

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DIMENSIONAMIENTO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE
DISTRIBUCIÓN 12/0.44-0.22KV PARA SATISFACER LA DEMANDA DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL NIVEL 15 DE LA UNIDAD MINERA
CASAPALCA - HUAROCHIRÍ”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

JIMENEZ COLQUI, JEAN CARLOS

ASESOR

PFUYO MUÑOZ, ROBERTO

Villa El Salvador

2020

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a los seres queridos que siempre me acompañan:

A Dios por darme la vida y su infinito amor, por darme ánimo cada día y hacer que esto sea posible. Usted es la felicidad, el amor y la dicha. Bendito Dios que me acompañas cada día a ser cada vez más feliz.

A mi madre Gladys Gloria Colqui Apelo, que estuvo a cada instante brindándome su apoyo incondicional y dándome palabras de aliento para culminar mi profesión. Gracias por estar a mi lado eres parte de mi felicidad.

A mis hermanas Magaly y Gaby, por estar en los momentos difíciles, buenos y malos que nos tocaron vivir. Gracias por confiar y creer en mi a pesar de las adversidades.

A mí pareja Sabrina y a mi hija Evaluna que son el motor para levantarme cada mañana y esforzarme al máximo. Gracias por formar parte de mi vida, brindarme su cariño y confianza como cabeza de familia.

Jean Carlos Jimenez Colqui.

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradezco a Dios por darme todo lo que más amo en esta mi vida, a mi familia, sobre todo a mi madre que jamás midió su amor y su tiempo.

Gran parte de su vida para que yo pueda terminar lo que empecé un día. A la mujer que me apoyo a pesar de las dificultades y que nunca dejo de confiar en mí. La que siempre se va muy temprano a trabajar y llega tarde a seguir trabajando y con una sonrisa. Jamás faltó tu sonrisa para decirnos ustedes también pueden.

Agradecer al ingeniero Roberto Pfujo Muños, por tanto, conocimiento por tanta paciencia.

Agradezco a mis primos Kevin y Stuart que son como hermanos en todos los años en mi vida Universidad. Tantos momentos compartidos, experiencias gratas, anécdotas, alegrías y tristezas. Siempre fueron y serán personas en quienes puedo confiar.

A toda mi familia Sabrina y Evaluna por tenerme siempre en alta estima, por ponerme tantas veces de ejemplo de seguir adelante. Los amo mucho fueron y seguirán siendo un motivo bien grande para jamás dejar de hacer lo que tanto amo.

A mis amigos y familiares

Jean Carlos Jimenez

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
LISTADO DE FIGURAS	VII
LISTADO DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
OBJETIVO	1
A. OBJETIVO GENERAL	1
B. OBJETIVO ESPECIFICO	1
CAPITULO I	2
MARCO TEÓRICO	2
1.1. BASES TEÓRICAS	2
1.1.1. Marco teórico general	2
1.1.1.1. Trabajos previos a nivel internacional	2
1.1.1.2. Trabajos previos nivel nacional	3
1.1.2. Marco teórico específico	4
1.1.2.1. Subestación eléctrica de distribución	4
1.1.2.2. Conductores eléctricos de minería	4
1.1.2.3. Cables armados	4
1.1.2.4. Propiedades de los conductores	5
1.1.2.5. Clasificación	6
1.1.2.6. Ejemplos de cables móviles	7
1.1.2.7. Ejemplo cables para instalaciones fijas	9
1.1.3. Transformadores	11
1.1.3.1. Transformadores empleados en mina subterránea	13
1.1.3.2. Consideraciones para su instalación	16
1.1.3.3. Mantenimiento	18
1.1.4. Interruptor de control	18
1.1.4.1. Beneficios	19
1.1.4.2. Características generales	20
1.1.4.3. Protección de los sistemas de distribución	21
1.1.5. Seccionador	23
1.1.5.1. Seccionador tipo cut out	24
1.1.6. Fusible	26
1.1.7. Minería subterránea	29
1.1.7.1. Pique	29
1.1.7.2. VCR	29
1.1.7.3. Chimenea	29
1.1.7.4. Polvorines	29
1.1.7.5. Mina Casapalca	30

1.1.7.6. Ubicación	31
1.1.7.7. Clima	32
1.1.7.8. Producción, reservas, inversiones y explotaciones	33
1.1.8. Demanda de energía eléctrica.....	34
1.2. Definición de términos básicos.....	36
CAPITULO II	37
METODOLOGÍA DEL TRABAJO PROFESIONAL	37
2.1. Delimitación temporal y espacial del trabajo	37
2.1.1. Delimitación temporal	37
2.1.2. Delimitación espacial	37
2.2. Determinación y análisis del problema	37
2.2.1. Problema general	38
2.2.2. Problemas específicos.....	38
2.3. Modelo de solución propuesto	39
2.3.1. Dimensionamiento del transformador de potencia.....	40
2.3.2. Dimensionamiento de la sección de los conductores	44
2.4. Resultados:	50
2.4.1. Dimensionamiento del transformador de potencia.....	51
2.4.2. Dimensionamiento de la sección de los conductores	51
2.4.3. Cálculo de los sistemas de protección.....	53
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	59

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA N°1: CONSTRUCCIÓN ESTÁNDAR (CABLE DE MINA).	6
FIGURA N°2: CABLE SEGURIFLEX REDONDO TIPO W, 2020.....	7
FIGURA N°3: CABLE SEGURIFLEX TIPO G	8
FIGURA N°4: CABLE VULCANEL TIPO MP-GC	9
FIGURA N°5: CABLE VULCANEL TRIFASICO CON AISLAMIENTO DE EP.....	10
FIGURA N°6: PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE UN TRASFORMADOR	11
FIGURA N°7: TABLA DE ÍNDICES HORARIOS Y GRUPOS DE CONEXIÓN	12
FIGURA N°8: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.....	13
FIGURA N°9: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	14
FIGURA N°10: AISLADOR PASA TAPA DE MEDIA TENSIÓN.....	14
FIGURA N°11: TANQUE CONSERVADOR (PARA POTENCIAS > 100KVA)	15
FIGURA N°12: PLACA DE CARACTERÍSTICAS DEL TRASFORMADOR	15
FIGURA N°13: ACUMULADOR DE NIVEL DE ACEITE,	16
FIGURA N°14: TRANSFORMADOR INSTALADO EN MINA.....	17
FIGURA N°15: INTERRUPTOR AUTOMÁTICO.	19
FIGURA N°16: TABLA DE CAPACIDADES	20
FIGURA N°17: PLACA DE CARACTERÍSTICAS.....	20
FIGURA N°18: PLACA DE CONTROL MAGNETOTÉRMICO	21
FIGURA N°19: PROTECCIÓN TÉRMICA Y MAGNÉTICA	22
FIGURA N°20: CURVA DE DISPARO DE UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO..	23
FIGURA N°21: DIMENSIONES DE SECCIONADOR	24
FIGURA N°22: SECCIONADOR CUT OUT TIPO C	25
FIGURA N°23. TABLA DE DIMENSIONES, CATALOGO CORTACIRCUITOS FUSIBLES DE EXPULSIÓN Y SECCIONADORES.....	26
FIGURA N°24: FUSIBLE TIPO K.....	26
FIGURA N°25: CORTE TRASVERSAL DE UN ESLABÓN FUSIBLE TIPO K	27
FIGURA N°26: CURVA DE DISPARO DE FUSIBLES	28
FIGURA N°27: ELABORACIÓN PROPIA.....	30
FIGURA N°28: UBICACIÓN GEOGRÁFICA MINERA CASAPALCA.....	32
FIGURA N°29: PRODUCCIÓN DE ZINC	33
FIGURA N°30: PRODUCCIÓN DE PLOMO.....	33
FIGURA N°31: PRODUCCIÓN DE COBRE.....	34

FIGURA N°32: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DEMANDA ELÉCTRICA	35
FIGURA N°33: VENTILADOR AXIAL DE 50HP	41
FIGURA N°34: BOMBA SUMERGIBLE.....	41
FIGURA N°35: JUMBO PERFORADOR	42
FIGURA N°36: MUKI LHBP.....	42
FIGURA N°37: FLUORESCENTES	42
FIGURA N°3: REFLECTOR CONTEMP	43
FIGURA N°39: TABLA DE DIMENSIONES Y PESOS.....	43
FIGURA N°40: TABLA A - INTENSIDADES ADMISIBLES PARA SECCIONES DE CONDUCTOR.....	45
FIGURA N°41: TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE LA CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA.	46
FIGURA N°42: CURVAS CARACTERÍSTICAS CORRIENTE-TIEMPO	48
FIGURA N°43: CATALOGO DE ESLABONES FUSIBLES PARA MEDIA TENSIÓN TIPO K PARA 15/24KV	49
FIGURA N°43: TABLA DE VALORES TÍPICOS DE UCC PARA DIFERENTES INTENSIDADES DE TRANSFORMADORES KVA.	50

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1: CONTROL DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	18
TABLA 2: UBICACIÓN MINERA CASAPALCA.....	31
TABLA 3: COORDENADAS DE MINERA CASAPALCA.....	31
TABLA 4: CUADRO DE CARGAS DE LOS EQUIPOS EN OPERACIÓN NIVEL 15	40

RESUMEN

Elaborar el dimensionamiento de la subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca – Huarochirí, Que permitió lograr el buen funcionamiento de las nuevas cargas generadas en interior mina debido al hallazgo de una veta en el nivel 15.

El objetivo general del proyecto fue el dimensionado de la subestación eléctrica de 500KVA que implica el cálculo de cada uno de sus componentes ya que las futuras cargas en interior mina dependerán del correcto funcionamiento de la subestación, para ello el diseño y renovación de sus partes tales como los conductores, transformador y sistemas de protección. Asimismo, brindarán el soporte necesario para que estos puedan conectarse con otros equipos. La instalación de la subestación permite cubrir la demanda de energía requerida, para la explotación y extracción de los minerales en el nivel 15 interior mina, lo cual incrementa la producción en la compañía minera Casapalca.

Metodología: El presente proyecto reunió las características metodológicas correspondientes a la presentación de un informe de suficiencia profesional. Se planteo una metodología de enfoque cuantitativo y síntesis de observación.

Resultados: Se logro una adecuada conjeturar de cada uno los componentes necesarios de la subestación eléctrica en interior mina, teniendo en cuenta las normativas nacionales e internacionales.

Conclusiones: En el diseño de subestaciones en interior mina es preciso contar con los datos adecuadas para el proceso de dimensionamiento de los componentes de la subestación eléctrica.

Palabras clave: Subestación eléctrica, dimensionamiento, minería subterránea, transformador.

ABSTRACT

To elaborate the dimensioning of the distribution substation 12/0.44-0.22 Kv to satisfy the demand of electric energy in level 15 of the subway exploitation in the company Minera Casapalca - Huarochirí, which allowed to achieve the good operation of the new loads generated in the interior of the mine due to the discovery of a vein in level 15.

The general objective of the project was the dimensioning of the electrical substation of the 500KVA. Also, they will provide the necessary support so that these can be connected to other equipment. The installation of the substation allows to cover the demand of energy required, for the exploitation and extraction of the minerals in the level 15 interior mine, which increases the production in the mining company Casapalca.

Methodology: The present project gathered the methodological characteristics corresponding to the presentation of a professional adequacy report. A methodology of quantitative approach and observation synthesis was proposed.

Results: An adequate conjecture of each of the necessary components of the electric substation inside the mine was achieved, taking into account national and international regulations.

Conclusions: In the design of underground substations it is necessary to have adequate data for the sizing process of the components of the electric substation.

Keywords: Electrical substation, sizing, subway mining, transformer.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de suficiencia profesional la cual requiere el dimensionamiento de subestación eléctrica de distribución 12/0.44-0.22kv para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la unidad minera Casapalca - Huarochirí

Este proyecto se encuentra enfocado en resolver los inconvenientes debido a la falta de energía en dicho nivel de tal manera que se planea el dimensionamiento de una subestación de distribución para su implementación y modernización. Se calculo un transformador de distribución de 500KVA, el cual es el adecuado para que cubra la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 para la explotación y extracción, y de igual manera sea apropiado para el entorno en el que será empleado en minería subterránea asimismo un dimensionamiento en los seccionadores que son necesarios su mejoramiento para mitigar fallas eléctricas debido a la antigüedad de los seccionadores actuales de igual manera un tablero de control moderno con todos los sistemas de protección y de seguridad para su correcto funcionamiento.

El contenido del presente trabajo consta de 2 capítulos:

El capítulo I, se encuentra conformado por el marco teórico y los fundamentos en los cuales nos basamos para el dimensionado de la subestación.

El capítulo II, se encuentra conformado por la metodología y actividades del trabajo profesional, así como los problemas y el modelo de solución propuestos.

Finalmente concluimos que el dimensionado de los elementos de la subestación de distribución son sumamente necesarios para cubrir la demanda de energía en interior mina.

Se recomienda que para la elaboración del dimensionado de una subestación eléctrica se basen en las normas nacionales e internacionales de modo que no incurra en errores en el desarrollo de los cálculos.

OBJETIVO

a. OBJETIVO GENERAL

Calcular el dimensionamiento de la subestación de distribución **12/0.44-0.22 Kv** para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca –Huarochirí.

b. OBJETIVO ESPECIFICO

1. Calcular la sección óptima de los conductores de alimentación de la subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca –Huarochirí.
2. Dimensionar del transformador de la subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca –Huarochirí.
3. Diseñar el tablero de distribución de la subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca –Huarochirí.
4. Dimensionamiento del seccionador de subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca –Huarochirí.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. BASES TEÓRICAS

1.1.1. Marco teórico general

1.1.1.1. Trabajos previos a nivel internacional

“En la siguiente investigación denominada, “Métodos utilizados para el pronóstico de demanda de energía eléctrica en sistemas de distribución” cuyo objetivo fue, describir los métodos utilizados para el pronóstico de demanda de energía eléctrica en sistemas de distribución, en lo cual concluye que de los modelos de regresión obtenidos a través de Excel, el modelo que presenta el mayor ajuste corresponde a un polinomio cuadrático con , en este caso no se puede afirmar que el comportamiento de la serie obedece a una función cuadrática pues el coeficiente de correlación no es igual ni mayor a 0,8 además de los modelos probabilísticos obtenidos para la serie de demanda de energía eléctrica el que mejor se ajusta es la distribución normal con el mayor porcentaje de aceptación de las pruebas Kolmogorov –Smirnov y Chi cuadrado seguido por la distribución gamma” (Ariza Ramirez, 2013).

“En la siguiente investigación denominada “ Proyecto subestación de distribución 132/20 ” en la cual el objetivo fue el diseño de una subestación eléctrica de 132/20kv teniendo en cuenta el diseño de sus elementos normas y reglamentos pertinentes, con lo cual concluye que la subestación será una de tipo intemperie de transformación de distribución de tensiones 132/20kv con una configuración de doble barra cuya situación será, la subestación se encontrara emplazada en el término municipal de las rosas de la comunidad de Madrid” (Ramos Barrero, 2017).

1.1.1.2. Trabajos previos nivel nacional

“En la investigación denominada “Diseño de un sistema de protecciones para puesta en servicio transformador de potencia 220/22.9/10kv para suministro de energía a minera Sahuindo” cuyo objetivo fue, dimensionar los sistemas de protección para el montaje de transformador de potencia 220/22.9/10KV, para la cual la metodología aplicada fue de tipo aplicada obteniendo los siguientes resultados la Subestación Eléctrica Pampa Honda 220 kV, considera el seccionamiento de dos líneas de transmisión actuales que son, L-2273 y L-2275 SE La Ramada-SE Cajamarca que están concesionadas a la empresa Abengoa Transmisora Norte S.A (ATN). 27 determinar el flujo de carga del circuito que alimenta el transformador 40 MVA/220- 22,9 KV, cuya conclusión es la investigación de la presente tesis se realizó en la subestación Pampa Honda en la que trabaja con niveles de voltaje de 220/22.9/10 kV, y la potencia de 40 MVA” (Chocce Cuba, 2020).

