

**Manual para el desarrollo de instalaciones eléctricas en minas acorde con el RETIE**

**Nicolás Herrera Sepúlveda**

**Laura Cecilia Villabona Suarez**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista**

**Director:**

**Oscar Arnulfo Quiroga**

**Doctor en Ciencias con Énfasis en Ingeniería Eléctrica**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas**

**Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones**

**Bucaramanga**

**2018**

## Dedicatoria

*Agradecer a Dios por llenar mi vida de bendiciones y alegría, guiando mis pasos hacia mis sueños. Reconozco su valiosa acción en mi vida, ayudándome siempre a continuar; gracias por permitirme conocer buenas personas, que me han ayudado a través del camino.*

*A mis abuelos María del Rosario Patiño y Luis Alfredo Sepúlveda por ofrecerme el calor de hogar, el amor y cariño para seguir mis sueños y proyectos de vida, por brindarme consejos, valores y principios para formar mi ser. Infinitas gracias a Dios por existir tan extraordinarias personas, por su apoyo y dedicación, apoyándome a culminar esta etapa de mi vida; por siempre cuidarme, preocuparse y amarme.*

*A mis hermanas Lyda Vanessa y Margarita Maria, por los momentos vividos, las experiencias y alegrías que han brindado a mi vida.*

*A Nathalie Rincon Arias por agregar valor a mi vida con su sabiduría y consejos, su paciencia y compañía. Por cada experiencia única y enriquecedora para nuestras vidas, por estar siempre ahí brindando más de lo que puede dar, complementando mi vida con su inteligencia, amor y ternura.*

*A Adriana Ruiz por su apoyo, comprensión y cariño, ayudándome a cumplir mis metas.*

*A todos mis amigos y compañeros, que a lo largo de mi vida y carrera han aportado su grano de arena para alcanzar este logro, especialmente a Brayan, Néstor, Jaime y Pulido.*

***Nicolas Herrera Sepúlveda***

## Dedicatoria

*Escalonar en el proceso de formación educativa es el fruto de muchas personas que tanto en el ámbito profesional como el personal intervinieron incontables veces ofreciéndome su apoyo y colaboración. Por tal razón, les quiero mostrar mi agradecimiento.*

*Al profesor Oscar Quiroga, nuestro director, quien siempre estuvo dispuesto a guiarnos en la elaboración de este documento. A todos los profesores de la escuela de ingeniería eléctrica electrónica y telecomunicaciones, quienes con sus clases magistrales nos compartieron sus conocimientos y experiencias profesionales dejándome como gran motivación seguir trabajando como ingeniera electricista.*

*A mis amigos quienes vivieron junto a mí el proceso de formación, con los que me desvele muchas veces estudiando o simplemente pasábamos horas eternas tratando de resolver un problema, pero también disfrutamos muchos momentos de ocio y entretenimiento, quiero decirles gracias por su sincera amistad.*

*A mi familia, mi padre Luis Villabona, hombre guerrero, persistente que siempre me ofreció todo el apoyo y amor, a mis hermanas Diana y Dolly mis cómplices y amigas, y en especial a mi mami Doris Suarez, consentidora y guía vital, quien siempre estuvo a mi lado para mantenerme firme y no decaer a pesar de las adversidades.*

*A Dios por el milagro de la vida.*

***Laura Villabona Suarez***

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a todas las personas que hicieron parte de la realización de este proyecto, especialmente a:

Nuestro director Oscar Arnulfo Quiroga por su tiempo y orientación para la elaboración de este trabajo de grado.

La ingeniera Nathalie Rincón por sus aportes en la realización de este trabajo de grado.

Nuestros padres por su apoyo y guía.

La Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, quienes enriquecieron nuestra formación como futuros profesionales al brindarnos su apoyo y compartir sus conocimientos.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	24
1. Generalidades del manual .....	25
2. Descripción de áreas clasificadas.....	29
2.1 Áreas clasificadas como peligrosas en la minería.....	29
2.2 Identificación de ambientes especiales. ....	31
2.2.1 Lugares Clase I .....	31
2.2.1.1 Clase I División 1.....	32
2.2.1.2 Clase I División 2.....	32
2.2.1.3 Lugares no clasificados.....	33
2.2.2 Lugares Clase II.....	33
2.2.2.1 Clase II, División 1 .....	34
2.2.2.2 Clase II, División 2 .....	34
2.2.2.3 Lugares no clasificados.....	35
2.2.3 Lugares Clase III.....	35
2.2.3.1 Clase III, División 1 .....	35
2.2.3.2 Clase III, División 2.....	36
2.3 Clasificación de materiales por grupos. ....	37
2.4 Código de temperatura.....	38

2.5 Consideraciones clasificación de lugares Clase I .....	41
2.6 Consideraciones clasificación lugares Clase II.....	45
2.6.1 Consideraciones Clase II, División 1.....	48
2.6.1.1 Espesor de la capa de polvo combustible .....	49
2.6.1.2 Mantenimiento.....	49
2.6.2 Consideraciones Clase II, División 2.....	50
2.6.2.1 Condición de riesgo para División 2.....	50
2.6.3 Pautas clasificación Clase II .....	50
3. Caracterización de las instalaciones eléctricas en la minería.....	55
3.1 Disposiciones generales.....	56
3.1.1 Instalaciones temporales .....	57
3.1.2 Instalaciones fuera de servicio .....	57
3.1.3 Trabajos sobre equipos con tensión .....	57
3.1.4 Bloqueo y etiquetado de interruptores .....	58
3.1.5 Extintores .....	58
3.1.6 Métodos de cableado.....	58
3.1.6.1 Cables.....	58
3.1.6.2 Cables portátiles de potencia .....	58
3.1.6.3 Separación de seccionadores.....	59
3.1.6.4 Suministro de corriente alterna a equipo eléctricos móviles .....	60
3.1.6.5 Cableado en polvorines.....	60
3.1.6.5.1 Líneas aéreas de alimentación .....	60
3.1.7 Instalación de equipos.....	61

