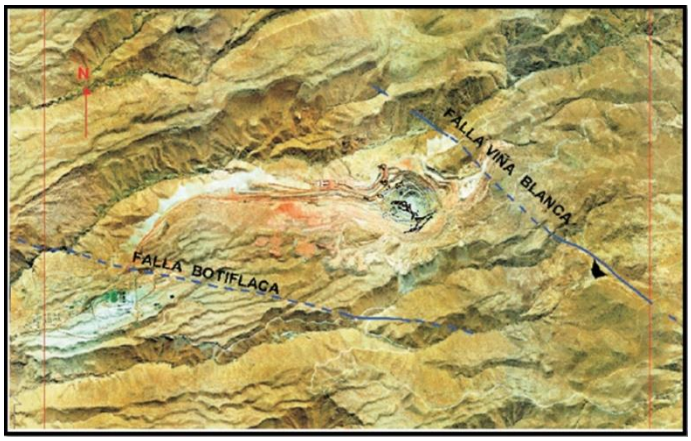


Figura 30. Falla más importantes de Mina Cuajone

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

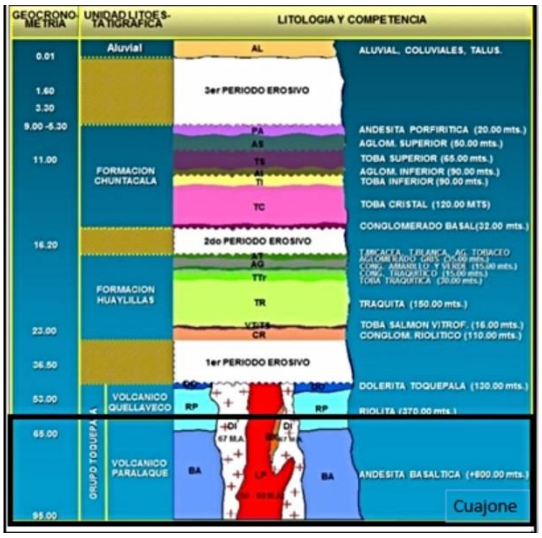


Figura 31. Geología local Cuajone

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

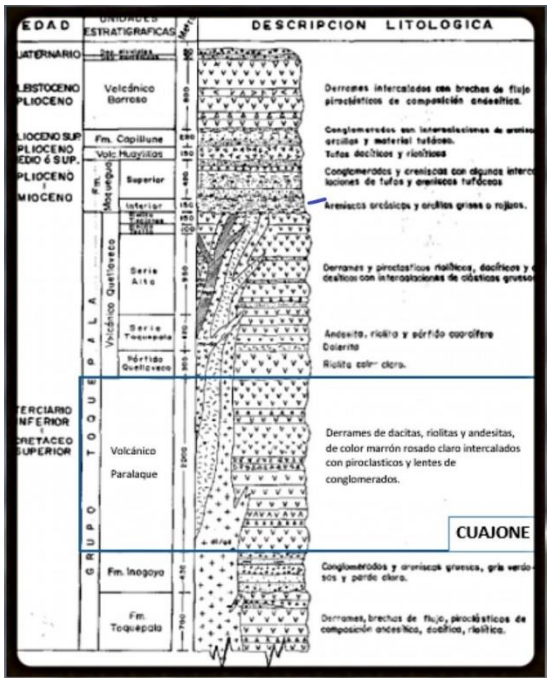


Figura 32. Geología Regional

Fuente: Contrata Selin – Mina Cuajone

ANEXO 02

Planos