“En el trabajo de suficiencia profesional denominado “Diseño y dimensionamiento de los conductores eléctricos para el proceso de arranque de motores en cámara de bombas nivel 570 zona Manuelita Área Mina-Cia Argentum S.A.” sustentada para adquirir el título profesional de Ingeniero Electricista cuyo objetivo fue, desarrollar las actividades de Ingeniería, continuamente en la mejora de coordinación y ejecución de los trabajos encomendados, siendo responsable por el logro de los objetivos previstos, cuyos resultados obtenidos fueron Como resultado de la puesta en servicio se mejoró la calidad de producto: referido al cumplimiento de exigencia técnica del nivel de tensión, frecuencia y la confiabilidad en los suministros, con la cual concluyen que los conductores eléctricos cumplen con la norma NEC 2011 de acuerdo a lo siguiente: además del aseguramiento de la calidad del producto pretenden también Implementar y mejora la eficacia de la calidad, para aumentar la

satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de las normas establecidas” (Cuyutupac Vega , 2019).

1.1.2. Marco teórico específico

1.1.2.1. Subestación eléctrica de distribución

Según (TECSUP, 2017) es un conjunto de instalaciones para la transformación, medición, protección y/o segmentación de la energía eléctrica, que es acogida de una red de distribución primaria (media tensión) y es entregada a un subsistema de distribución secundaria, limonarias públicas y/o electrobomba (baja tensión), a otra red de distribución primaria o a usuarios abastecidos en media o baja tensión desde la subestación de distribución. En este sistema está incluido el sistema de puesta a tierra y las eventuales edificaciones para albergar el conjunto de instalaciones eléctricas tipo interior o a la intemperie (exterior).

No obstante, de acuerdo Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, es concordante con la definición descrita.

1.1.2.2. Conductores eléctricos de minería

Según (MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, 2001) las cubiertas no serán pintadas, sin embargo, pueden llevar cubiertas o capaz adicionales de protección contra fuego.

Todo el material eléctrico empleado en mina es de un tipo especial: material blindado externo. Está fuertemente protegido contra cualquier tipo de daño, mediante recubrimientos exteriores que imposibilitan el contacto accidental con las secciones donde circula la corriente.

1.1.2.3. Cables armados

Según (Ministerio de Ciencias y Tecnología de España, 2002) Elaborados en su mayoría de cobre y aluminio por su gran conductividad eléctrica. La protección exterior se confía a una armadura de alambres o flejes de acero arrollado en hélice sobre su superficie y recubierta con una capa de goma o plástico.

Está compuesto por:

- Conector: por hilos de cobre por donde circula la corriente
- Aislante: material que rodea a los conductores.
- Armadura: protección metálica.
- Pantalla: recubrimiento que abarca a cada conductor o a todos conjuntamente.

Estos cables deben estar diseñados para las condiciones requeridas en esta industria, como el maltrato mecánico constante, intemperie, humedad, muy alta y bajas temperaturas, tener presente la presencia de agentes corrosivos y en ocasiones estar expuesta a ambientes altamente explosivos.

1.1.2.4. Propiedades de los conductores.

Según (TIGER BRAND CABLES MINEROS , 2005) Debido a la naturaleza en la que se usan en esta industria, los cables deben tener las siguientes propiedades:

- Gran maleabilidad y resistencia al acarreo y tiramientos obtenidos mediante diseño específico, construcción adecuada.
- Máxima certeza de trabajo, debido a la utilización de pantallas trenzadas individuales y a la minimización de incitación mutua de las fuerzas electromotrices.
- Excelentes parámetros eléctricos, mecánicos y de temperatura debido a mezclas especialmente desarrolladas en laboratorios.
- Altas prestaciones tales como: resistencia a la abrasión, tracción, torsión, temperaturas extremas y a las roturas.



Figura N°1: Construcción estándar (cable de mina).

Fuente: Amercable Incorporated, 2005, Catalogo Tiger Brand cables minero.

1.1.2.5. Clasificación

Según el fabricante (Grupo Condumex exelencia tecnológica, 2020) dentro de la industria minera los cables pueden estar clasificados de la siguiente manera:

- Instalaciones móviles
- Instalaciones fijas

1.1.2.6. Ejemplos de cables móviles

según el fabricante (Grupo Condumex exelencia tecnológica, 2020) Son empleado en minería por su resistencia, y su capacidad de arrastre a la que se encuentran sometidas son más ligeras que los cables de instalación fija.



<p>Propósito</p> <p>Ahorro de espacio y peso mínimo</p> <p>Propiedades</p> <p>Baja absorción de humedad Excelente flexibilidad Excelente resistencia a tracción Excelente resistencia al corte Excelente resistencia a altas temperaturas Excelente resistencia a golpes Excelente resistencia al abrasión Excelente resistencia a la tracción Excelente resistencia a la propagación de la llama Excelente resistencia a la intemperie Excelente resistencia al agua Excelente resistencia al aceite Excelente resistencia al ozono Excelente resistencia al ruido Excelente resistencia al fuego Excelente resistencia al rayo Excelente resistencia química</p> <p>Características Especiales</p> <p>Construido en conductores aislados entre sí con aislamiento flexible y soportado exteriormente por una cubierta flexible, formada de poliolefinas, polietileno, PVC y otros materiales sintéticos, y un protector flexible en sus extremos con buena resistencia mecánica.</p> <p>Normas</p> <p>IEC 6075-301</p>	<p>Temperatura</p> <p>Normal 90°C</p> <p>Tipo de Instalación</p> <p>Instalaciones móviles (dentro y fuera)</p> <p>Material de Aislamiento</p> <p>Epoxi-Resina (EP)</p> <p>Cubierta Exterior del Cable</p> <p>Poliolefinas (PE, PP)</p>	<p>Certificado de calidad</p> <p>Norma de calidad ISO 9001:2015 certificada por Bureau Veritas</p> <p>Detalle de Pedido</p> <p>Cable Seguridad R. Tipo W. Norma IEC 6075-301. Subgrupo A. 2. 2.000 V. 2.000 m. de longitud. Cable. Negro. 100 metros. 100 metros. 100 metros.</p> <p>Resistencia</p> <p>2.000 V</p>
--	--	--

Figura N°2: Cable seguriflex redondo tipo W, 2020. **Fuente:** Condumex, Catalogo de cables móviles para minería.



<p>Propósito</p> <ul style="list-style-type: none"> Alimentación de maquinaria y equipo industrial 	<p>Características especiales</p> <ul style="list-style-type: none"> El cable cuenta con un conductor de tierra por cada conductor de fuerza, que ofrece gran seguridad para el personal 	<p>Certificación productos</p> <ul style="list-style-type: none"> Mine Safety Health Administration (MSHA)
<p>Propiedades</p> <ul style="list-style-type: none"> Baja absorción de humedad Cordón flexible Excelente flexibilidad Excelente resistencia a ácidos Excelente resistencia a álcalis Excelente resistencia a altas temperaturas Excelente resistencia a golpes Excelente resistencia a grasas Excelente resistencia a la abrasión Excelente resistencia a la humedad Excelente resistencia a la propagación de la flama Excelente resistencia a la tensión mecánica Excelente resistencia a los rayos solares Excelente resistencia al aceite Excelente resistencia al aplastamiento Excelente resistencia al maltrato mecánico Excelente resistencia al sucio Excelente resistencia al rasgado Excelente resistencia mecánica 	<p>Normas</p> <ul style="list-style-type: none"> ICEA S 75-081 	<p>Certificado de calidad</p> <ul style="list-style-type: none"> Sistema de calidad ISO 9001:2008 certificado por Underwriters Laboratories (U.S.)
	<p>Tensión</p> <ul style="list-style-type: none"> 2 kV 	
	<p>Temperatura</p> <ul style="list-style-type: none"> Normal 90 °C 	
	<p>Tipo de instalación</p> <ul style="list-style-type: none"> Instalaciones visibles (afuera al piso) 	
	<p>Material de aislamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Etileno-Propileno (EP) 	<p>Otros datos para pedido</p> <ul style="list-style-type: none"> Cable Seguriflex™ redondo tipo G, 2 kV, número de conductores, calibre, longitud en metros y número de producto

Figura N°3: Cable seguriflex tipo G.

Fuente: Condumex, 2020, Catalogo de cables móviles para minería.

1.1.2.7. Ejemplo cables para instalaciones fijas

Según (Grupo Condumex excelencia tecnológica, 2020) Son cables para instalaciones fijas los cables más robustos y de media tensión las cuales no estarán sometidas a movimiento ni arrastre constante, estarán empotradas en las paredes de las galerías en la parte superior.

CABLE PARA MINAS VULCANEL[®] TIPO MP-GC TRES CONDUCTORES 5, 8 Y 15 kV CON AISLAMIENTO DE EP 90 °C, CON CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA Y CABLE VERIFICADOR DE PUESTA A TIERRA. CUBIERTA EXTERIOR DE CPE.





Descripción

1. Tres conductores de fuerza de cobre suave.
2. Pantalla semiconductora estruñada.*
3. Aislamiento de fibras de fuerza de EP (Etileno Propileno) en color naranja.
4. Pantalla semiconductora estruñada.*
5. Pantalla metálica sobre aislamiento de conductores de fuerza de malla de alambres de cobre suave estruñado.
6. Misa de color para identificación de fases.
7. Un conductor de verificación de tierra (ground check) de cobre suave.
8. Cinta separadora.
9. Aislamiento EP (Etileno Propileno) en color amarillo.
10. Dos conductores de tierra de cobre suave estruñado.
11. Cinta reusadora de alquitrán estruñado.
12. Cubierta exterior de CPE (Polietileno Clorado) en color negro.

*Las pantallas semiconductoras y el aislamiento son aplicadas por el proceso de triple extrusión (real) y curado en seco con Nitrogeno.

Propósito

- Circuitos de distribución

Propiedades

- Alta confiabilidad
- Excelente resistencia a incendios
- Excelente resistencia a alto voltaje
- Excelente resistencia a altas temperaturas
- Excelente resistencia a golpes
- Excelente resistencia a gresas
- Excelente resistencia a la abrasión
- Excelente resistencia a la humedad
- Excelente resistencia a la propagación de la llama
- Excelente resistencia a la tensión mecánica
- Excelente resistencia a los rayos solares
- Seguridad al personal

Características especiales

- El conductor verificador de tierra permite al personal de la continuidad de los conductores de tierra, proporcionando máxima seguridad al personal

Normas

- NEMA 5 75-301

Tensión

- 2 kV
- 8 kV
- 15 kV
- 25 kV

Temperatura

- Normal 90 °C
- Sobrecarga 130 °C
- Continuo 250 °C

Tipo de instalación

- Directamente enterrado
- Ductos subterráneos
- Instalación fijada al muro

Material de aislamiento

- Etileno Propileno (EP)

Cubierta externa del cable

- Polietileno clorado (CPE)

Certificación productos

- Mine Safety Health Administration (MSHA)

Certificado de calidad

- Sistema de calidad ISO 9001:2008 certificado por Underwriters Laboratories (UL)

Otros datos para pedido

- Cable Seguridad[™] tipo MP-GC, tensión entre fases, calibre de las fases, longitud en metros y número de producto

Figura N°4: Cable vulcanel tipo MP-GC.

Fuente: Condumex, 2020, Catalogo de cables móviles para minería.

CABLE VULCANEL™ TRIFASICO PARA TIRO DE MINA CON AISLAMIENTO DE EP PARA 5, 8 Y 15 KV, CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA, CUBIERTA INTERNA DE PVC, ARMADURA MIXTA DE ALAMBRES Y FLEJE DE ACERO GALVANIZADO Y CUBIERTA EXTERNA DE PVC.





Descripción:

1. Tres conductores de fuerza de cobre sueltos cableados clase B.
2. Puntado antiparásitos entre cables y conductor.
3. Adhesivo de EP "Etileno-Propileno" para cables.
4. Puntado antiparásitos entre cables y aislamiento.
5. Puntado antiparásitos formado por una capa de cobre suelta aplicada helicoidalmente.
6. Hilos de cobre para protección de tierra.
7. Conducto de tierra de acero suelto desnudo.
8. Capa de arena granulada de PVC (protección de tierra) en caso de fuga.
9. Capa de alambre desnudo tipo alambre de acero, aplicada helicoidalmente como protección mecánica de la cubierta interna.
10. Armadura formada por alambres de acero galvanizado.
11. Paja de acero granulada, aplicada helicoidalmente para aislar la armadura.
12. Cubierta externa de PVC (protección de tierra) resistente a la intemperie en todo tipo.

Las unidades correspondientes y el empaque son definidos por el proceso de fabricación, consulte con el representante.

Propósito:

- Circuitos de distribución

Propiedades:

- Alta confiabilidad
- Buena estabilidad dimensional
- Buena resistencia a ácidos
- Buena resistencia a álcalis
- Buena resistencia a la abrasión
- Buena resistencia a la contaminación atmosférica
- Excelente resistencia a la humedad
- Excelente resistencia a la intemperie
- Excelente resistencia a la propagación de la flama
- Excelente resistencia a la tensión mecánica
- Excelente resistencia a los rayos solares
- Excelente resistencia al maltrato mecánico
- Excelente resistencia mecánica
- Seguridad al personal

Características Especiales:

- Utilizado en instalaciones fijas en tiro y galerías de minas subterráneas, como alimentadores principales desde subestaciones exteriores a interruptores interiores y transformadores.
- La armadura de alambres de acero galvanizado proporciona protección mecánica, soporte en el tiro vertical y una protección adicional al personal cuando se conecta a tierra.

Tensión:

- 5 KV
- 8KV
- 15 KV

Temperatura:

- Normal 90°C
- Sobrecarga 130°C
- Cortocircuito 250°C

Tipo de Instalación:

- Instalación fijado al muro o estructuras

Material de Aislamiento:

- Etileno-Propileno (EP)

Cubierta Externa del Cable:

- Policloruro de Vinilo (PVC)

Certificado de calidad:

- Sistema de calidad ISO 9001:2008 certificado por Bureau Veritas

Certificado de productor:

- Mine Safety Health Administration (MSHA)

Otros datos para pedido:

- Cable VULCANEL™ trifásico para tiro de mina, aislamiento de EP, nivel de tensión, longitud del tiro, longitud de tramos y número de producto.

Normas:

- CX P-11015

Figura N°5: Cable vulcanel trifasico con aislamiento de EP.

Fuente: Condumex, 2020, Catalogo de cables móviles para minería.

1.1.3. Transformadores

Según (Rodríguez, 2012) Los transformadores son máquinas estáticas con dos devanados de corriente alterna arrollados sobre un núcleo magnético. El devanado por donde entra energía al transformador se denomina primario y el devanado por donde sale energía hacia las cargas que son alimentadas por el transformador se denomina secundario. El devanado primario tiene N_1 espiras y el secundario tiene N_2 espiras. El circuito magnético de esta máquina lo constituye un núcleo magnético sin entrehierros, el cual no está realizado con hierro macizo sino con chapas de acero al silicio apiladas y aisladas entre sí. De esta manera se reducen las pérdidas magnéticas del transformador.

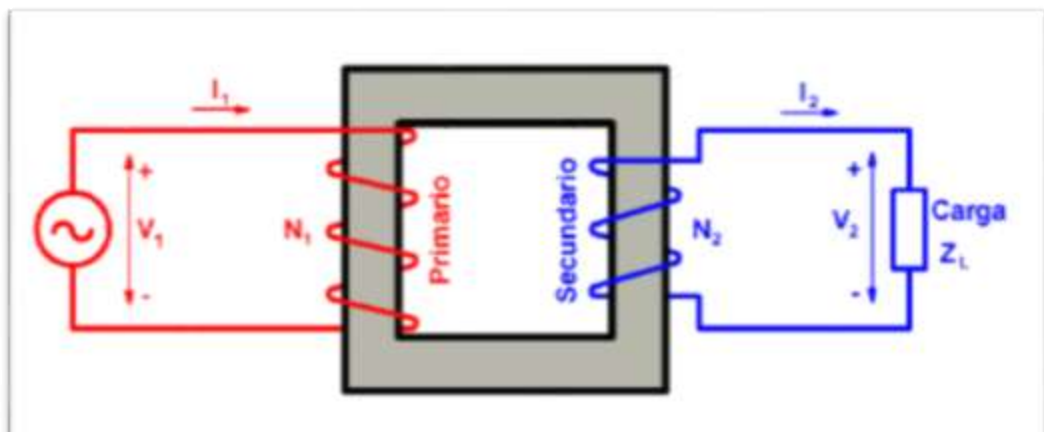


Figura N°6: Principio fundamental de un transformador.

Fuente: Miguel Ángel Rodríguez, 2012, Ensayo de Transformadores.

Los transformadores se componen de un devanado primario y uno secundario y según como su conexión dan lugar a unos índices horarios u otros. Para poder conectar transformadores deben de tener tensiones de corto circuito iguales, así como su tensión e igual manera el índice horario.