3.1.7.1 Medios de desconexión del tipo apertura visible .....	61
3.1.7.2 Equipos móviles.....	61
3.1.7.3 Acopladores de cables.....	62
3.1.7.4 Sistemas de bandas transportadoras.....	62
3.1.8 Puesta a tierra.....	63
3.1.8.1 Dispositivos de puesta a tierra del neutro .....	63
3.1.8.2 Indicación de falla a tierra.....	64
3.1.9 Protección contra descargas atmosféricas.....	64
3.1.9.1 Líneas aéreas .....	64
3.1.9.2 Líneas de guarda o estructuras .....	64
3.2 Minas de superficie .....	65
3.2.1 Lugares con equipo eléctrico .....	65
3.2.1.1 Iluminación .....	66
3.2.2 Líneas aéreas de alimentación .....	66
3.2.3 Equipos eléctricos móviles .....	66
3.2.3.1 Caseta de interruptores móviles .....	66
3.2.3.2 Subestaciones móviles .....	67
3.2.3.3 Cables de arrastre .....	68
3.2.3.3.1 Accesorios.....	68
3.2.3.3.2 Empalmes permanentes: .....	68
3.2.3.3.3 Protección .....	69
3.2.3.3.4 Identificación .....	69
3.2.3.3.5 Desconexión.....	69

3.2.3.4 Iluminación de emergencia.....	69
3.3 Minas subterráneas.....	70
3.3.1 Métodos de cableado.....	71
3.3.1.1 Conductores .....	71
3.3.1.2 Marcado de las cubiertas.....	71
3.3.1.3 Empalmes.....	71
3.3.1.4 Cajas de empalmes.....	71
3.3.2 Instalaciones de transformadores y capacitores.....	73
3.3.2.1 Transformadores subterráneos – Generalidades .....	73
3.3.2.2 Transformadores de superficie – punto de inflamación menor que 300°C .....	74
3.3.2.3 Transformadores subterráneos – punto de inflamación mayor que 300°C.....	74
3.3.2.4 Transformadores subterráneos – rellenos con nitrógeno o del tipo seco.....	74
3.3.2.5 Capacitores.....	75
3.3.3 Cuadros de distribución y equipos de interrupción.....	75
3.3.4 Instalación de baterías de acumuladores.....	75
3.3.5 Puesta a tierra.....	75
3.3.6 Sistema de comunicación.....	76
3.3.6.1 Sistema de comunicación por voz.....	76
3.3.6.2 Sistema de llamado para jaula.....	76
3.3.6.3 Sistemas de señales del pique .....	76
3.3.7 Winchas de mina.....	76
3.3.7.1 Winchas de fricción .....	78
3.3.8 Transporte .....	79

3.3.8.1 Equipo de advertencia.....	79
3.3.8.2 Conductores de trole .....	79
3.3.8.3 Rieles de transporte.....	80
3.3.9 Equipo eléctrico móvil sin rieles.....	81
4. Identificación de los riesgos eléctricos en la minería .....	81
4.1 Técnicas de protección.....	85
4.1.1 Aparatos a prueba de explosión .....	85
4.1.2 A prueba de ignición de polvos. ....	85
4.1.3 Hermético al polvo.....	86
4.1.4 Purgado y presurizado.....	86
4.1.5 Sistemas intrínsecamente seguros.....	86
4.1.6 No incendiaria.....	86
4.1.6.1 Circuito no incendiario .....	87
4.1.6.2 Equipo no incendiario .....	87
4.1.6.3 Componente no incendiario .....	87
4.1.7 Inmersión en aceite. ....	87
4.1.8 Herméticamente sellado.....	87
4.1.9 Grado de protección IP o su equivalente NEMA.....	87
4.1.10 Grado de protección de robustez mecánica IK o su equivalente NEMA .....	90
4.1.11 Otras técnicas de protección. ....	91
4.2 Señalización de seguridad.....	92
5. Equipo Eléctrico para áreas clasificadas en las minas.....	93
5.1 Transformadores y condensadores.....	93

5.1.1 Clase I División 1.....	93
5.1.1.1 Los que contengan líquido inflamable.....	93
5.1.1.2 Los que no contengan líquido inflamable.....	94
5.1.2 Clase I División 2.....	94
5.1.3 Clase II División 1.....	96
5.1.3.1 Los que contienen un líquido inflamable.....	96
5.1.3.2 Los que no contengan un líquido inflamable.....	97
5.1.3.3 Polvos metálicos.....	97
5.1.4 Clase II División 2.....	97
5.1.4.1 Los que contengan líquido inflamable.....	97
5.1.4.2 Transformadores tipo seco.....	97
5.2 Medidores, instrumentos y relés.....	97
5.2.1 Clase I División 1.....	97
5.2.2 Clase I División 2.....	98
5.2.2.1 Los equipos de contactos, resistencias y equipos similares, sin contactos de cierre y apertura, deben ubicarse en encerramientos para Clase I División 2.....	98
5.2.2.2 Conjunto de propósito general.....	98
5.2.2.3 Fusibles.....	98
5.2.2.4 Conexiones.....	98
5.3 Métodos de alambrado.....	99
5.3.1 Clase I División 1.....	99
5.3.2 Clase I División 2.....	99
5.3.3 Clase II División 1.....	100

5.3.3.1 Accesorios y cajas.....	100
5.3.3.2 Conexiones flexibles.....	100
5.3.4 Clase II División 2 .....	100
5.3.4.1 Canalizaciones, accesorios y cajas.....	100
5.3.4.2 Conexiones flexibles.....	101
5.4 Sellado y drenaje.....	101
5.4.1 Sellos corta fuego para tubería en lugares Clase I División 1 .....	101
5.4.2 Sellos corta fuego para tubería en lugares Clase I División 2 .....	102
5.4.3 Clase I Divisiones 1 y 2 .....	102
5.4.3.1 Accesorios.....	103
5.4.3.2 Compuesto sellante .....	103
5.4.3.3 Espesor del compuesto sellante .....	103
5.4.3.4 Empalmes y derivaciones .....	103
5.4.3.5 Ensamblados .....	103
5.4.3.6 Espacio ocupado por los conductores .....	103
5.4.4 Sellos para cables en lugares Clase I División 1.....	104
5.4.5 Sellos para cables en lugares Clase I División 2.....	104
5.4.6 Drenaje Clase I Divisiones 1 y 2.....	105
5.4.6.1 Equipo de control.....	105
5.4.6.2 Motores y generadores.....	105
5.4.6.3 Bombas encapsuladas, conexiones para proceso o servicio para medida de presión, etc. .....	105
5.4.7 Clase II Divisiones 1 y 2.....	106

5.5 Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles. ....	106
5.5.1 Clase I División 1.....	106
5.5.2 Clase I División 2.....	106
5.5.2.1 Tipo requerido.....	106
5.5.2.2 Interruptores de separación.....	107
5.5.2.3 Fusibles.....	107
5.5.2.4 Fusibles internos de aparatos de alumbrado.....	107
5.5.3 Clase II División 1.....	107
5.5.3.1 Tipo requerido.....	107
5.5.3.2 Seccionadores.....	108
5.5.3.3 Polvos metálicos.....	108
5.5.4 Clase II División 2.....	108
5.6 Transformadores y resistencias de control.....	108
5.6.1 Clase I División 1.....	108
5.6.2 Clase I División 2.....	109
5.6.2.1 Mecanismos de conmutación.....	109
5.6.2.2 Bobinas y devanados.....	109
5.6.2.3 Resistencias.....	109
5.6.3 Clase II División 1.....	109
5.6.4 Clase II División 2.....	109
5.7 Motores y generadores.....	110
5.7.1 Clase I División 1.....	110
5.7.2 Clase I División 2.....	110

5.7.3 Clase II División 1 .....	111
5.7.4 Clase II División 2 .....	111
5.8 Equipos de alumbrado.....	112
5.8.1 Clase I División 1.....	112
5.8.1.1 Equipos aprobados .....	112
5.8.1.2 Daños físicos.....	112
5.8.1.3 Equipos colgantes .....	112
5.8.1.4 Soportes.....	112
5.8.2 Clase I División 2.....	113
5.8.2.1 Equipos portátiles de alumbrado.....	113
5.8.2.2 Equipos fijos .....	113
5.8.2.3 Equipos colgantes .....	113
5.8.2.4 Interruptores .....	114
5.8.2.5 Elementos de encendido .....	114
5.8.3 Clase II División 1. ....	115
5.8.3.1 Equipos aprobados .....	115
5.8.3.2 Daños físicos.....	115
5.8.3.3 Equipos colgantes .....	115
5.8.3.4 Soportes.....	115
5.8.4 Clase II División 2. ....	116
5.8.4.1 Equipos portátiles de alumbrado.....	116
5.8.4.2 Equipos fijos .....	116
5.8.4.3 Daños físicos.....	116

5.8.4.4 Equipos colgantes .....	117
5.8.4.5 Luminarias de descarga.....	117
5.9.1 Clase I División 1.....	117
5.9.2 Clase I División 2.....	117
5.9.2.1 Calentadores.....	117
5.9.2.2 Motores e interruptores .....	118
5.9.3 Clase II División 1. ....	118
5.9.4 Clase II División 2. ....	118
5.10 Cables y cordones flexibles. ....	118
5.10.1 Clase I Divisiones 1 y 2. ....	118
5.10.2 Clase II Divisiones 1 y 2.....	119
5.11.1 Clase I Divisiones 1 y 2 .....	119
5.11.2 Clase II Divisiones 1 y 2.....	120
5.12 Aislamiento de los conductores clase I divisiones 1 y 2.....	120
5.13 Puesta tierra.....	120
5.13.1 Clase I Divisiones 1 y 2 Debe.....	120
5.13.1.1 Conexiones equipotenciales.....	120
5.13.1.2 Tipo de conductores para puesta a tierra de equipos .....	120
5.13.2 Clase II Divisiones 1 y 2.....	121
5.13.2.1 Conexiones equipotenciales.....	121
5.13.2.2 Tipos de conductores de puesta tierra de equipos.....	121
5.14 Protección contra impulsos de tensión.....	121
5.14.1 Clase I División 1.....	121

---

5.14.2 Clase I División 2.....	122
5.14.3 Clase II Divisiones 1 y 2.....	122
6. Conclusiones.....	122
Referencias Bibliográficas .....	124