1	2	3	4	5	6	7	8
Identificación		Diagrama		Esquema		Relación de tensiones compuestas (*) $\frac{U_{AT}}{U_{BT}}$	Antigua denominación V.D.E.
Desfase (Ang. de B.T. en retraso)	Denominación C.E.I.	A.T.	B.T.	A.T.	B.T.		
0°	Dd0					$\frac{N_A}{N_B}$	A1
	Yy0					$\frac{N_A}{N_B}$	A2
	Dz0					$\frac{2N_A}{3N_B}$	A3
150°	Dy5					$\frac{N_A}{\sqrt{3}N_B}$	C1
	Yd5					$\frac{\sqrt{3}N_A}{N_B}$	C2
	Yz5					$\frac{2N_A}{\sqrt{3}N_B}$	C3
180°	Dd6					$\frac{N_A}{N_B}$	B1
	Yya					$\frac{N_A}{N_B}$	B2
	Dz6					$\frac{2N_A}{3N_A}$	B3
-30°	Dy11					$\frac{N_A}{\sqrt{3}N_B}$	D1
	Yd11					$\frac{\sqrt{3}N_A}{N_B}$	D2
	Yz11					$\frac{2N_A}{\sqrt{3}N_B}$	D3

Figura N°7: Tabla de índices horarios y grupos de conexión.

Fuente: Alejandro Ramos Barrero, 2017, Proyecto subestación de distribución 132/20KV.

1.1.3.1. Transformadores empleados en mina subterránea

Según el fabricante (PROMELSA, 2010) estos transformadores son adaptables para montaje en interiores y exteriores instalados sobre el piso mediante ruedas orientables. Resistentes a la corrosión y resistentes a los daños externos como golpes. Están preparados para trabajar bajo temperaturas muy bajas o muy altas, así como funcionamiento a una altitud mayor a los 4000 m.s.n.m.



Figura N°8: Transformador trifásico.

Fuente: Promelsa, 2010, Catalogo de transformadores de distribución monofásicos – trifásicos.

1.- Características Técnicas	
Potencia	5 KVA hasta 5000 KVA
Lado de Media Tensión	
Tensión nominal	4,16,7,62,10,13,2,22,9,33 kV
Tensión máxima de servicio	12,17,5,24,36 kV
Bil exterior	95,125,170,200 kV
Tensión de prueba a 60 Hzx1 minuto	34,38,50,70
Número de terminales	3, 4
Conexión	Delta / Estrella
Lado de Baja Tensión	
Tensión nominal	230,336,400,460,480,600V
Tensión máxima de diseño	1,1 kV
Tensión de prueba a 60 Hzx1 minuto	3 kV
Número de terminales	3, 4, 6, 7
Conexión	Delta / Estrella
Grupos de conexión	Dyn5,Dd6,Dd0,Yyn6,Yyn0
Frecuencia	50, 60 Hz
Tipo de aislador	Porcelana, Polimérico
Tipo de montaje	Exterior, Interior
Rango de altura de operación	1000, 5000 mmnm
Línea de fuga	25 mm/kV, 31 mm/kV
Normas de Referencia:	
Diseño, fabricación y pruebas	IEC-60075, NTP 370.002
Capacidad de sobrecarga y condiciones térmicas	IEC-354
Norma para aceite aislante	IEC-296
*Normas Nacionales e Internacionales NTP-INTTEC, IEC, ANSI, así como especificaciones técnicas particulares del cliente.	

Figura N°9: características técnicas del transformador trifásico.

Fuente: Promelsa, 2010, Catalogo de transformadores de distribución monofásicos – trifásicos.



Figura N°10: Aislador pasa tapa de media tensión

Fuente: Promelsa, 2010, Catalogo de transformadores de distribución monofásicos – trifásicos.



Figura N°11: Tanque conservador (para potencias > 100KVA).

Fuente: Promelsa, 2010, Catalogo de transformadores de distribución monofásicos – trifásicos.

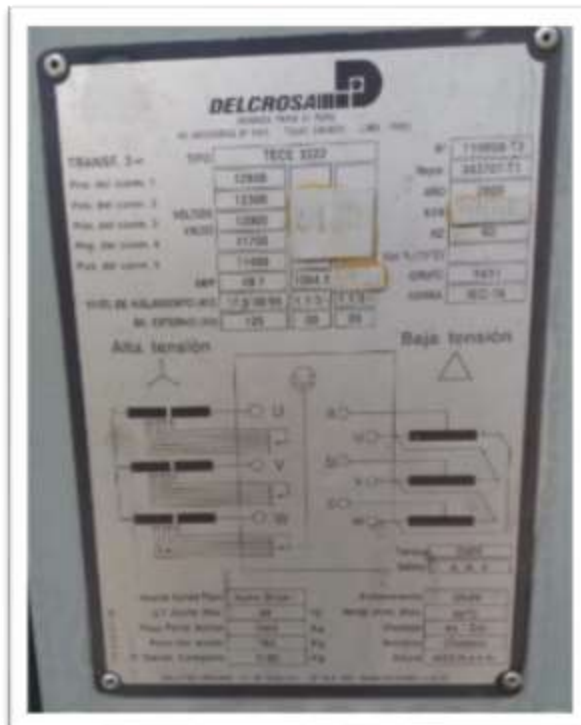


Figura N°12: Placa de características del transformador

Fuente: Elaboración propia. Minera Casapalca, 2018.



Figura N°13: Acumulador de nivel de aceite.

Fuente: Promelsa, 2010 Catalogo de transformadores de distribución monofásicos – trifásicos.

1.1.3.2. Consideraciones para su instalación

Según el fabricante (PROMELSA, 2010) tenemos los siguientes puntos a tener en cuenta para un correcto funcionamiento:

- El transformador debe tener características de operación de acuerdo al requerido por la empresa o lugar de operación (tensión de línea y capacidad solicitada, entre otras). Estas se verifican en la placa de características la cual se encuentra en cada transformador que sale de fábrica.
- Inspeccionar que todas las partes del transformador estén en óptimas condiciones y no haber sufrido daños al momento del traslado y montaje.
- Verifique el nivel de aceite en el tanque de
- Se tiene que verificar los aisladores y los devanados no se encuentren en corto entre ellos.
- Hacer el conexionado a tierra la carcasa del transformador.

- Verificar que el transformador sea el correcto y que contenga todos los accesorios.
- Verifique el correcto aislamiento de los cables tanto del lado del primario y del secundario para evitar sobrecalentamientos y fugas de energía.
- Si el transformador se instalara en un ambiente cerrado asegurar la correcta ventilación para su funcionamiento eficiente.
- Verificar la resistencia de la tierra mediante el telurómetro.

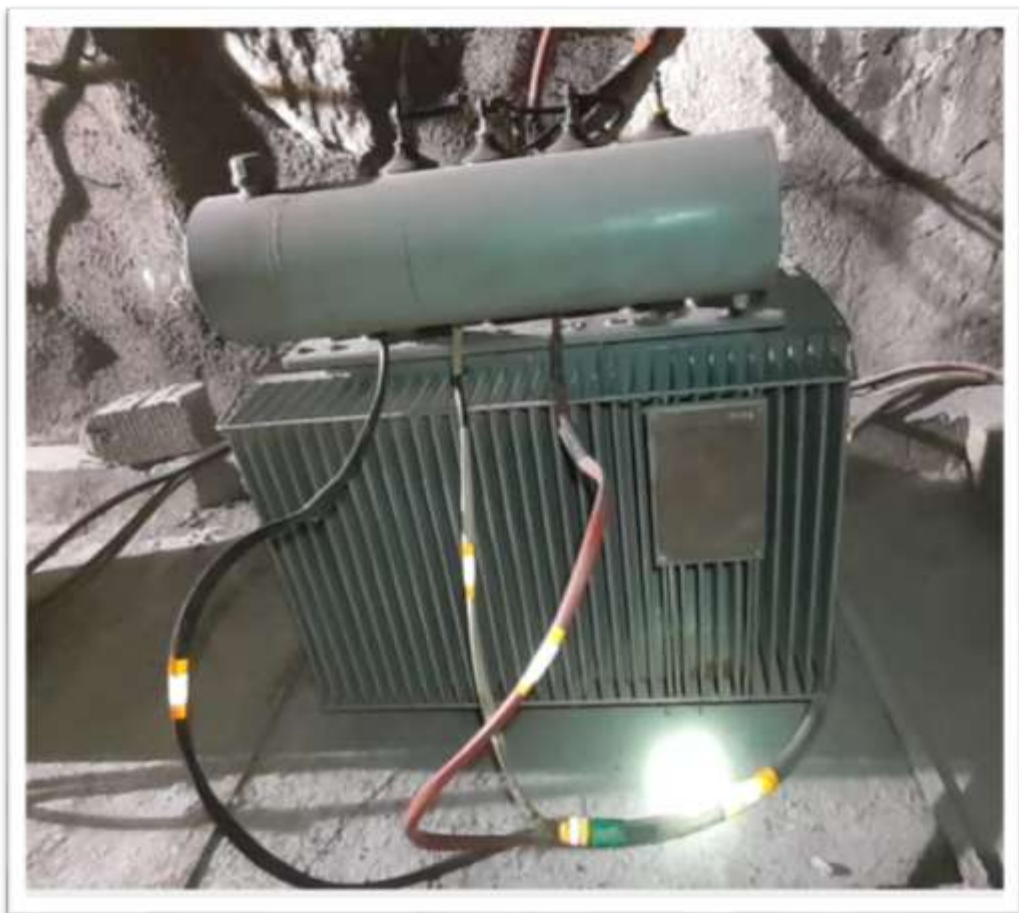


Figura N°14: Transformador instalado en mina.

Fuente: *Elaboración propia, 2018n mina, Minera Casapalca S.A.*

1.1.3.3. Mantenimiento

El mantenimiento de los transformadores en interior mina es fundamental por lo tanto se rige con estrictos controles de mantenimiento bajo periodos establecidos.

Tabla 1: Control de mantenimiento periódico

Comprobar y controlar	Periodos
Temperatura del transformador	Periódicamente
El nivel de aceite	6 meses
Hermeticidad del tanque, sin fugas de aceite	6 meses
Aisladores limpios	6 meses
Las conexiones en MT y BT, ajuste de sus pernos	12 meses
Funcionamiento de los equipos de protección	12 meses
Rigidez dieléctrica del aceite y sus análisis físico químicos	12 meses
Análisis cromatográfico del aceite	24 meses

Fuente: Promelsa, 2010, Elaboración propia.

1.1.4. Interruptor de control

Según (Código Eléctrico Colombiano, 1998) el interruptor termomagnético viene a ser un dispositivo que funciona en relación al magnetismo y el calor, para interrumpir el circuito eléctrico en el instante en que detectan valores mayores a los límites de funcionamiento habitual.

La nos especifica que el interruptor automático (Circuito Breaker) es un dispositivo diseñado para que abra y cierre uno o más circuitos de manera no automática y en caso de producirse un cortocircuito proteja el sistema eléctrico sin que se dañe el interruptor y demás componentes, cuando el cortocircuito este dentro de sus valores nominales corriente y tensión.

Debido a que este el interruptor termomagnético es tan robusto, la (Código Eléctrico Colombiano, 1998), sugiere que para aquellos interruptores de tres y cuatro vías hacer la conexión de manera que al momento de la rección de los mismos por efectos de sobre

corrientes en cortocircuitos la desconexión se genere en el cable del circuito en operación y no afecte al de puesta a tierra.

1.1.4.1. Beneficios

Según el fabricante (Schneider Electric, 2019) los interruptores automáticos en su gama de fabricación cuentan con puntos fuertes en cada uno de sus productos como los siguientes:

- Seguridad y protección
- Medición de energía y control
- Mejoras en la disponibilidad de energía



Figura N°15: Interruptor automático.

Fuente: Schneider Electric, 2019, Catalogo disyuntores de caja moldeada e interruptores-seccionadores de 16 a 630 A - hasta 690 V.

Circuit breakers	NSX100-250 M			NSX400			NSX630					
Breaking capacity levels	R	HB1	HB2	R	HB1	HB2	R	HB1	HB2	R	HB1	HB2
Electrical characteristics												
Breaking capacity (kA rms)						i < 500 A			i > 500 A			
Icu AC 50/60 Hz 220/240 V	200	-	-	200	-	-	200	-	-	200	-	-
380/415 V	200	-	-	200	-	-	200	-	-	200	-	-
440 V	200	-	-	200	-	-	200	-	-	200	-	-
500 V	80	85	100	80	85	100	80	85	100	80	85	100
525 V	65	80	100	65	80	100	65	80	100	65	80	100
690 V	45	75	100	45	75	100	45	75	100	45	75	100
Service breaking capacity (kA rms)						i < 500 A			i > 500 A			
Ics AC 50/60 Hz 220/240 V	200	-	-	200	-	-	200	-	-	200	-	-
380/415 V	200	-	-	200	-	-	200	-	-	200	-	-
440 V	200	-	-	200	-	-	200	-	-	200	-	-
500 V	80	85	100	80	85	100	80	85	100	80	85	100
525 V	65	80	100	65	80	100	65	80	100	65	80	100
690 V	45	75	100	45	75	100	45	75	100	45	75	100

There is no 180 A frame, use the 250 A frame with lower rating trip units.

Figura N°16: Tabla de capacidades.

Fuente: Schneider Electric, 2019, Catalogo disyuntores de caja moldeada e interruptores-seccionadores de 16 a 630 A - hasta 690 V.

1.1.4.2. Características generales

según (Schneider Electric, 2019) Entre sus características tenemos la placa de características la cual nos indica sus parámetros de cada interruptor magnetotérmico.

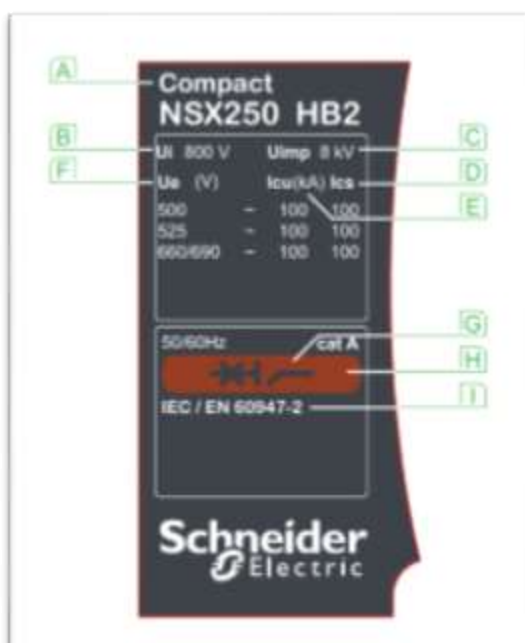


Figura N°17: Placa de características.

Fuente: Schneider Electric, 2019, Catalogo disyuntores de caja moldeada e interruptores-seccionadores de 16 a 630A- hasta 690V.

- a. Tipo de dispositivo: tamaño del marco y clase de capacidad de ruptura.
- b. U_i : tensión nominal de aislamiento.
- c. U_{imp} : tensión nominal soportada al impulso.
- d. I_{cs} : capacidad de ruptura del servicio.
- e. I_{cu} : máxima capacidad de ruptura para varios valores de la tensión de funcionamiento nominal U_e .
- f. U_e : tensión de funcionamiento.
- g. Símbolo de disyuntor / interruptor-seccionador.
- h. Etiqueta de color que indica la capacidad de ruptura clase.

1.1.4.3. Protección de los sistemas de distribución

Las unidades de control magnetotérmicas TM-D y TM-G estas protecciones son empleadas para el uso industrial y comercial, vienen incorporadas en los interruptores automáticos:

TM-D, específicamente empleadas para la protección de los conductores destinadas a sistemas de distribución.

TM-G, empleadas en sistemas de menor capacidad, pero empleadas para larga distancia de distribución.

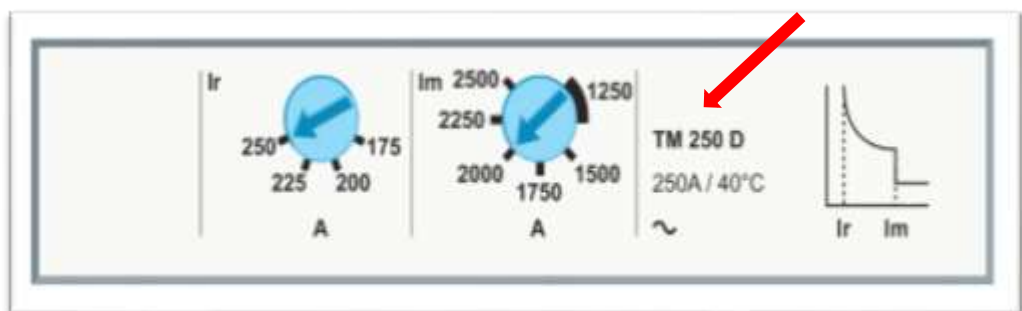


Figura N°18: Placa de control magnetotérmico.