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Breve descripción de los capítulos de este manual .....	28
Figura 2. Pentágono de explosión de polvo.....	30
Figura 3. Sustancias presentes en la atmosfera por Clase.....	36
Figura 4. Fuente localizada en exteriores en la superficie abierta, con presencia de líquido inflamable .....	44
Figura 5. Criterios básicos de clasificación clase II.....	47
Figura 6. Diagrama para zonas con polvos F o G.....	53
Figura 7. Cable SHD-GC.....	59
Figura 8. Seccionador .....	59
Figura 9. Polvorín .....	60
Figura 10. Medios de desconexión del tipo apertura visible .....	61
Figura 11. Bandas transportadoras.....	63
Figura 12. Puesta a tierra .....	63
Figura 13. Sistema de puesta a tierra .....	65
Figura 14. Subestación móvil.....	67
Figura 15. Accesorios para cables de arrastre.....	68
Figura 16. Luminarias Incandescentes a Prueba de Vapores.....	70
Figura 17. Caja de conexiones para áreas peligrosas.....	72

Figura 18. Transformador .....	73
Figura 19. Wincha.....	77
Figura 20. Wincha de doble tabor (Winch double drum) .....	78
Figura 21. Wincha de fricción (Winch friction) .....	79
Figura 22. Trole .....	80
Figura 23. Disposición del grado de protección IP.....	88
Figura 24. Disposición del grado de robustez mecánica IK .....	91
Figura 25. Clasificación y colores para las señales de seguridad. ....	92
Figura 26. Transformadores encapsulados titan de HPS para áreas peligrosas y difíciles. ....	96
Figura 27. Tipo de conducto de resina termo endurecibles reforzado: RTRC .....	99
Figura 28. Tipo de sellos.....	101
Figura 29. Luminarias Clase I División 1 .....	113
Figura 30. Luminarias para Clase I División 2 .....	114
Figura 31. Luminaria para Clase II División 1 .....	116

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Grupos de materiales para la Clase I .....	37
Tabla 2. Grupos de materiales para la Clase II .....	38
Tabla 3. Números identificativos.....	39
Tabla 4. Temperatura de Ignición.....	40
Tabla 5. Grados de protección IP.....	89
Tabla 6. Correspondencia entre el grado IK y la energía de impacto.....	91

## Resumen

**título:** manual para el desarrollo de instalaciones eléctricas en minas acorde con el retie\*

**autores:** nicolás herrera sepúlveda  
laura cecilia villabona suarez\*\*

**palabras clave.**

Las instalaciones eléctricas en el sector minero requieren materiales y métodos específicos de construcción para que sean seguras dentro de las atmosferas explosivas propias de los procesos en este tipo de industria.

En la industria minera las instalaciones eléctricas deben cumplir elevadas exigencias en su diseño y construcción debido a la existencia de riesgos, por el manejo de gases, polvos y partículas inflamables que al entrar en contacto con la corriente eléctrica originan explosiones de alto impacto contra las instalaciones y trabajadores. Por ello, fue necesario regular las instalaciones eléctricas realizadas en los lugares que tienen atmósferas inflamables o explosivas a las cuales se les denomina áreas clasificadas.

Dado que el RETIE presenta principalmente los aspectos mínimos generales a tener en cuenta en las instalaciones en área clasificadas, con este proyecto se desarrolló un manual específico que sirva para orientar el diseño y la selección de los materiales y equipos requeridos para este tipo de instalaciones. Esta herramienta enfocada en el sector minero, permite a los usuarios tener información más precisa y de fácil comprensión sobre las normas bajo las cuales se deben regir las instalaciones eléctricas, fundamentando su diseño bajo los lineamientos del RETIE.

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, establece los requisitos mínimos para las instalaciones en áreas clasificadas, así como en minas, pero su aplicación se dificulta dada la gran diversidad de ambientes especiales que se manejan en dicha industria. Por ello, con este trabajo de grado se revisaron los diferentes tipos de ambientes explosivos que se presentan en este tipo de industria, especificando a manera de manual los requisitos, riesgos y equipos de instalación a considerar en cada uno de estos ambientes.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones  
Director: Oscar Arnulfo Quiroga

## Abstract

**Title:** Manual for the development of electrical installations in mines in accordance with RETIE \*

**Authors:** Nicolás Herrera Sepúlveda  
Laura Cecilia Villabona Suarez\*\*

### Keywords.

Electrical installations in the mining sector require specific construction materials and methods to be safe within the explosive atmospheres characteristic of the processes in this type of industry.

In the mining industry, electrical installations must meet high demands in their design and construction due to the existence of risks, by the handling of gases, dust and flammable particles that come into contact with the original electric current, high impact explosions against the installations and workers. Therefore, it was necessary to regulate the electrical installations carried out in places that have flammable or explosive atmospheres which are called classified areas.

Since RETIE mainly presents the general minimum aspects to be taken into account in the installations in classified areas, with this project a specific manual was developed to guide the design and selection of the materials and equipment required for this type of facility. This tool focused on the mining sector, allows users to have more accurate and easily understood information on the standards under which electric installations must be governed, basing their design under the RETIE guidelines.

The Technical Regulation of Electrical Installations - RETIE, establishes the minimum requirements for installations in classified areas, as well as in mines, but its application is difficult given the great diversity of special environments that are handled in said industry. For this reason, with this degree work, the different types of explosive atmospheres presented in this type of industry were reviewed, specifying as a manual the requirements, risks and installation equipment to be considered in each of these environments.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Electrical, Electronics and Telecommunications  
Engineering Director: Oscar Arnulfo Quiroga

## Introducción

En el sector minero se puede encontrar diversas instalaciones que involucran la minería a cielo abierto y minería subterránea. La minería a cielo abierto es viable cuando los yacimientos afloran en la superficie, cerca de esta, con un recubrimiento pequeño o el terreno no es apto para trabajos subterráneos. Por otra parte, cuando la profundidad del yacimiento es considerable, se realiza la explotación mediante minería subterránea, que “se realiza por medio de obras y trabajos en el interior de la tierra tales como pozos, galerías, cámaras, túneles, socavones y planos para acceder a la masa de mineral y extraerla, sin tener que mover los estériles o materiales que recubren el yacimiento” (Secretaría de Estado de Minería Gobierno de Catamarca, s.f.)

Las actividades de explotación desarrolladas en el sector minero, involucran en las áreas de trabajo el uso de gases, vapores o líquidos inflamables y polvos, conllevando un alto riesgo de explosión al momento de realizar una instalación eléctrica, puesto que una chispa eléctrica puede entrar en contacto con estas sustancias y/o partículas y causar daños graves a las instalaciones e incluso la vida de los trabajadores. Por ello, las instalaciones eléctricas situadas en la explotación minera – ambiente especial acorde con el capítulo 5 del código eléctrico Colombiano NTC-2050 - se consideran instalaciones eléctricas especiales, ya que implican un alto riesgo de explosión debido a las atmosferas potencialmente explosivas que pueden generarse por la presencia de sustancias que podrían reaccionar con la electricidad causando considerables daños; el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE define las instalaciones eléctricas especiales como “aquellas instalaciones que por estar localizadas en ambientes clasificados como peligrosos o por

alimentar equipos o sistemas complejos, presentan mayor probabilidad de riesgo que una instalación básica y por tanto, requieren de medidas especiales, para mitigar o eliminar tales riesgos” (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

En consecuencia, se busca mitigar los riesgos asociados a las instalaciones eléctricas especiales, a través de la adecuada aplicación de la normativa vigente, por tanto, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE vigente desde el año 2005, establece los requisitos mínimos para las instalaciones en áreas clasificadas e indica una amplia variedad de normas aplicables.

Este manual propende por reconocer las áreas clasificadas que pueden estar presentes en las instalaciones típicas de la industria minera, así como los tipos de minas y su clasificación. A su vez, relaciona la caracterización de los componentes eléctricos particulares, descripción de los riesgos y equipos asociados a las instalaciones eléctricas en las zonas clasificadas de la minería a cielo abierto y subterránea, acorde con el RETIE vigente.

## **1. Generalidades del manual**

Este manual será una herramienta de apoyo para el desarrollo de las instalaciones eléctricas en el sector minero a nivel nacional, puesto que en él se establecen las pautas y requisitos que se pueden aplicar en la realización de las labores mineras. El diseño de este manual fue establecido con el propósito de vincular la normativa de los ambientes especiales dentro de los procesos mineros en relación con las instalaciones eléctricas, llevando un orden secuencial en la información que pueda

unificarse, y de esta forma, generar una herramienta de fácil manejo y comprensión, para aquellos profesionales vinculados con este sector industrial.

El siguiente manual tiene como objetivo proporcionar las bases para orientar la adecuación de las instalaciones eléctricas dentro de las áreas clasificadas presentes en la explotación minera, debido a la dificultad que se maneja en esta industria por la diversidad de ambientes especiales, debido a la existencia en la atmosfera de gases, vapores o líquidos inflamables y polvos combustibles en las áreas de trabajo, lo que implica un alto riesgo de explosión al momento de realizar una instalación eléctrica.

Con base en lo anterior y a la variedad de sustancias presentes en la explotación minera, que dificultan el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas, y con el propósito de mitigar esta situación, el desarrollo de este manual busca orientar el diseño y selección de las áreas y equipos requeridos para las instalaciones dentro de los ambientes especiales existentes en la industria minera, incorporando los lineamientos del RETIE y la normativa internacional de amplio reconocimiento.

Por ello, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE vigente, establece los requisitos mínimos para las instalaciones en área clasificadas y sugiere una amplia gama de normas aplicables. La complejidad que presenta la aplicación de la normativa dentro de las actividades mineras, debido a la fragmentación de la información que al momento de la consulta dificulta su implementación, remitidos con frecuencia a diferentes normas. Para evitar estos inconvenientes se propendió por recopilar la información adecuada sin pretender cambiar ni sustituir los artículos allí estipulados, complementando la información seleccionada con material visual para ilustrar al lector los contenidos de este manual.

A continuación, se presenta a través de la Figura No 1 una breve descripción de los capítulos de este manual, con el fin de exponer de forma concisa los contenidos de cada uno dentro de las labores mineras.

Número del capítulo	Título del capítulo	Objetivo	Temas
1	Generalidades del manual	Introducir de forma breve la estructura del manual.	
2	Descripción de áreas clasificadas	Conocer los ambientes especiales según la clasificación de la normativa vigente.	Lugares Clase I Lugares Clase II Lugares Clase III Grupos de materiales Códigos de Temperatura Pautas para clasificación por áreas
3	Caracterización de las instalaciones eléctricas en la minería	Resumir las características de las instalaciones eléctricas para las labores mineras.	Instalaciones eléctricas según sus características para la minería de superficie y subterránea.
4	Descripción de los riesgos y técnicas de protección para áreas clasificadas	Vincular los riesgos y técnicas de protección aplicables en las actividades mineras.	Riesgos eléctricos Técnicas de protección Señalización de seguridad
5	Equipos para la minería acorde a las áreas clasificadas	Puntualizar los requerimientos específicos de los equipos según el ambiente clasificado.	Requerimientos de los equipos según el ambiente especial (Clase I, Clase II)

Figura 1. Breve descripción de los capítulos de este manual

## 2. Descripción de áreas clasificadas

### 2.1 Áreas clasificadas como peligrosas en la minería.

En los ambientes clasificados como peligrosos o de alto riesgo es posible que se generen atmósferas potencialmente explosivas debido a las condiciones de operación, que dan lugar a procesos de combustión dentro de la minería.