Fuente: Schneider Electric, 2019, Catalogo disyuntores de caja moldeada e interruptores-seccionadores de 16 a 630A- hasta 690V.

Protección térmica (Ir)

Protección de sobrecarga térmica basada en una tira bimetálica que proporciona una curva de tiempo inverso I2t correspondiente a un límite de aumento de temperatura.

Por encima de este límite, la deformación de la tira dispara el mecanismo de operación del disyuntor. Un retardo de tiempo no ajustable, definido para garantizar la protección de los cables.

Protección magnética (Im)

Protección contra cortocircuitos con un detector Im fijo
O ajustable que inicia disparo instantáneo si se supera.

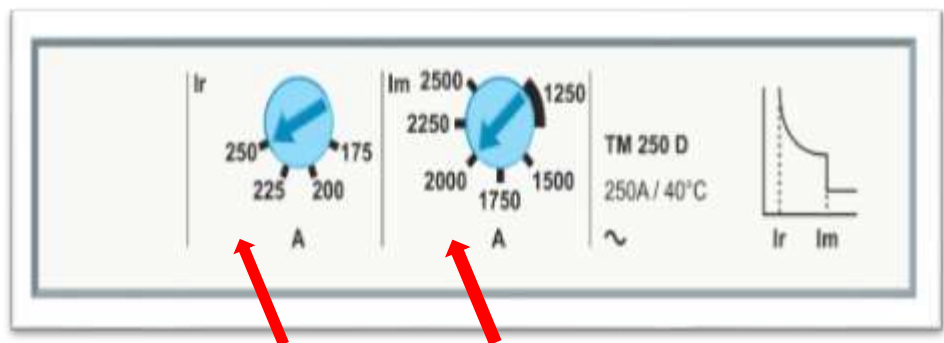


Figura N°19: Protección térmica y magnética.

Fuente: Schneider Electric, 2019, Catalogo disyuntores de caja moldeada e interruptores-seccionadores de 16 a 630A- hasta 690V.

Curva de disparo de un interruptor automático

Según (Schneider Electric, 2019) la curva de disparo tiempo-intensidad, representa el tiempo que tarda en poder apertura el interruptor automático cuando por ella atraviesa la intensidad mayor que la nominal en la figura N°.20 se aprecia el umbral de sobre carga (Ir) y el umbral de cortocircuito (Im).

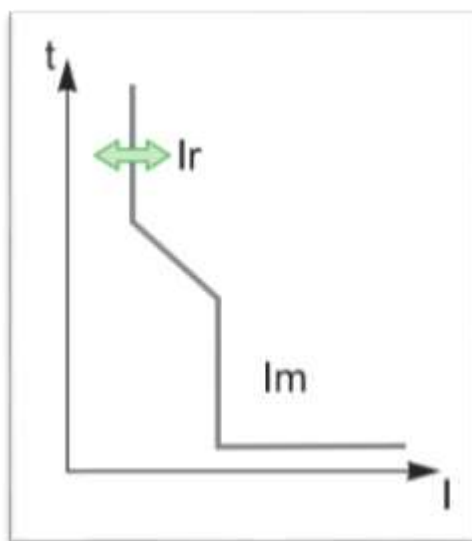


Figura N°20: Curva de disparo de un interruptor automático.

Fuente: Schneider Electric, 2019, Catalogo disyuntores de caja moldeada e interruptores-seccionadores de 16 a 630A- hasta 690V.

- Ir: umbral de sobre carga esta debe regularse en función de la intensidad nominal que está circulando habitualmente este valor para análisis electrónicos permite una gran franja de regulación.
- Im: umbral de cortocircuitos esta son respuestas en tiempos constantes, aunque el valor de cortocircuito sea mayor.

1.1.5. Seccionador

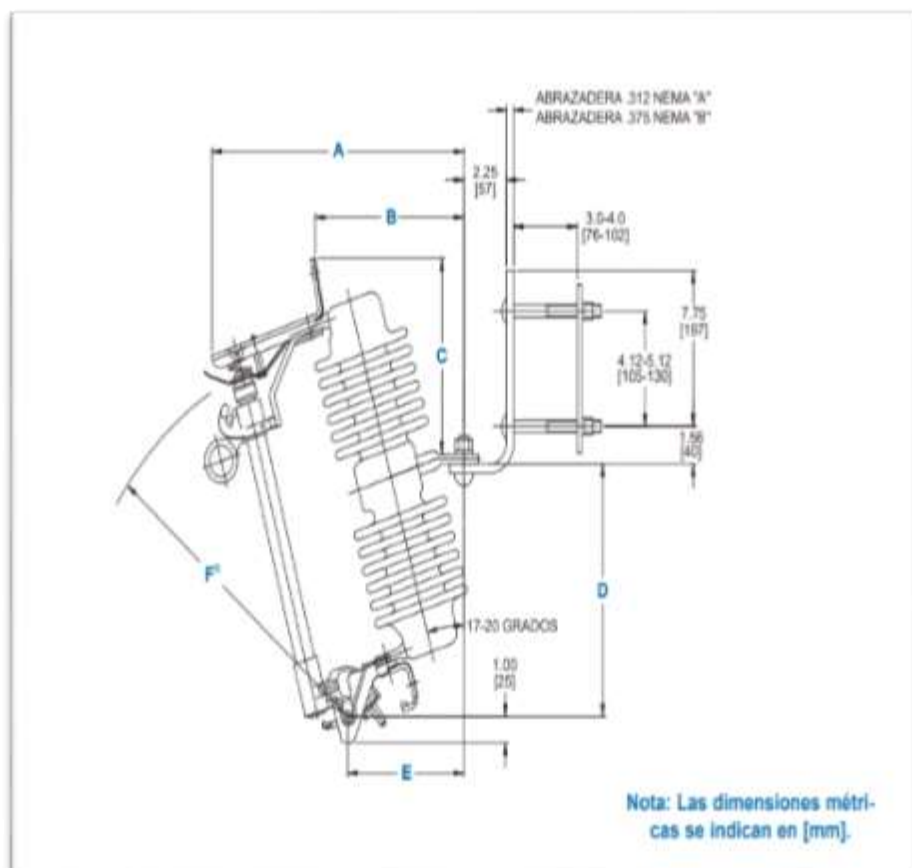
Según la (Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de electricidad, 2003) define al seccionador como es un dispositivo que tiene como función asilar una instalación eléctrica de su red de alimentación, de acuerdo con las normas internacionales. Cuyas operaciones interviene en el proceso de mantenimiento de líneas y de subestaciones eléctricas.

Sus características se definen en la norma técnica del (Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de electricidad, 2003). Si nos basamos a las normas el seccionador no está diseñado para la apertura o cierre de los circuitos y las mismas no cuentan con valores

nominales predeterminados para realizar estas operaciones. No obstante, este dispositivo tiene que ser capaz de soportar las corrientes de cortocircuito y se le fija un determinado valor nominal de trabajo con tiempos de reacción de reducidos de 1 segundo o menores valores, aunque estos valores podrían variar desacuerdo al comprador y fabricante.

1.1.5.1. Seccionador tipo cut out

Según el (Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de electricidad, 2003) este fabricado de un material dieléctrico de porcelana. Se utiliza generalmente en sistemas de distribución aérea para proporcionar protección sobre corriente e indicación visible de la operación del fusible. Es de acción manual y se apertura los tubos porta fusibles para realizar mantenimientos a los transformadores y



líneas de transmisión.

Figura N°21: Dimensiones de seccionador.

Fuente: Iberica de Aparellajes, 2017, Catalogo cortacircuitos fusibles de expulsión y seccionadores.

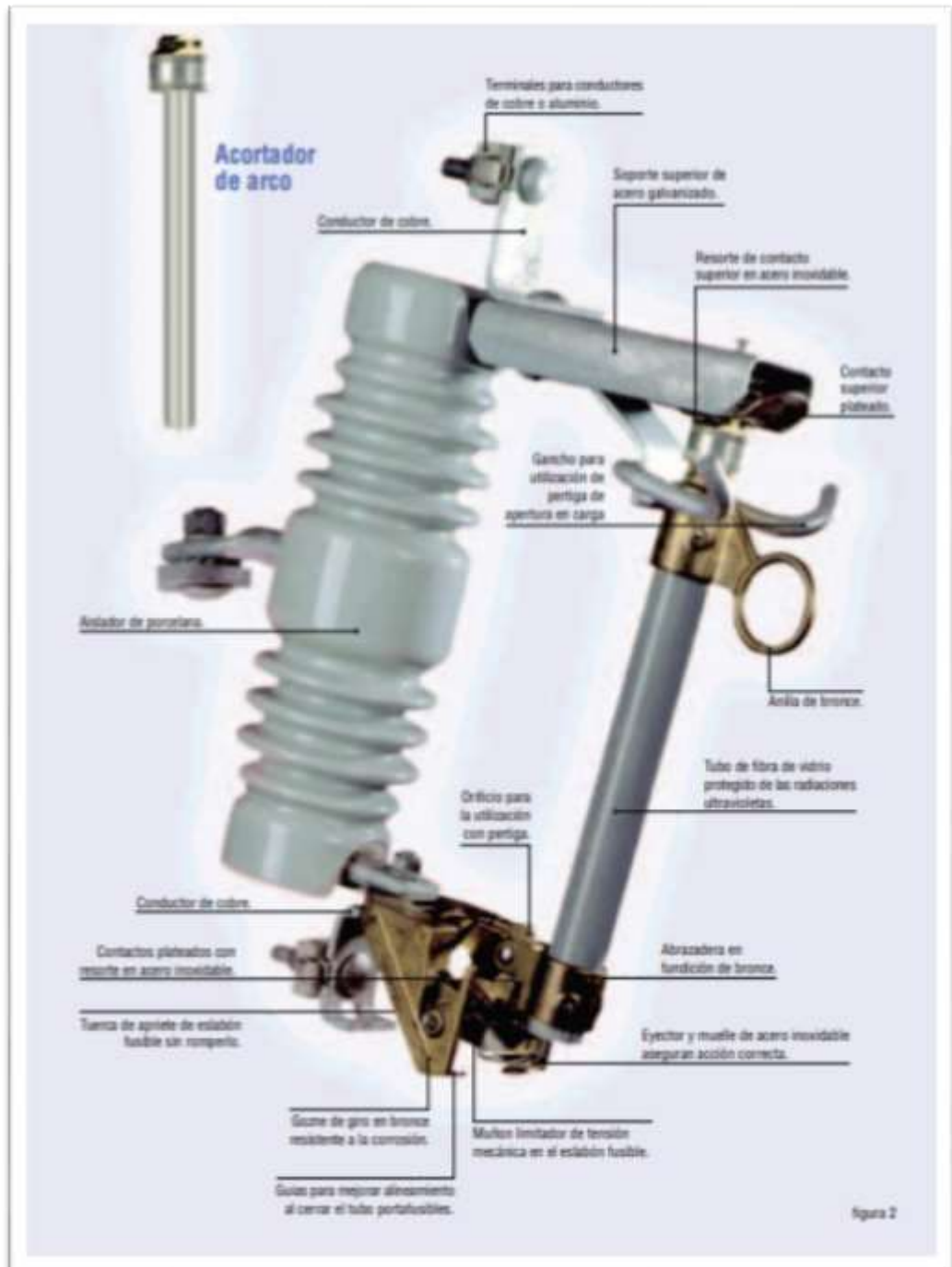


Figura N°22: Seccionador Cut Out tipo C.

Fuente: Iberica de Aparellajes, 2017, Catalogo cortacircuitos fusibles de expulsión y seccionadores.

Clase kV	BIL (kV)	Dimensiones de la Unidad (pulg)						Distancia de fuga - porcelana (pulg)	Peso de porcelana (lb)	Distancia de fuga - silicón (pulg)	Peso de silicón (lb)
		A	B	C	D	E	F*				
15	110	12.79	7.33	8.50	8.55	8.60	11.41	9.1	14.0	14.96	9.3
27	125	13.30	7.84	8.17	10.25	6.08	14.88	12.8	20.0	18.90	9.5
27 or 38	150	13.30	7.84	8.17	10.25	6.08	14.88	17.0	25.5	18.90	10.16
27 or 38	150	13.30	7.84	8.17	10.25	6.08	14.88	-	-	23.60	10.5
27 or 38	170	13.96	8.51	10.43	13.00	9.27	19.21	26.2	35.5	-	-

Clase kV	BIL (kV)	Dimensiones de la Unidad (mm)						Distancia de fuga - porcelana (mm)	Peso de porcelana (kg)	Distancia de fuga - silicón (mm)	Peso de silicón (kg)
		A	B	C	D	E	F*				
15	110	325	186	185	217	168	290	231	6.4	380	4.2
27	125	338	199	206	260	154	378	325	9.0	480	4.3
27 or 38	150	338	199	208	260	154	378	432	12.0	480	4.6
27 or 38	150	338	199	206	260	154	378	-	-	599	4.8
27 or 38	170	356	216	285	330	134	488	665	16.1	-	-

Figura N°23. Tabla de dimensiones, Catalogo cortacircuitos fusibles de expulsión y seccionadores.

Fuente: Iberica de Aparellajes, 2017, Catalogo cortacircuitos fusibles de expulsión y seccionadores.

1.1.6. Fusible

Según el fabricante (Alta tecnología en fusibles, S.A., 2009) un fusible es un componente que se utiliza para proteger los circuitos eléctricos y electrónicos de cualquier aparato. Mientras este componente este en óptimas condiciones permite el paso de la corriente.



Figura N°24: Fusible tipo k.

Fuente: ALTEC-F (Alta tecnología en fusibles S.A.),2019, Manual de operación, construcción y aplicación.



Figura N°25: Corte transversal de un eslabón fusible tipo k.

Fuente: ALTEC-F (*Alta tecnología en fusibles S.A.*), 2019, Manual de operación, construcción y aplicación.

Se fabrican varios tipos de fusibles: Tipo K, T, Slofast y MS.

- **ESLABONES TIPO K:** Los fusibles tipo “K” pueden ser recorridos por el 150% de su corriente nominal sin sufrir daño en el elemento fusible o en el Cut Out donde está instalado.
- **ESLABONES TIPO T:** Tiene una característica tiempo - corriente más lenta que los tipos K. Normalmente son usados para coordinar con reclosets.
- **ESLABONES TIPO SLOFAST:** En este tipo de fusibles hay dos elementos en serie responsables de la fusión del eslabón. En la zona de bajas intensidades una bobina calefactora y una unión soldada son responsables del funcionamiento: la bobina calefactora genera calor en proporción al cuadrado de la corriente,

el cual es absorbido por un material cerámico y transmitido a la unión soldada. Cuando fluye un cierto valor de intensidad causa la fusión. Estamos en la zona de la curva abajo del “ángulo o dobléz” de la misma.