Los lugares que cuentan con una instalación o equipo eléctrico para el desarrollo de las actividades de los procesos involucrados en la explotación minera, donde se procesan sustancias inflamables que pueden producir mezclas de concentración explosiva al estar en contacto con el oxígeno de la atmósfera, se deben clasificar. Cada mina debe ser evaluada como una instalación especial y se deben clasificar las áreas de acuerdo a los componentes presentes, conforme a la normativa establecida (Anexo General del RETIE y el cap. 5° de la NTC 2050).

En el caso de la minería, el polvo combustible es la principal sustancia presente en la atmósfera; por ello, se debe tener presente el pentágono de las explosiones de polvo (ver Figura No 2), que muestra los componentes para un incendio o explosión para esta sustancia. La ausencia de alguno de los elementos puede evitar la explosión ocasionada por el polvo combustible. Para que ocurra una explosión debe existir: oxígeno, polvo combustible, confinamiento del polvo, fuente de ignición y dispersión.

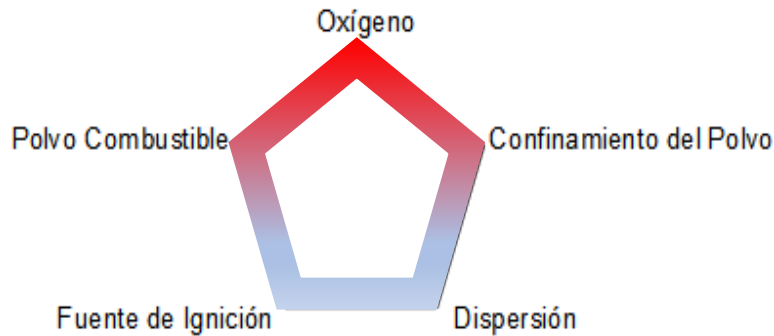


Figura 2. Pentágono de explosión de polvo.

Debido a que el polvo está presente en las actividades de explotación minera en mayor proporción, es posible relacionar las áreas de esta industria, en su mayoría, con la Clase II, establecida para las atmosferas con presencia de polvos combustibles. De igual forma, se pueden encontrar otras sustancias diferentes a los polvos combustibles que implican analizar las condiciones de las otras clases para lugares especiales, bajo los cuales se pueden localizar las ubicaciones de la mina.

Si después de realizar un estudio se demuestra que no hay ni habrá presencia de gases, polvos, líquidos, fibras o partículas inflamables que puedan causar explosión, se podrá exceptuar este requisito.

Según lo establece el RETIE, toda mina superficial o subterránea, donde se use electricidad debe disponer de planos o diagramas con información actualizada del sistema eléctrico, la cual debe estar siempre disponible para la operación, mantenimiento o requerimiento de la autoridad competente.

Asimismo, cualquier reparación, ampliación y cambio en las instalaciones eléctricas deben llevarse a cabo únicamente por profesionales competentes y deben ser plasmadas en los planos o esquemas.

## 2.2 Identificación de ambientes especiales.

En este capítulo, se realiza la identificación de las áreas peligrosas o ambientes especiales, bajo las cuales se puede clasificar las instalaciones del sector minero. Acorde con el RETIE, la clasificación debe llevarse a cabo acorde a la metodología de IEC (Zonas) o la de NFPA (Clases, Divisiones), y tener en cuenta lo referente a grupos y códigos de temperatura. La caracterización de las áreas, para este manual se desarrolla acorde a la NFPA 70, basada en Clases (I, II) y Divisiones (1 y 2) que aplican para las actividades desarrolladas en el sector minero.

Para clasificar los lugares existentes en la explotación minera, cada área se debe considerar individualmente y así mismo, se deben tener en cuenta las propiedades intrínsecas de los vapores, líquidos o gases inflamables y los polvos o fibras combustibles de cada zona y por la posibilidad de que se generen atmosferas potencialmente explosivas. Cuando se presenta en un lugar la manipulación únicamente de sustancias pirofóricas, es decir, materiales inflamables al contacto con el aire, no se realiza clasificación de estos lugares.

Según el capítulo 5 de la norma NFPA 70 los lugares se pueden clasificar en Clase I, Clase II y Clase III, según el tipo de material inflamable; que, a su vez, se subdividen en divisiones 1 o 2, acorde al riesgo o peligro que representan las sustancias presentes en las clases; de igual forma, involucra la clasificación de las sustancias acorde a grupos establecidos por clase y códigos de temperatura.

**2.2.1 Lugares Clase I.** Los lugares Clase I, involucran aquellos lugares en los cuales puede haber en el aire presencia de gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir

mezclas explosivas. Estos lugares con peligro atmosférico, están divididos no solo en cuatro grupos, A, B, C, y D según las sustancias; sino también en dos divisiones:

**2.2.1.1 Clase I División 1:** En esta subdivisión se incluyen aquellas áreas en las cuales

- a) puede haber concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, en condiciones normales de funcionamiento, o
- b) de forma frecuente, por labores de reparación o mantenimiento o debido a fugas, se presente concentración de gases o vapores inflamables, o
- c) por roturas o funcionamiento defectuoso de equipos o procesos, pueda liberar concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, donde a su vez, se pueden producir daños al equipo eléctrico de forma tal, que el equipo se convierta directamente en una fuente de ignición.