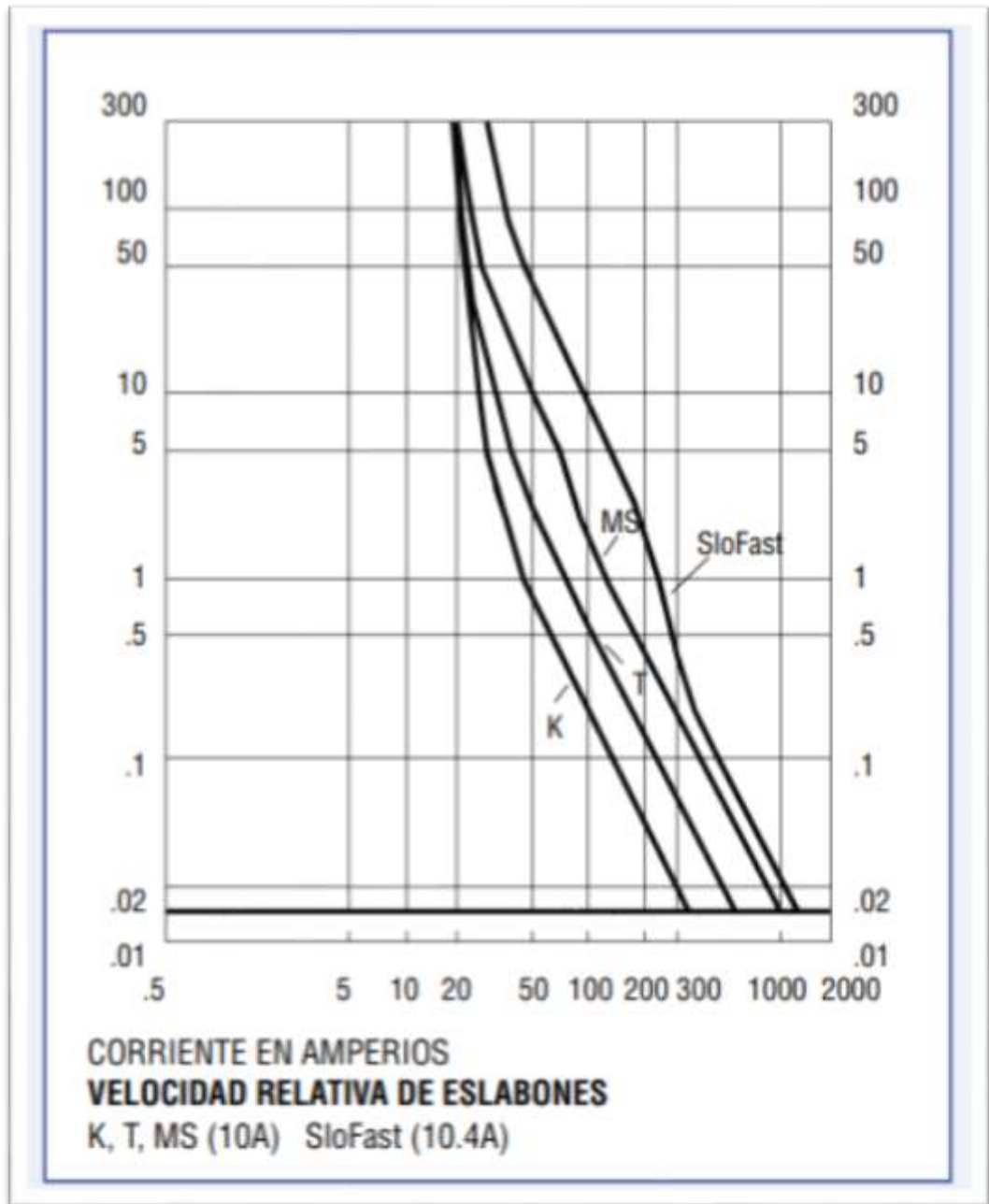


Figura N°26: Curva de disparo de fusibles.

Fuente: ALTEC-F (Alta tecnología en fusibles S.A.),2019, Manual de operación, construcción y aplicación.

1.1.7. Minería subterránea

Según (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2011) la minería subterránea es aquella se dedica a la explotación de recursos debajo de la superficie de la tierra. En la mayoría de las ocasiones, se llevan a cabo estas explotaciones subterráneas cuando la extracción de los minerales a cielo abierto no es posible, sea por motivos ambientales o económicos.

Está conformada por un sinfín de labores tales como galerías, tajos, echaderos, cámaras, posas, pique, rampas etc. A continuación, explicaremos algunas labores.

1.1.7.1. Pique

Son túneles verticales que se realizan de la parte superior a la inferior, pueden tener una leve inclinación y básicamente comunican la zona exterior con la mina subterránea se usan para trasportar personal, mineral y equipos de trabajo.

1.1.7.2. VCR

Según (Pinto Herrera, 2009) los VCR son aquellas paredes de la mina empleadas por equipos de perforación para voladuras negativas cada voladura está separada de la próxima por 2 metros.

1.1.7.3. Chimenea

Según (Pinto Herrera, 2009) es un método de explotación realizado por los picadores con el fin de comunicar dos pisos de la mina. Normalmente las chimeneas se realizan en forma perpendicular a las galerías.

1.1.7.4. Polvorines

Según MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS , (2001) los polvorines en superficie deben estar ubicados, en forma adyacente, como mínimo a 60 m de las líneas eléctricas aéreas y, como mínimo a 100 m de subestaciones eléctricas.

1.1.7.5. Mina Casapalca

Según (Pinto Herrera, 2009) la unidad minera Casapalca está situada en una zona de valles que constituye el ramal occidental, con influencia glaciaria y una geografía montañosa y accidentada debido a su ubicación. Se singulariza debido a las pendientes escarpadas en zonas bajas, donde se sitúan los campamentos y bocamina principal, entre los 4200 y 4500 m.s.n.m. y una pendiente no muy elevada en las zonas entre los 4500 y 4600 m.s.n.m. la cual corresponde a una depresión en forma de anfiteatro, en las zonas altas correspondientes a los 4600 y 5100 m.s.n.m. corresponden a una pendiente escarpada y escabrosa.

Entre sus principales operaciones tenemos la extracción de minerales tales como cobre, plomo, zinc entre otros en sus distintas zonas de extracción tales como son: zona cuerpos Mery, zona Esperanza y zona oroya. Entre sus operaciones también tenemos las actividades para la comunidad como programas de salud y áreas verdes.



Figura N°27: Elaboración propia.

Fuente: Minera Casapalca S.A., 2018, Acceso a mina (cruce 390).

1.1.7.6. Ubicación

Ubicación: La unidad minera Casapalca realiza sus operaciones de perforación, proyectos y trabajos en:

Tabla 2: Ubicación minera Casapalca

Distrito	Chicla
Provincia	Huarocharí
Departamento	Lima

Fuente: Google Maps, Elaboración propia.

Se encuentra a una altura promedio de 4200 m.s.n.m. en la Zona 18, de la franja L, hemisferio Sur, más precisamente entre las coordenadas:

- 11 o 30' Latitud Sur
- 76° 10' Latitud Oeste

Las coordenadas UTM de la unidad minera Casapalca que corresponde a cuadrángulo de sus operaciones es:

Tabla 3: coordenadas de minera Casapalca.

Vértice	Norte	Este
1	8712000	365000
2	8712000	370000
3	8708000	370000
4	8708000	365000

Fuente: Google Maps, Elaboración propia.

- a. **Accesibilidad.** - La unidad mina Casapalca tiene acceso por medio de la carretera central, en dos direcciones:

Con referencia a la ciudad Lima por:

- Por la Carretera siguiendo la ruta Lima - Casapalca con una distancia aproximada de

129Km. Cuenta con un tiempo promedio de recorrido de 3 horas.

- Carretera de Huancayo - La Oroya - Casapalca con una distancia de 100 Km. y en un tiempo promedio de 2 horas.



Figura N°28: Ubicación geográfica minera Casapalca.

Fuente: Google Maps, 2020.

1.1.7.7. Clima

El clima en la zona geográfica de la unidad minera Casapalca y alrededores son diversos debido a sus variaciones altitudinales. De acuerdo a diversos estudios y trabajos de tesis realizados en dicho lugar la variación del clima juega un papel importante.

Cuenta con tiempos de lluvia en los meses de diciembre a abril por otro lado presenta fuertes precipitaciones como granizo o nieve y otro periodo seco de mayo a noviembre con ocasionales lloviznas.

1.1.7.8. Producción, reservas, inversiones y explotaciones

En la compañía minera Casapalca S.A. la explotación viene a ser mediante socavón, y las vetas irregulares. Es de origen hidrotermal, con minerales tales como calcita y pirta aurífera. La capacidad de la planta concentradora, actualmente de 2,700 tpd. Estaba proyectada para ser ampliada el 2009.

ZINC						
Producción 2000-2008 (toneladas métricas/TM)						
Año	Concentrados (mt / tm)	-/+%	Zinc Contenido fino	-/+%	Plata Contenido fino	-/+%
2000	9,030		5,338		3,461	
2001	15,582	72.55	9,220	72.74	4,063	17.37
2002	18,398	18.07	11,173	21.18	4,744	16.78
2003	18,300	-0.53	10,436	-6.59	5,653	19.16
2004	21,405	16.97	12,252	17.40	4,042	-28.50
2005	27,055	26.40	15,622	27.50	3,312	-18.05
2006	33,732	24.68	19,387	24.10	4,928	48.80
2007	34,632	2.67	19,970	3.01	4,585	-6.97
2008	58,116	67.81	33,280	66.65	5,829	27.13
Proyección						
2009	59,500	71.81	33,796	69.23	6,916	50.83
2010	60,000	0.84	33,960	0.49	6,768	-2.13
2011	60,000	0.00	34,020	0.18	6,830	0.91
Observaciones						
CÍA. MINERA CASAPALCA S.A. - AMERICANA						

Figura N°29: Producción de ZINC.

Fuente: Oficina administrativa Casapalca, 2018.

PLOMO						
Producción 2000-2008 (toneladas métricas/TM)						
Año	Concentrados (mt / tm)	-/+%	Ploomo Contenido fino	-/+%	Plata Contenido fino	-/+%
2000	8,069		4,661		27,983	
2001	11,436	41.72	7,263	55.81	23,392	-16.41
2002	13,943	21.94	8,684	19.57	28,206	20.58
2003	16,185	16.06	7,111	-18.11	26,466	-6.17
2004	10,960	-32.28	6,363	-10.52	16,490	-37.69
2005	9,534	-13.01	5,707	-10.30	11,398	-30.88
2006	9,841	3.22	6,105	6.97	20,887	83.25
2007	7,364	-25.17	4,491	-26.44	12,651	-39.43
2008	6,825	-7.32	4,166	-7.24	11,544	-8.73
Proyección						
2009	6,100	-17.16	3,691	-17.82	10,457	-17.34
2010	6,200	1.64	3,751	1.64	10,628	1.64
2011	6,200	0.00	3,751	0.00	10,628	0.00
Observaciones						
CÍA. MINERA CASAPALCA S.A. - AMERICANA						

Figura N°30: Producción de PLOMO.

Fuente: Oficina administrativa Casapalca, 2018.

COBRE						
Producción 2000-2008 (toneladas métricas/TM)						
Año	Concentrados (mt / tm)	-/+%	Cobre Contenido fino	-/+%	Plata Contenido fino	-/+%
2000	2,759		590		70,060	
2001	3,210	16.34	661	11.96	69,919	-0.20
2002	3,927	22.34	770	16.53	96,546	38.08
2003	4,268	8.70	735	-4.55	58,897	-39.00
2004	7,053	65.24	1,071	45.66	63,718	8.19
2005	6,772	-3.99	1,274	19.02	60,136	-5.62
2006	8,042	18.76	1,892	48.48	53,180	-11.57
2007	9,574	19.05	2,211	16.86	46,368	-12.81
2008	11,350	18.55	2,606	17.87	47,873	3.25
Proyección						
2009	12.100	26.38	2,868	29.70	48,040	3.61
2010	12.100	0.00	2,868	0.00	48,040	0.00
2011	12.100	0.00	2,868	0.00	48,040	0.00
Observaciones						
CÍA. MINERA CASAPALCA S.A. - AMERICANA						

Figura N°31: Producción de COBRE.

Fuente: Oficina administrativa Casapalca, 2018.

1.1.8. Demanda de energía eléctrica

Es un elemento clave para la industria, encaminado optimizar el uso de la capacidad del equipo instalado, tanto de los usuarios como de los suministradores de energía eléctrica.

Según (Espina, 2017) la demanda eléctrica viene referida por la corriente eléctrica, con la cual mediante intervalos de tiempo los artefactos o equipos eléctricos estarán en operaciones, para determinar los intervalos de demanda, la carga consumida por los equipos en periodos de tiempo determinados es necesarios para la interpretación de los valores de demanda.

El tiempo en operación de los equipos son conocidos como intervalos de demanda, estos periodos varían de entre 15, a 60 minutos. Los periodos más cortos son de 15 y 30 minutos y se emplean para calcularla facturación, la capacidad de los equipos, análisis de balanceos de las cargas y para la transferencia de cargas. Posterior a ellos tenemos el intervalo de 60 minutos la cual nos permite definir “perfiles de carga de 24 horas” para poder analizar mediante el consumo del sector, así implementar un plan de

crecimiento del sistema de distinción de energía eléctrica. Así mismos para la selección de los sistemas de protección como fisibles se debe tomar en cuenta la máxima demanda así prever el funcionamiento óptimo de sistema teniendo en cuenta las medidas de seguridad y protección.

La relevancia de la relación entre la magnitud de la demanda y el intervalo de medición correspondiente, puede entenderse mejor examinando la siguiente figura N°32.

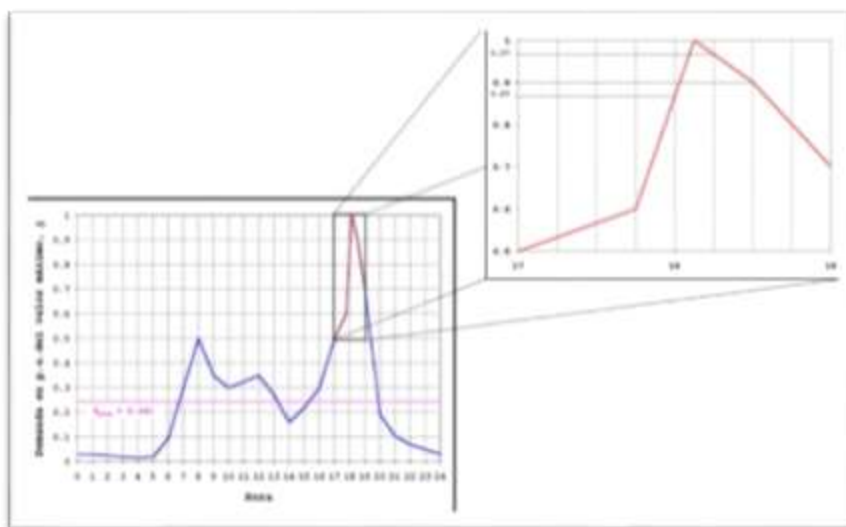


Figura N°32: Representación gráfica de la demanda eléctrica.

Fuente: SectorElectricidad, 2017, Artículos Técnicos Carga, demanda y energía eléctrica: Conceptos fundamentales para la distribución de electricidad.

En la figura N°32 se puede observar la demanda hipotética de un grupo de cargas operando a lo largo de un día completo y se observa que tiene un flujo continuo además de picos máximos y mínimos. Para este caso se observa que la demanda máxima para este día particular ocurre entre las 17 y 19 horas respectivamente.

En caso se colocará un instrumento de medición para muestrear el consumo de energía en segmentos de 15 minutos, se verificaría como valor de demanda máxima a las 18:15 la cual sería en términos de porcentaje más del 90% del valor real. De otra manera si el dispositivo mide segmentos de 30 minutos el valor máximo que se registraría sería el 85% del valor real. Si en caso fueran segmentos

de 1 hora el valor máximo registrado a las 18 horas sería el 83% del valor real.

Halando de demanda, esta es una cantidad cuyo valor depende del caso de estudio: amperios para la selección o reemplazo de conductores, fusibles, o de interruptores, ajuste de protecciones y balanceo de carga; kilovatios para la planificación del sistema, estudios de energía consumida, energía no vendida, y energía pérdida; kilo voltamperios para la selección de la capacidad de transformadores y alivio de carga. Para estudios de compensación reactiva puede convenir el registro de la demanda en kilo vares.

1.2. Definición de términos básicos

Aislador: Material aislante empleadas para soportar los conductores eléctricos de las líneas eléctricas de transmisión y distribución.

Bocamina: Es la rampa de acceso a la mina subterránea.

Conducto: Un conductor eléctrico es un material que ofrece poca resistencia al paso de la electricidad.

Corriente nominal: Intensidad que no debe superar en funcionamiento normal.

Cut Out: Cortacircuitos intercambiable usada para protección contra sobre corrientes

Relé: Es un dispositivo electrónico de protección que interrumpe el paso de la energía en casos de fallas electicas.

Interruptor: Dispositivo electrónico de control que permite desviar o interrumpir el paso de la energía eléctrica.

Tensión: Es la presión de una fuente de energía de un circuito eléctrico que empuja los electrones cargados (corriente) a través de un lazo conductor, lo que les permite trabajar.

Transformador: Equipo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.

Polvorín: Almacén en los q se guardan los explosivos usados en minería subterránea.

Mina: Es el conjunto de labores o huecos necesarios para explotar minerales en un yacimiento.

CAPITULO II

METODOLOGÍA DEL TRABAJO PROFESIONAL

2.1. Delimitación temporal y espacial del trabajo

2.1.1. Delimitación temporal

El presente informe de suficiencia profesional se llevará a cabo durante el periodo de Agosto del 2020 a Diciembre del 2020.

2.1.2. Delimitación espacial

El presente trabajo se realizó en la empresa G.M.I. (Gestión Minera Integral), que brinda servicios en la UNIDA MINERA CASAPALCA, la cual se ubica en la provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Realizando labores para el área de mantenimiento eléctrico como supervisor de guardia en interior mina, zona cuerpos Mery la cual comprende 19 niveles de la minera subterránea.

2.2. Determinación y análisis del problema

Actualmente la Empresa Minera Caspalca, viene desarrollando actividades de explotación subterránea, en la cual los estudios realizados por el área de geomecánica dieron como resultado el hallazgo de una nueva veta. Tras el diagnóstico de las eventualidades en los trabajos de desarrollo y operación en el nivel 15 de zona cuerpos Mery se requiere la implementación de maquinarias y equipos tales como: bombas sumergibles, ventiladores axiales, jumbos perforadoras e iluminación. Para la explotación, así mismo la actual subestación no puede abastecer a estos equipos maquinas por lo cual se ha planteado la solución al problema existente actual.

se identificó las siguientes necesidades que merecieron intervención de la actividad profesional:

La necesidad de implementar un nuevo transformador para cubrir la demanda eléctrica de (594.2Amperios) que se necesita debido al incremento de equipos en las operaciones mineras. Las cuales nos llevan

a implementar un nuevo conductor eléctrico por tanto nos es necesario dimensionar los conductores capaces de soportar la demanda generada. Por tanto, así como se implementó un nuevo conductor se implementará un nuevo seccionador y fusible para la nueva subestación en cullo caso necesitaremos de calcular los parámetros para el nuevo seccionador y fusible respectivamente. De igual manera se requiere un equipo de control para el lado de baja como lo es el interruptor automático por tanto se genera la necesidad de dimensionar los parámetros del tablero de control que se encargara de soportar la demanda requerida en el nivel.

2.2.1. Problema general

¿De qué manera el dimensionamiento de la subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv permitirá satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca –Huarochirí?

2.2.2. Problemas específicos.

1. ¿En qué medida el cálculo la sección óptima de los conductores de alimentación de la subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv permitirá satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca – Huarochirí?

2. ¿De qué manera del cálculo del transformador de la subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv permitirá satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca –Huarochirí?

3. ¿En qué medida el diseño el tablero de distribución de la subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv permitirá satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca –Huarochirí?

4. ¿De qué manera el dimensionamiento del seccionador de subestación de distribución 12/0.44-0.22 Kv permitirá satisfacer la demanda de energía eléctrica en el nivel 15 de la explotación subterránea en la compañía Minera Casapalca –Huarochirí?

2.3. Modelo de solución propuesto

El proyecto de implementación de la subestación para cubrir la demanda de energía requerida en el N°15 de la zona cuerpos Mery debido al requerimiento por el incremento de equipos necesarios para el proceso de extracción y explotación consistió en el dimensionado de la subestación de distribución de 12/0.440-0.220, en interior mina para ello se dimensiono en primera instancia el transformador según (Garcia Trasancos, 2009) se dimensiono mediante la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{3} \times I \times U_2$$

La cual aplicamos en función a nuestro cuadro de máxima demanda para poder hallar la capacidad requerida del transformador para nuestra subestación de distribución. Las características y especificaciones fueron brindadas por el área de mantenimiento eléctrico G.M.I. para su operación en mina subterránea.

Posteriormente se realizó el dimensionamiento del conductor eléctrico para la cual se calculó la sección óptima del conductor a emplearse bajo 2 Criterios.

Intensidad Admisible en la cual según (Garcia Trasancos, 2009) en el texto de Instalaciones eléctricas en media y baja tensión, se emplea la ecuación siguiente.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_2 \times \cos \phi}$$

Caída máxima de tensión que consiste en calcular la sección del conductor según el libro de Instalaciones eléctricas en media y baja tensión (2009) mediante la fórmula siguiente:

$$S_{sec} = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \phi}{c \Delta U}$$

De ambos criterios empleados se seleccionó la que nos dio la sección mayor que es la que cubre ambos criterios.

Así de igual manera se dimensiono los seccionadores y el fusible empleado para el lado de media bajo parámetros de la empresa y de los fabricantes como los q se ven la figura N°42 y 43.

Para el dimensionamiento del interruptor automático se tomó en cuenta el catálogo del fabricante (Schneider Electric, 2010) Guía de instalaciones eléctricas según norma IEC que nos brinda la siguiente formula:

$$I_{cc} = \frac{I_n \times 100}{U_{cc}}$$

Intensidad de corto circuito que es uno de los parámetros necesarios a la hora de seleccionar un interruptor automático, ya que contamos con la intensidad que deberá soportar y la tensión de trabajo 0.44 Kv

Una vez dimensionamos todos los elementos requeridos solo queda la puesta en marcha nuestra subestación de distribución localizada el nivel 15 de la zona cuerpos Mery interior mina.

2.3.1. Dimensionamiento del transformador de potencia

La carga requerida en el nivel 15 en base al cuadro de máxima demanda es: 594,2 A.

Tabla 4: Cuadro de cargas de los equipos en operación nivel 15.

cuadro de cargas nivel 15 zona cuerpos			
descripción	cantidad	carga	sub total
Ventilador Axial VAV	2	50 HP	100HP
Electrobomba de achique sumergible eléctrica N/H	3	10 HP	30HP
TROIDON 66XP (Jumbo)	2	80 HP	160HP
Muki LHBP	2	60HP	120HP
Equipo fluorescente	20	39.6W	792W
Reflector philips	15	396AW	5940W
		total	312.469Kw

Fuente: Minera Casapalca, 2019, Elaboración propia.

- Ventilador minero/ ventilador axial serie VAV la potencia del ventilador es de 50 HP y de 20000CFM a 440V



Figura N°33: Ventilador axial de 50HP.

Fuente: Minera Casapalca, Elaboración *propia*, 2018.

- Electrobomba sumergible Grindex Major H/N
bomba sumergible de 10 HP a 440V



Figura N°34: Bomba sumergible.

Fuente: Minera Casapalca, Elaboración *propia*, 2018, Bomba sumergible.

- Jumbo de perforación frontal de 80 HP a 440



Figura N°35: Jumbo perforador

Fuente: Minera Casapalca, Elaboración propia 2018, Jumbo perforador.

- Muki perforador de 60HP /440V



Figura N°36: Muki LHBP.

Fuente: Resemin, 2018.

- Equipo fluorescente de 40 watts y 220V



Figura N°37: Fluorescentes.

Fuente: Minera Casapalca, 2018, Elaboración propia.

- Reflector Contemp 400 watts a 220V



Figura N°3: Reflector Contemp.

Fuente: philips, 2019, *Catalogo de luminarias en exteriores.*

Cálculo de la potencia del transformador según (Garcia Trasancos, 2009):

$$S = \sqrt{3} \times I \times U_2$$

S : Potencia aparente

I : Intensidad nominal

U_2 : Tensión lado de baja 440V

Con dicho resultado vamos a la tabla de dimensiones y pesos del fabricante y seleccionamos el inmediato superior.

POTENCIA KVA	A (mm)	B (mm)	C (mm)	PESO (Kg)
15	970	620	330	220
25	980	650	340	260
37.5	1000	750	480	300
50	1010	820	590	340
75	1070	820	610	420
100	1120	850	630	490
125	1130	900	650	550
160	1170	1000	750	610
200	1200	1050	790	750
250	1260	1100	820	890
315	1280	1120	850	985
400	1320	1180	870	1400
500	1370	1360	910	1640
630	1410	1420	940	1760
800	1460	1490	970	2250
1000	1820	1866	1050	2800

Figura N°39: Tabla de dimensiones y pesos.

Fuente: Promelsa, 2010, *Catalogo de transformadores de distribución monofásicos – trifásicos.*

Seleccionamos el transformado con las características requerida por los protocolos de la minera Casapalca:

- Tensión lado de media 12 KV
- Conexión delta /estrella
- Frecuencia 50, 60 Hz
- Tipo de montaje interior y exterior
- Rango de altura de operación sobrepase los 5000 msnm
- Tipo de enfriamiento ONAN
- Ruedas orientables en ambos sentidos
- Borne de puesta a tierra
- Oreja de izaje
- Tipo columnas

2.3.2. Dimensionamiento de la sección de los conductores

El dimensionado del conductor se realizó en función de la potencia del transformador calculado y la tabla de dimensiones figura N°40 y por los siguientes criterios:

- Intensidad admisible del cable o calentamiento

Datos:

$$P = 500KVA \times 0.8 = 400KW$$

$$\cos \phi = 0.8$$

Según (Garcia Trasancos, 2009)

$$P = \sqrt{3} \times I \times U_2 \times \cos \phi$$

P potencia activa

I intensidad nominal

U_2 tensión lado de baja 440

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_2 \times \cos \phi}$$

Con este valor vamos a la tabla de intensidades admisibles y seleccionamos la sección del conductor más próxima.

Tabla A - Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados
Temperatura ambiente 40°C en el aire

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	3x XLPE	2x XLPE	
A1													
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE								
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE				
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE			
E						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
F							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	--	
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	--	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678	
400	--	--	--	431	480	515	552	599	645	674	770	812	
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

* Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.
A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Figura N°40: Tabla A - intensidades admisibles para secciones de conductor.

Fuente: Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC).

La sección seleccionada que cumple de acuerdo a la figura N°40

- Caída máxima de tensión de acuerdo a (Garcia Trasancos, 2009)

$$S_{sec} = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \phi}{c \Delta U}$$

S_{sec} : sección del cable

c : conductividad del cobre $56 \frac{m}{\Omega mm^2}$

L : longitud de la instalación 300m

I : intensidad nominal de transformador lado de baja

ΔU : caída de tensión máxima

El factor para la caída de tensión lo seleccionamos de la figura 41.

DISTRIBUCIÓN DE LA CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA PERMITIDA SEGÚN EL R.E.B.T.						
FORMA DE INSTALACIÓN DE LOS CONTADORES (ITC-12)	INSTALACIÓN DE ENLACE (ITC-12 a 15)		INSTALACIÓN INTERIOR (ITC-19) (ITC-52)			
	LINEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN (L.G.A.) (ITC-14)	DERIVACIÓN INDIVIDUAL (D.I.) (ITC-15)	VIVIENDAS		NO VIVIENDAS ⁽¹⁾	
			OTROS USOS	IRVE ⁽³⁾	ALUMBRADO	OTROS USOS
PARA UN SOLO USUARIO	No existe L.G.A.	1,5 %	3 %	5 %	3 %	5 %
PARA DOS USUARIOS ALIMENTADOS DESDE EL MISMO LUGAR						
CONTADORES TOTALMENTE CENTRALIZADOS	0,5 %	1 %				
CONTADORES CENTRALIZADOS EN MÁS DE UN LUGAR	1 %	0,5 %				
TOTAL EN EL CONJUNTO DE LA INSTALACIÓN	1,5 %		4,5 %	6,5 %	4,5 %	6,5 %
INSTALACIONES INDUSTRIALES ALIMENTADAS DIRECTAMENTE EN AT. MEDIANTE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN AT/BT PROPIO ⁽²⁾			-----		4,5 %	6,5 %

(1) Se entiende como "NO VIVIENDA" cualquier local, oficina, industria, etc. (En general todo aquel con uso distinto a vivienda)

(2) Se considera que la instalación interior (BT) tiene su origen en la salida del transformador.

(3) (IRVE) Infraestructura para la Recarga de Vehículos Elécticos.

Figura N°41: Tabla de distribución de la caída de tensión máxima.

Fuente: Reglamento electro tecnico para baja tension e instrucciones tecnicas complementarias , 2002.

$$S_{sec} = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos \phi}{\Delta U}$$

De entre los 2 criterios anteriores escogemos el que nos de la sección del conductor mayor.

Cálculo de los sistemas de protección

- El seccionador

El seccionador deberá tener una intensidad nominal mayor a la que pasa por ellos en el periodo de sobre carga de larga duración. También una tensión mayo o igual a la tensión del lado del transformador a la que se conectara el seccionador además deben soportar la corriente des corto circuito máximas.

En este caso la corriente de corto circuito es de 4566 A que es la proporcionada por la empresa.

Para el lado de media

$$I_{seccionador} \leq \frac{500KVA}{\sqrt{3} \times 12KV} \times 1.8 = 43.3A$$

U : seccionador $\geq 12KV$

I_{cc} : que debe soportar el seccionador $\geq 4566A$

- El fusible lado de la media

$$I = \frac{500KVA}{\sqrt{3} \times 12KV} = 24.06A$$

$$I_{fusible} \geq 24.06 \times 1.8 \approx 43A$$

Factor de corrección 1.8 por parámetros de la empresa.

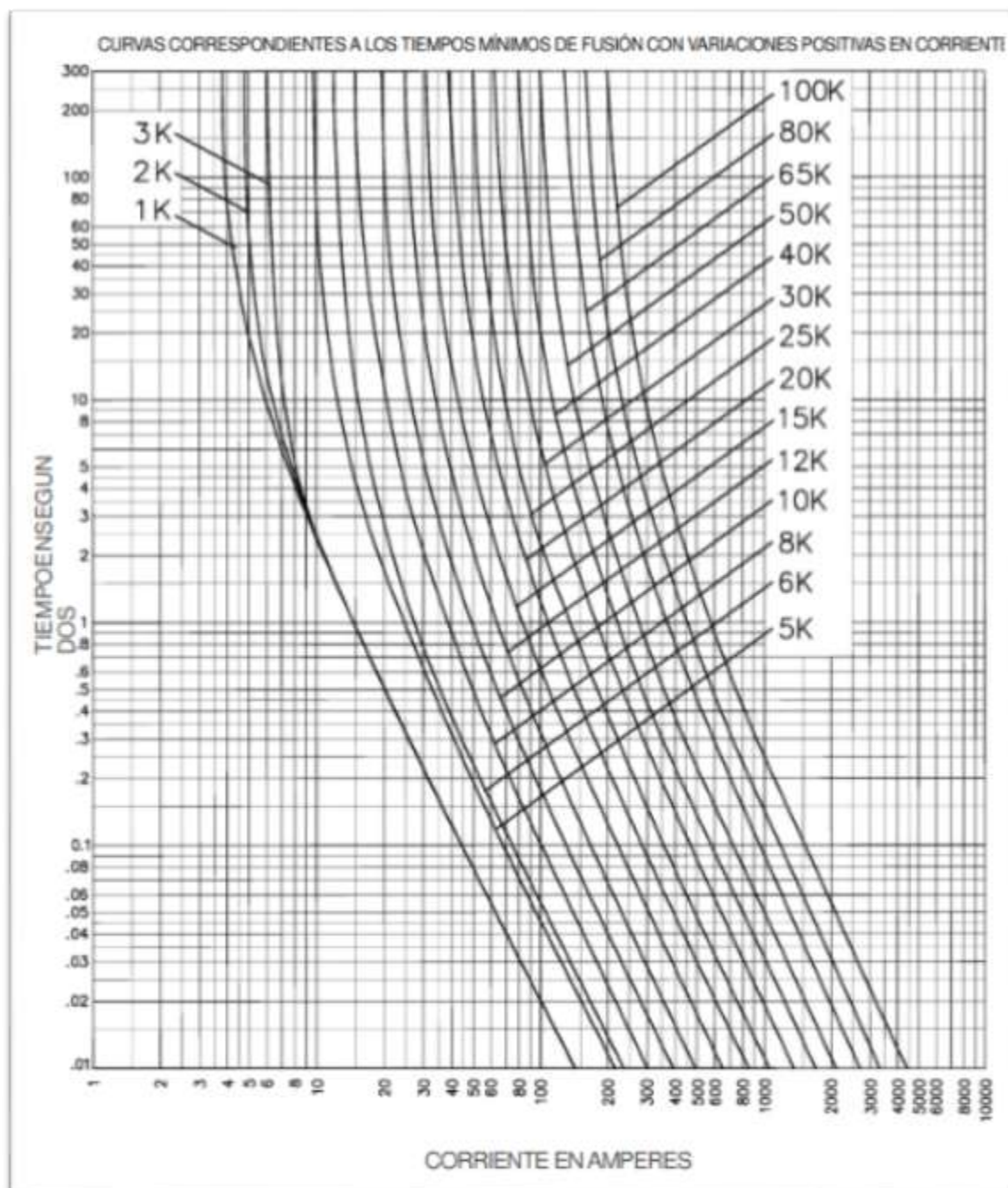


Figura N°42: Curvas características Corriente-tiempo.

Fuente: ALTEC-F (*Alta tecnología en fusibles S.A.*), 2019, Catalogo de eslabones fusibles para media tensión tipo K para 15/24KV.