**2.2.1.2 Clase I División 2:** Incluye normalmente ubicaciones en los que se utilizan líquidos volátiles inflamables o vapores inflamables que sólo resultarían peligrosos en caso de accidente o anormal funcionamiento. Se incluyen aquellos lugares en los cuales

- a) gases inflamables o líquidos volátiles inflamables son utilizados o procesados, pero dichas sustancias se mantienen normalmente confinados dentro de contenedores o sistemas cerrados, desde los cuales solo se pueden liberar por rotura accidental o avería de los contenedores o sistemas, o en caso de funcionamiento erróneo del equipo, o
- b) normalmente la concentración de gases inflamables o vapores se previene por medio de ventilación mecánica forzada y que se pueden convertir en peligrosos por la falta o inadecuado funcionamiento del sistema de ventilación, o

- c) de forma adyacente se encuentran zonas Clase I División 1, por lo cual pueden llegar concentraciones de gases o vapores combustibles, salvo que esta posibilidad se evite mediante el uso de un sistema de ventilación forzada desde una fuente de aire limpio y medidas eficaces de seguridad contra las probables fallas de ventilación.

**2.2.1.3 Lugares no clasificados.** En determinadas situaciones, la liberación de mezclas inflamables de las operaciones y equipos es tan poco frecuente que no es necesaria la clasificación del área. Por ejemplo, generalmente no se requiere clasificar las ubicaciones donde se procesan, almacenan o manipulan materiales combustibles, con:

- Adecuada ventilación, donde las sustancias combustibles están dentro de sistemas de tuberías cerrados, con un mantenimiento adecuado.
- Carencia de ventilación adecuada, pero no son lugares propensos a fugas porque los sistemas de tuberías no tienen válvulas, bridas y accesorios similares.
- Contenedores adecuados para almacenar los materiales combustibles.

**2.2.2 Lugares Clase II.** Dentro de los lugares Clase II, se encuentran las áreas que resultan peligrosas debido a la presencia de polvos combustibles, agrupados según el tipo de material: Grupo E metálicos, Grupo F carbónicos, o Grupo G orgánicos. La clasificación por divisiones para Clase II depende de la cantidad de polvo presente, excepto para el Grupo E incluido solamente en la División 1. Las secciones involucran:

**2.2.2.1 Clase II, División 1:** Estos lugares involucran aquellos que

- a) Dentro de las condiciones normales de funcionamiento, se encuentra en el aire cantidad suficiente de polvo combustible para generar mezclas explosivas, o
- b) Por falla mecánica o funcionamiento inadecuado de los equipos se pueden producir mezclas explosivas o combustibles, donde además puede haber presencia de una fuente de ignición por la falla simultánea de los equipos eléctricos, de operación y protección u otras causas, o
- c) Pueden tener cantidades peligrosas de polvos combustibles eléctricamente conductivos del Grupo E.

Para efecto de la clasificación, acorde con la NTC 2050, se consideran solamente como polvos eléctricamente conductivos los del Grupo E. Los polvos que contienen magnesio o aluminio son particularmente peligrosos; por ello, se deben tomar las máximas precauciones para evitar su ignición y explosión.

**2.2.2.2 Clase II, División 2:** son áreas donde

- a) Por mal funcionamiento de los equipos, puede haber cantidades suficientes de polvo combustible en suspensión en el aire para producir mezclas explosivas, o
- b) Existen acumulaciones de polvo combustible, pero normalmente en cantidad insuficiente para interferir con el funcionamiento adecuado de equipos eléctricos u otro tipo de equipos, pero puede haber polvo combustible suspendido en el aire como consecuencia del mal funcionamiento de procesos o equipos de manipulación o
- c) La acumulación de polvos combustibles dentro, sobre o en la cercanía de los equipos eléctricos puede impedir la disipación de calor de los equipos o arder por la falla o funcionamiento inadecuado de los equipos eléctricos.

**2.2.2.3 Lugares no clasificados:** Cuando la liberación de suspensiones de polvo inflamables de algunas operaciones y equipos es tan poco frecuente, no es necesaria la clasificación del área. Generalmente, no se requiere clasificar las ubicaciones donde se procesan, almacenan o manipulan polvos combustibles, en las cuales:

- Los materiales se almacenan en contenedores sellados (por ejemplo, bolsas, tambores o paquetes de fibra en paletas o bastidores).
- Los materiales se transportan en sistemas de tuberías cerradas.
- Se manipulan o utilizan materiales paletizados con un mínimo de polvo.
- Se usan tanques cerrados para almacenamiento y manejo.
- Los sistemas de eliminación de polvo y/o excelente mantenimiento impiden la creación de nubes de polvo o capas que hacen que los colores de la superficie sean indiscernibles. Dichos sistemas de eliminación de polvo que permiten una ubicación no clasificada deben tener advertencias adecuadas y salvaguardas contra fallas.

**2.2.3 Lugares Clase III.** Los lugares Clase III son locaciones que resultan peligrosas debido a la presencia de fibras o partículas fácilmente combustibles, pero que no son probable de encontrar en suspensión en el aire a una cantidad suficiente para producir mezclas combustibles. En la División 1 estas fibras o partículas son manufacturadas, y en la división 2 son almacenada.

**2.2.3.1 Clase III, División 1:** Aquellos lugares en los cuales se fabrican, manipulan o usan fibras fácilmente combustibles o materiales que producen partículas combustibles.

2.2.3.2 *Clase III, División 2*: En esta locación se almacenan o manipulan fibras fácilmente inflamables, en procesos diferentes a los de manufacturación.

Para efecto de este manual, no se realiza profundización en las áreas Clase III, debido a que estos lugares comúnmente hacen referencia a fábricas textiles, fábricas de proceso de madera y fábricas de procesos con materiales específicos como el algodón, cáñamo, fibra de coco, henequén, malacuenda, sisal, rayón, yute, entre otros de similar naturaleza; evidenciando que no hay presencia considerable o con frecuencia de este tipo de partículas en las labores mineras.