Número de Catálogo	Descripción Corta (D.C.) de CFE		Corriente nominal en Amperes (A)	Tensión nominal (kV)	Velocidad de fusión	Material utilizado en el elemento sensible a la corriente.
	15 kV	27 kV				
15/27EFU-1K	EF15K-1	EF27K-1	1	15 a 27	5.5	Acero inoxidable.
15/27EFU-2K	EF15K-2	EF27K-2	2		5.5	
15/27EFU-3K	EF15K-3	EF27K-3	3		5.6	Aleación Níquel-Cromo
15/27EFU-4K			4		5.7	
15/27EFU-5K	EF15K-5	EF27K-5	5		5.9	
15/27EFU-6K	EF15K-6	EF27K-6	6		6.0	
15/27EFU-7K			7		6.5	
15/27EFU-8K	EF15K-8	EF27K-8	8		6.5	
15/27EFU-10K	EF15K-10	EF27K-10	10		6.6	
15/27EFU-12K	EF15K-12	EF27K-12	12		6.6	
15/27EFU-15K	EF15K-15	EF27K-15	15		6.9	
15/27EFU-20K	EF15K-20	EF27K-20	20		7.0	
15/27EFU-25K	EF15K-25	EF27K-25	25		7.0	
15/27EFU-30K			30		7.1	
15/27EFU-40K	EF15K-40	EF27K-40	40		7.1	
15/27EFU-50K			50		7.1	
15/27EFU-65K	EF15K-65	EF27K-65	65		7.2	
15/27EFU-80K			80		7.4	
15/27EFU-100K			100		7.6	

Figura N°43: Catálogo de eslabones fusibles para media tensión tipo K para 15/24KV.

Fuente: ALTEC-F (Alta tecnología en fusibles S.A.),2019, Manual de aplicación, construcción y aplicación.

De acuerdo a la tabla del fabricante el fusible que cubre con los requerimientos de acuerdo al cálculo es el de **50A**.

- cálculo de interruptor automático según la (Schneider Electric, 2010)

$$I_{cc} = \frac{I_n \times 100}{U_{cc}}$$

I_{cc} Intensidad de cortocircuito lado baja

U_{cc} tensión de cortocircuito expresado en %

Intensidad del transformador en kVA	U_{cc} en %	
	Tensión secundaria en circuito abierto	
	410 V	237 V
50 a 630	4	4
800	4,5	5
1.000	5	5,5
1.250	5,5	6
1.600	6	6,5
2.000	6,5	7
2.500	7	7,5
3.150	7	7,5

Figura N°43: Tabla de valores típicos de U_{cc} para diferentes intensidades de transformadores KVA.

Fuente: Schneider Electric, 2010, Guía de diseño de instalaciones eléctricas.

En este caso apoyándonos en la figura 43 verificamos el valor correspondiente de acuerdo a nuestro problema U_{cc} asignado es 4

$$I_{\text{interruptor}} \geq 656.1A$$

$$U_{\text{interruptor}} \geq 0.44kV$$

$$I_{cc} \geq 16402.5A$$

2.4. Resultados:

El diseño de la subestación de distribución de 500KVA realizado, mejoró en gran medida la producción neta en para la compañía minera Casapalca específicamente el nivel 15 de la zona cuerpos Mery en la cual se pudo suministrar la energía necesaria para la los equipos en operaciones, los cuales cumplen funciones fundamentales para la producción y la seguridad del personal en el área.

Equipos como los ventiladores extractoras las cuales son fundamentales para brindar el nivel de oxigenación requerido para el correcto desempeño de los trabajadores interior mina.

Para el área de mantenimiento eléctrico en el cual desempeñamos funciones obtuvo reconocimiento y el voto de confianza por parte de los ejecutivos de la minera por brindar el soporte necesario y adecuado en vista de la problemática en la cual se encontraban, atinando a la ejecución de una nueva sub estación de distribución con el dimensionamiento adecuado para los distintos elementos los cuales se requerían tales como: los conductores, el transformador, los dispositivos de protección.

2.4.1. Dimensionamiento del transformador de potencia

Se calculo la capacidad del transformador en KVA mediante la ecuación siguiente:

$$S = \sqrt{3} \times 594.2A \times 440V$$

$$S = 452.84 KVA$$

El transformador seleccionado de acuerdo a los cálculos realizados y tabla del fabricante es de 500KVA que se encuentra sobre dimensionado para poder cubrir una mayor demanda en caso sea necesario debido al crecimiento constante de los niveles, lo cual genera caídas de tensión por lo alejados que llegara trabajar los equipos de las subestaciones. El transformador cumple con especificaciones para trabajo en interior mina, para este caso un transformador trifásico de distribución Promelsa con tanque de aceite con tanque con los cuales la minera ya tiene experiencia y damos la confianza al momento de adquirir los equipos. Las características requeridas por la empresa minera para subestaciones en interior mina se expresan en la parte del cálculo del transformador.

2.4.2. Dimensionamiento de la sección de los conductores

Por Intensidad admisible del cable:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_2 \times \cos \phi}$$

$$I = \frac{400KW}{\sqrt{3} \times 440V \times 0.8}$$

$$I = 656.079Amp$$

La sección seleccionada que cumple de acuerdo a la tabla A de la figura 39 es de **400 mm² que soporta 699A**.

Por caída máxima de tensión

$$I = \frac{500KVA}{\sqrt{3} \times 0.44KV}$$

$$I = 656.1Amp$$

ΔU caída de tensión máxima la seleccionamos de la figura 40.

$$\Delta U = \frac{6.5 \times 440V}{100}$$

$$\Delta U = 28.6V$$

$$S_{sec} = \frac{\sqrt{3} \times 0.021 \times 350 \times 656.08 \times 0.8}{28.6}$$

$$S_{sec} = 198.67mm^2$$

El conductor seleccionado es el que nos da la sección mayor esto es debido a la norma y por parámetros de la empresa que constantemente se proyecta a futuro y sabe que el conductor con mayor capacidad otorgara mayor beneficio a largo plazo. El cable minero que cubre las especificaciones requeridas para este caso es el cable seguriflex redondo tipo G-GC de sección 400 mm²,

que cuenta con la capacidad necesaria para soportar la carga requerida en el nivel 15 especificado en los capítulos anteriores, para este caso el cable seleccionado es uno empleado en instalaciones móviles debido a las condiciones variables que se dan en interior mina.

2.4.3. Cálculo de los sistemas de protección

Redacción

$$I_{\text{fusible}} \geq 24.06 \times 1.8 \approx 43A$$

El fusible seleccionado mediante calculo y las tablas del fabricante que se muestran en la figura N°43 es 15/27EFU-50K de 50Amperios tipo k que es el de disparo rápido.

Cálculo del interruptor tomando en cuenta los parámetros de la figura 43.

$$I_{cc} = \frac{656.1 \times 100}{4}$$

$$I_{cc} = 16402.5A$$

$$I_{\text{interruptor}} \geq 656.1A$$

$$U_{\text{interruptor}} \geq 0.44kV$$

$$I_{cc} \geq 16402.5A$$

El interruptor automático será el elemento de control y protección en el lado de baja, por ende, tiene que ser como en este caso, uno dispositivo con garantía y robusto capaz de cumplir bajo las condiciones en las que se presentan en interior mina, para este caso

optamos por un interruptor Schneider por su confiabilidad y practicidad del producto el trabajo de años bajo régimen minero (Casapalca) los avalan. El interruptor automático ComPact NSX de 400 a 630 A hasta 690 V en Schneider es el que satisface los parámetros hallados tanto en tensión intensidad de trabajo e intensidad de cortocircuito.

CONCLUSIONES

1. Se concluyó que el dimensionado de los elementos de la subestación de distribución son sumamente necesarios para cubrir la demanda de energía en interior mina. Se concluye en base a los cálculos realizados la subestación de 500KVA cubre con la demanda generada por los equipos que realizan operación en el Nv15 interior mina.
2. Se concluye que en base al dimensionado del conductor la sección calculada de 400mm² permitirá una mayor fluidez de la energía entregada y reduciendo en gran medida las caídas de tensión debido a lo distante que se encuentra la subestación de los equipos mineros.
3. De acuerdo a los cálculos realizados se concluye que el tablero de control de 656.1Amp de intensidad nominal y 16402.5Amp de intensidad de cortocircuito brinda las condiciones para el funcionamiento óptimo del circuito eléctrico siendo capaz de controlar las fallas eléctricas producto de corto circuitos y controlando el corte de energía manual en caso se requiera.
4. Se concluye que es primordial el correcto dimensionado de los seccionador ya que con ellos se limita la carga de en operaciones y su actuar ante sobre cargas brinda las medidas de seguridad para los circuitos eléctrico integrados a la subestación eléctrica. Los cálculos realizados para nuestro fusible de la subestación son de 50A.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para la elaboración del dimensionado de una subestación eléctrica se basen en las normas nacionales e internacionales de modo que no incurra en errores en el desarrollo de los cálculos.
2. Se recomienda que la empresa minera administre las cargas a instalar de tal manera que los circuitos conectados no excedan la capacidad del conductor instalado.
3. Se recomienda la inspección y mantenimiento periódico del tablero de control para el óptimo funcionamiento del mismo así evitar repercusiones desfavorables a largo plazo.
4. Se recomienda basarse en los parámetros de la empresa y el fabricante para el dimensionado de los seccionadores y fusibles puesto que los mismos se basan en normas internacionales y son menos complicados a la hora de investigar.

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR (asociación española de normalización y certificación). (2002). *AENOR (asociación española de normalización y certificación) Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias*. Madrid: Dayton, S.A.
- Alta tecnología en fusibles, S.A. (2009). Eslabon fusible universal para media tensión. *Tecnología de Fusibles*, 34.
- Ariza Ramirez, A. (2013). *Métodos utilizados para el pronóstico de demanda de energía eléctrica en sistemas de distribución*. Pereira-Colombia: Facultad de ingenierías: Eléctrica, Electrónica, Física y ciencias de la computación.
- Chocce Cuba, S. (2020). *Diseño de un sistema de protecciones para puesta en servicio transformador de potencia 220/22.9/10kv para suministro de energía a minera Sahuindo*. Chiclayo-Perú: Escuela académico profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Cesar Vallejo .
- Código Eléctrico Colombiano. (25 de 11 de 1998). Normas Técnica Colombiana 2050. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación*. Obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/ntc%2020500.pdf>
- Cuyutupac Vega , A. (2019). *Diseño y dimensionamiento de los conductores electricos para el proceso de arranque de motores en la camara de bombas nivel 570 zona Manuelita Área mina-Cia Argentum S.A*. Huancayo-Perú: Escuela profesional de Ingeniería Eléctrica, Universidad Continental .
- Espina, A. J. (2017). Carga, Demanda y energía eléctrica: Conceptos fundamentales para la distribución de electricidad. *Sector Electricidad*.
- García Trasancos, J. (2009). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión (Vol. IX)*. Madrid: Thomson-Paraninfo.
- Grupo Condumex exelencia tecnológica. (2020). Cables para minería. *Catalogo Condumex*.
- Ministerio de Ciencias y Tecnología de España. (2002). Instalaciones Eléctricas en Minería. *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* .
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. (2001). "Uso de la electricidad en minas". *RESOLUCION MINISTERIAL N° 308-2001-EM-VME*, 10-31.

- Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de electricidad. (2003). Especificación técnicas para el suministro de materiales y equipos de subestaciones para electrificación rural. *Norma DGE*.
- Norma internacional IEC. (2010). Guía de diseño de instalaciones eléctricas 2010., (pág. 278).
- Pinto Herrera, H. (2009). *Complejo minero Casapalca 2007-2009*. Lima: Seminario de Historia Rural Andina.
- PROMELSA. (2010). Catálogo de Transformadores monofásicos y trifásicos. *Promelsa donde iluminan las nuevas ideas*.
- Ramos Barrero, A. (2017). *Proyecto de subestación de distribución 132/20kv*. Madrid-España: Escuela técnica superior de Ingeniería y Diseño Industrial, Universidad Politécnica de Madrid.
- Ramos, a. (2017). proyecto subestacion de distribución 132/20kv. *universidad politecnica de madrid*, 7. Recuperado el 23 de agosto de 2020, de www.untels.edu.pe
- Rodríguez, M. A. (2012). Ensayo sobre Transformadores. *Universidad De Cantabria, Departamento de energía eléctrica y energética*, 1-15.
- Schneider Electric. (2010). Guía de instalaciones eléctricas, Según Normas Internacional IEC. *Colección técnica*.
- Schneider Electric. (2019). Disyuntores de caja moldeada e interruptores-seccionadores de 16 a 630A-hasta 690V. *Catálogo Schneider Electric*.
- SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA PETRÓLEO Y ENERGÍA. (12 de marzo de 2011). *Informe quincenal de la sociedad nacional de Minería Petróleo y Energía*. Lima, Lima.
- TECSUP. (2017). *Sistema Eléctrico de Potencia, Equipamiento de Sistemas de Distribución*.
- TIGER BRAND CABLES MINEROS . (23 de Enero de 2005). CABLES MINEROS. *AmerCable Incorporated*, 1-16.

ANEXOS

Anexo 1: Subestación de distribución instalado en minera casapalca ubicado en el nivel 10.



Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 2: Interior mina, maniobra en seccionadores de subestación eléctrica.



Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 3: Interior mina, inspección de ventiladora axial



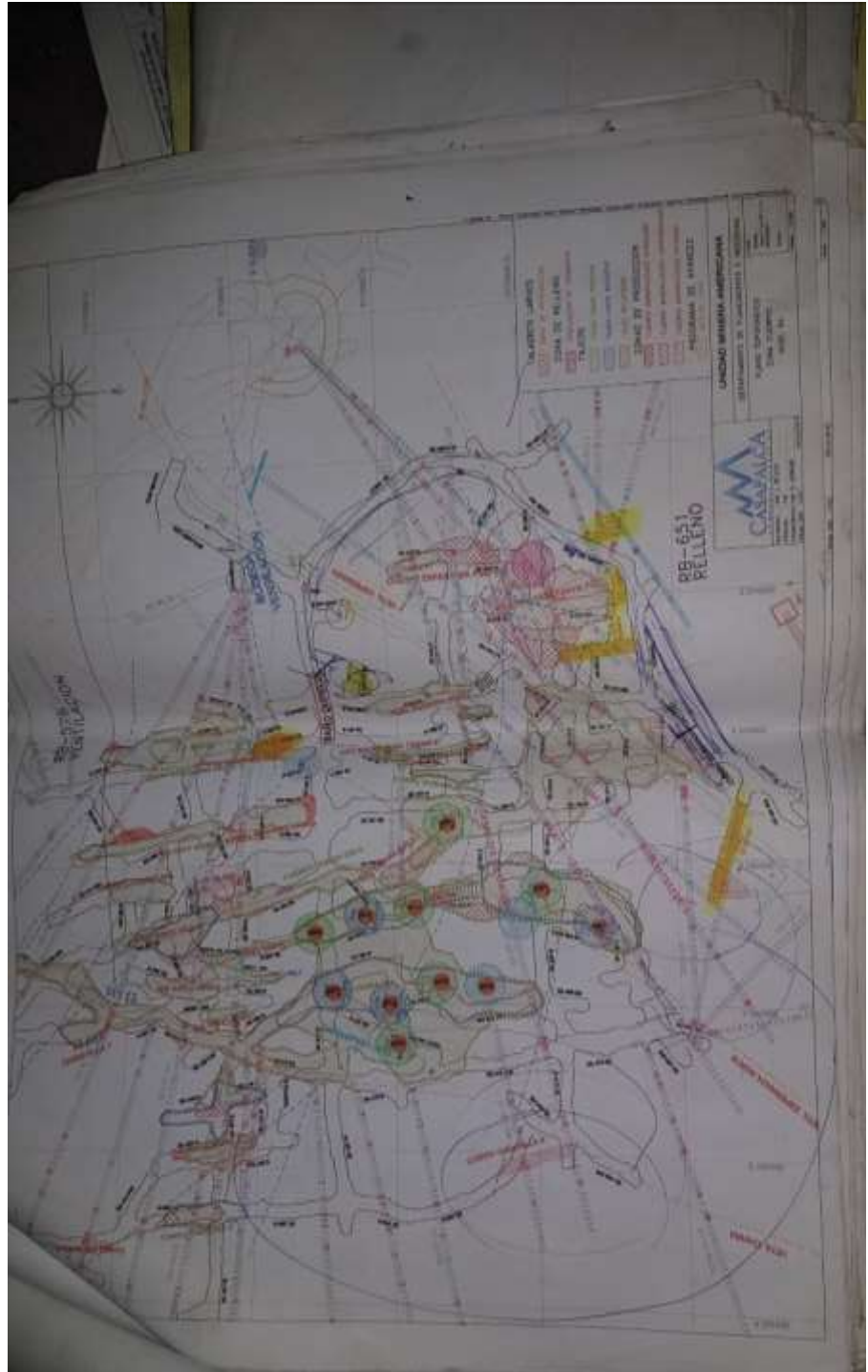
Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 4: Interior mina, Conexión de interruptor automático tablero de control para alimentación de equipos mineros.



Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 5: Plano Geomecánica de un nivel en interior mina,



Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 6: Estado del tablero de control de subestación Nv15 Cuerpos Mery, interior mina antes de ser remplazado.




Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 7: Estado del transformador de subestación Nv15 Cuerpos Mery, interior mina antes de ser remplazado

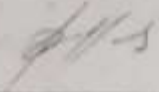





Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 8: Procedimiento escrito de trabajo seguro, ante una emergencia en el sistema eléctrica


	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO	Código: PCT/MSB/TE/001
	ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO	Fecha de versión: 18/05/2018 Página: 1 de 1

ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

Elaborado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
David Meza M	Alan Rivas R.	Gladya Ruiz J	Felix Francia M
Supervisor	Jefe del área	Gerente de seguridad	Gerente de operaciones
Firma	Firma	Firma	Firma
 Supervisor personal Jesus Rodriguez B			

Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 9: Procedimiento escrito de trabajo seguro ante una emergencia en el sistema eléctrica

	<p>PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO</p> <p>ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO</p>	<p>Código: PE-EMAR-TE-011</p> <p>Versión: 01</p> <p>Fecha de revisión: 19/05/2019</p> <p>Página: 3 de 3</p>
---	--	---

1. PERSONAL

- > (1) Electricista
- > (1) Ayudante electricista

2. EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

- > Protector de cabeza con barbiquejo
- > lentes de seguridad
- > Protectores auditivos tipo tapón u orejera
- > respirador con filtros contra polvo (P-100)
- > Overol con cintas reflectivas
- > Correa porta lampara
- > Guantes de jebes dieléctrico
- > Botas de jebes con punta de acero o zapatos dieléctricos.
- > Lampara minera a batería.
- > Tarjeta y candado de bloqueo (lock out y tag out)

3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES
<ul style="list-style-type: none"> > Revelador de tensión. > Pinza amperimétrica y/o multimetro. > Tablero eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> > Pétiga. > Alicata de electricista. > Juego de destornilladores. > Juego de llaves mixtas. > Llave francesa. > Juego de dados hexagonales. > Cuchillo de electricista. > Escalera tipo tijera de fibra de vidrio. 	<ul style="list-style-type: none"> > Terminales. > Cinta aislante y vulcanizante > Alicayalas para cable eléctrico > Cintillos de amarra > Trapo industrial. > Cables eléctricos. > Letreros de señalización. > Reflectores.

4. PELIGROS, RIESGOS Y CONTROLES EN LA ACTIVIDAD:

PELIGROS	RIESGOS	CONTROLES
Instalaciones eléctricas en baja/media y alta tensión	Exposición a energía eléctrica	Uso de pinza amperimétrica o revelado de tensión. Uso de tarjeta y candado de bloqueo (lock out y tag out) Uso de guantes dieléctricos
Proyección de partículas	Contacto con partículas (incrustación de objetos extraños, daño a la vista)	Uso de lentes Uso de lava ojos
Polvo	Exposición al polvo	Uso de protección respiratoria contra polvo
Ruido	Exposición al ruido	Uso de protección auditiva (tapón auditivo)
Uso de herramientas manuales	Exposición a golpes, cortes	Inspección de herramientas manuales. No exponer las manos a la línea de fuego.

Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 10: Procedimiento escrito de trabajo seguro, ante una emergencia en el sistema eléctrica

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO		Código: PET-MAN-TE-011
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO		Versión: 01
		Fecha de versión: 18/05/2019
		Página: 3 de 3
Superficies cortantes o puntilagudas	Contacto con superficies puntilagudas (contusión, corte)	Uso de guantes de badana. No exponerse a la línea de fuego.
Roca suelta	Exposición a caída de rocas/Atragamiento (fataidad por desprendimiento de rocas sueltas)	Reportar de inmediato. Verificación de la estabilidad del macizo rocoso de acuerdo con la recomendación de Geomecánica.
Manipulación de cables de media tensión	Contacto con cables e media tensión (electrocución)	Uso de herramientas manuales en buen estado. Uso de tarjeta y candado de bloqueo (lock out y tag out).

5. PROCEDIMIENTO


- 5.1. **Realizar las herramientas de gestión:** Recibir la orden escrita de parte del supervisor, llenar el IPERC con los peligros, controles y riesgos de la tarea a realizar.
- 5.2. **Inspeccionar el área de trabajo:** Haciendo uso del check list de labor, inspeccionar visualmente junto al supervisor el área donde se realizará el trabajo, este lugar debe estar ordenado con acceso libre y seguro.
- 5.3. **Inspeccionar las herramientas, equipos, materiales y EPP's:** se verifica el buen estado de las herramientas, que no estén desgastadas o tengan fisuras; los materiales deben estar en buen estado; contar con los EPP's específicos para la tarea (guantes y botas dieléctricas).
- 5.4. **Bloqueo de equipo:** Realizar el bloqueo con la tarjeta y candado (lock out y tag out) y etiquetado.
- 5.5. **Inspeccionar la falla:** Inspeccionar la gravedad de la falla en el sistema eléctrico e identificar las posibles causas y consecuencias de las fallas.
- 5.6. **Reparar la falla:** Después de estar seguros de que el circuito eléctrico esta sin tensión eléctrica; proceder a reparar la falla, teniendo los materiales y herramientas necesarias.
- 5.7. **Desbloquear el equipo:** Después de terminar de reparar la falla, retirar los elementos de bloqueo y etiquetado, herramientas y equipos; Asegurar que el personal este fuera del área de operación para reponer el fluido eléctrico; verificar el funcionamiento del sistema y realizar la medición de los parámetros eléctricos.
- 5.8. **Orden y limpieza:** Realizar el orden y limpieza después de finalizada la reparación; los desechos sólidos generados en desarrollo de la tarea deben ser colocados en los cilindros de acuerdo con su clasificación.

6. RESTRICCIONES O APLICAR PARE






- 6.1. Prohibido iniciar los trabajos sin contar con la orden de trabajo (OT) y herramientas de gestión debidamente firmadas.
- 6.2. Prohibido iniciar el trabajo si no se cuenta con la tarjeta y candado de bloqueo (lock out y tag out).
- 6.3. Prohibido iniciar el trabajo si no se cuenta con los EPP's específicos y/o deteriorados.
- 6.4. Prohibido usar herramientas en mal estado.
- 6.5. Prohibido iniciar los trabajos si el personal no cuenta con su autorización actualizada y este capacitado.

Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 11: Procedimiento para el Mantenimiento de subestaciones interior mina

	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO	Código: PET-MAN-TE-008
	MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	Versión: 01 Fecha de revisión: 18/05/2019 Página: 1 de 4


MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Elaborado por:	Revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
David Meza M.	Alan Rivas R.	Gladys Ruiz J.	Félix Francia M.
Supervisor	Jefe del área	Gerente de seguridad	Gerente de operaciones
Firma	Firma	Firma	Firma
			
Trabajador participante:			
Becker González G.			
			

Este documento es una copia no controlada. La responsabilidad del control de integridad de este documento corresponde a la unidad regimista en la fecha de emisión del texto.

Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 12: Procedimiento para el Mantenimiento de subestaciones interior mina

	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO	Código: PE/AMAN-TE-009
	MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	Versión: 01 Fecha de versión: 18/05/2019 Página: 2 de 4

1. **PERSONAL**
 - > (1) Electricista
 - > (1) Ayudante electricista

2. **EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL**
 - > Protector de cabeza con barbiqueo.
 - > lentes de seguridad.
 - > Careta de seguridad transparente.
 - > Protectores auditivos tipo tapón u orejera.
 - > Respirador con filtros contra polvo (P-100).
 - > Overol con cintas reflectivas.
 - > Correa porta lámpara.
 - > Guantes dieléctricos y/o badana o jebe.
 - > Botas dieléctricas.
 - > Lámpara minera a batería
 - > Candado de bloqueo y tarjeta de identificación (lock out y tag out).

3. **EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES**

EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES
<ul style="list-style-type: none"> > Detector de tensión y/o revelador. > Pinza amperimétrica / multímetro. 	<ul style="list-style-type: none"> > Desarmadores. > Llaves mixtas o francesas. > Pétiga. 	<ul style="list-style-type: none"> > Fusibles y porta fusibles tipo chicote. > Trapo industrial. > Kit antiderrame. > Cistas aislantes y vulcanizantes. > Aceite eléctrico. > Solvente dieléctrico. > Aislador. > Cinta para señalización. > Letreros de señalización a tierra.


4. **PELIGROS, RIESGOS Y CONTROLES EN LA ACTIVIDAD:**

PELIGROS	RIESGOS	CONTROLES
Instalaciones eléctricas en baja/media/alta tensión	Contacto con energía eléctrica	Uso de guantes y botas dieléctricas. Cortar fuente de energía. Uso candado de bloqueo y tarjeta de identificación (lock out y tag out).
Proyección de partículas	Contacto con partículas (incrustación de objetos extraños, daño a la vista)	Uso de lentes de seguridad.
Polvo	Exposición al polvo	Uso de protección respiratoria con filtro para polvo (P-100)
Gases	Exposición a gases	Uso de respirador. Ventilación de la labor antes de ingresar Monitoreo de gases

Este documento es una copia no controlada. Es responsabilidad del usuario verificar que sea la versión más reciente en la base de datos del C.I.

Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 13: Procedimiento para el Mantenimiento de subestaciones interior mina

 PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS		Código: PET-MAN-TE-029 Versión: 01 Fecha de versión: 18/05/2018 Página: 3 de 4
Ruido	Exposición al ruido	Uso de protección auditiva (tapón auditivo)
Niveles de iluminación	Exposición a niveles bajos de iluminación (golpes, fracturas, cortes)	Uso de lámpara minera Monitoreo de iluminación.
Uso de herramientas manuales	Exposición a golpes, cortes	Inspección de herramientas manuales. No exponer las manos a la línea de fuego.
Uso de escaleras portátiles	Caída de persona a diferente nivel	Inspección de escaleras portátiles. Uso de los tres puntos de apoyo Uso de guantes de badana.
Uso de productos químicos	Contacto con (por vía cutánea, respiratoria, digestiva y ocular) /derrame de producto químico	Contar y conocer las hojas MSDS. Uso de bandeja y kit antiderrame. Uso de respirador, lentes, guantes.
Roca inestable	Exposición a caída de rocas/Atrapamiento (fatalidad por desprendimiento de rocas sueltas)	Inspección de labor. Reportar de inmediato. Desafado de rocas según la recomendación de geomecánica.

5. PROCEDIMIENTO

5.1. Realizar las herramientas de gestión: Recibir la orden escrita, verificar el área de trabajo con el formato del check list (labor desatada, ventilada, con acceso libre y seguro) y cumplir las herramientas de gestión.

5.2. Verificar las condiciones del área de trabajo: Realizar una inspección visual del área de la subestación, no debería haber materiales ni equipos que obstaculicen el libre tránsito del personal dentro de la subestación.

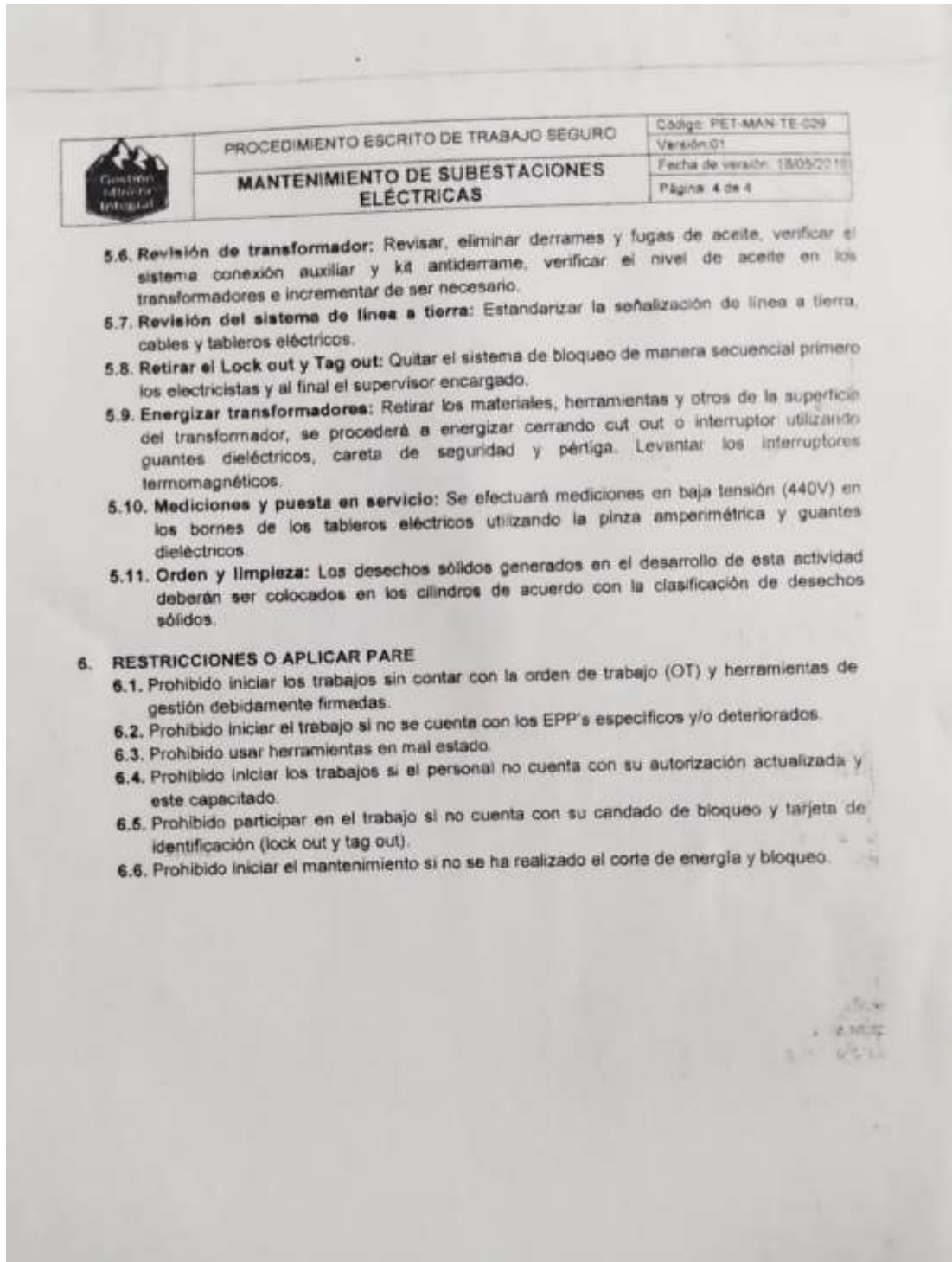
5.3. Cortar fuente de energía: Colocarse los guantes dieléctricos para realizar la desconexión de cargas en baja tensión (440-220 V) en los interruptores termomagnéticos (aguas abajo del transformador) hasta obtener carga cero en el circuito; Luego la apertura de seccionador CUT OUT o interruptor de potencia, utilizando los guantes dieléctricos, careta de seguridad transparente y pértiga. Realizar la descarga del transformador (conexión a tierra) utilizando el guante dieléctrico, al cable a tierra. Con el revelador verificar la ausencia de energía.

5.4. Colocar el Lock out y Tag out: Aplicación del lock out y tag out por parte de todo el personal electricista involucrado en el trabajo incluido el supervisor de turno.

5.5. Limpieza y ajuste de componentes: Realizar la limpieza de aisladores, borneras, cables y tablero de control principal de energía y otros con solvente y trapo industrial; verificar el ajuste de los pernos entrante y saliente del tablero de control de energía principal, verificar el ajuste de pernos y puntos de conexión (eliminar puntos calientes). En todo el sistema eléctrico, realizar el lijado de superficies oxidadas de ser necesario. Realizar el cambio de fusible si amerita.

Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.

Anexo 14: Procedimiento para el Mantenimiento de subestaciones interior mina



Fuente: Elaboración propia, Minera Casapalca, 2018.