En resumen, cada una de las clases, se establece acorde a la acumulación en la atmósfera, de las siguientes sustancias:

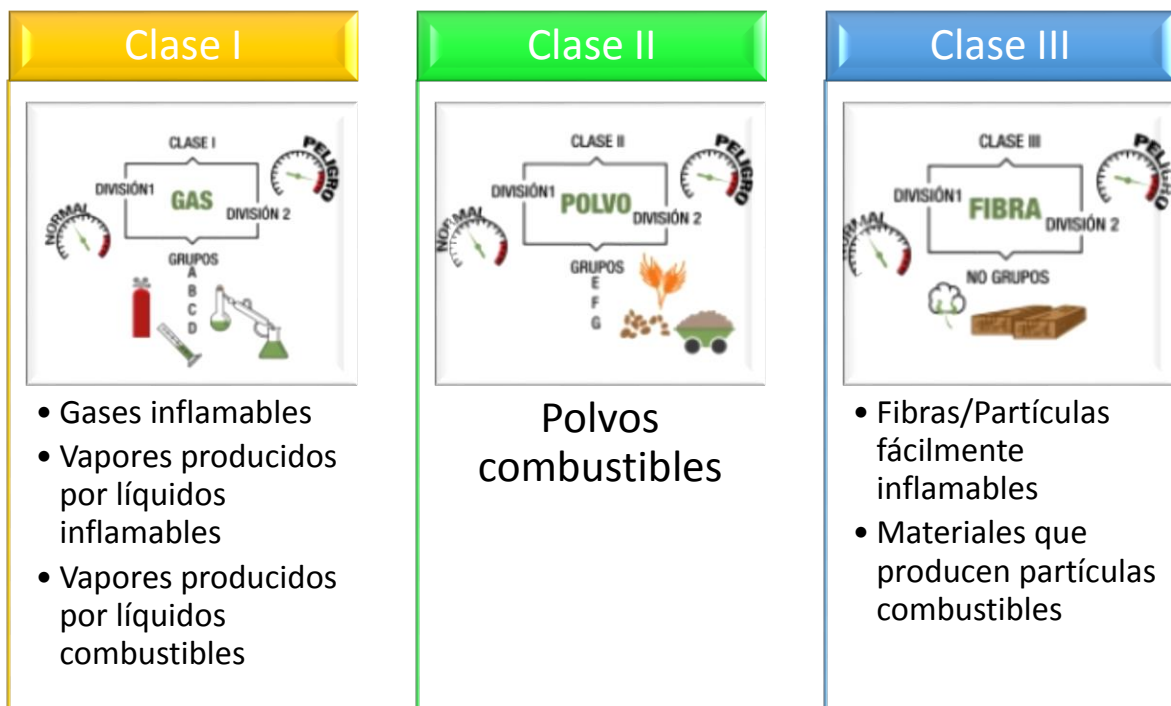


Figura 3. Sustancias presentes en la atmosfera por Clase

### 2.3 Clasificación de materiales por grupos.

Para la clasificación de áreas, se precisa conocer la agrupación de las diversas mezclas presentes en la atmósfera de cada clase. Estos grupos se conforman con base en la temperatura de ignición y factores que establecen el grado de peligrosidad de las atmosferas por su presencia.

En el caso de los gases, vapores o líquidos inflamables presentes en la Clase I (ver Tabla No 1), se encuentran cuatro grupos:

Tabla 1.

*Grupos de materiales para la Clase I*

<b>Grupo</b>	<b>Vapor o líquido combustible</b>
<b>A</b>	Atmosferas que contengan acetileno.
<b>B</b>	Atmosferas con presencia de hidrogeno, combustibles y gases combustibles de procesos con más del 30% de hidrógenos por volumen, o gases o vapores de riesgo equivalente, como butadieno, óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína.
<b>C</b>	Atmosferas con gases como éter etílico, etileno u otros gases o vapores de riesgo equivalente.
<b>D</b>	Atmosferas que contengan gases como acetona, amoníaco, benceno, butano, ciclopropano, etanol, gasolina, hexano, metanol, metano, gas natural, nafta, propano o gases de riesgo equivalente.

El Anexo A brinda mayor información de las propiedades físicas de los gases, vapores y líquidos inflamables según los grupos A, B, C y D.

Los grupos de materiales para las atmosferas de Clase II, es decir, los polvos combustibles, se clasifican en tres grupos (ver Tabla No 2), según la naturaleza del polvo:

Tabla 2.

*Grupos de materiales para la Clase II*

<b>Grupo</b>	<b>Polvo Combustible</b>
<b>E</b>	Atmósferas con polvos metálicos combustibles, que incluyen aluminio, magnesio y respectivas aleaciones comerciales u otros que, por el tamaño, abrasividad y conductividad de partículas representan riesgos similares con el uso de equipos eléctricos.
<b>F</b>	Atmósferas que contienen polvos combustibles de carbón, incluyendo el carbón vegetal, carbón mineral y negro de humo que contengan más de 8% total de partículas volátiles o polvos sensibilizados por otros materiales de tal forma que representan riesgo de explosión.
<b>G</b>	Atmósferas con presencia de polvos combustibles no contenidos en los Grupos E o F, involucrando harina, cereales, plástico, madera, y productos químicos.

Para mayor información de las propiedades físicas de los polvos combustibles de cada grupo respectivo, se recomienda ver el Anexo B.

#### **2.4 Código de temperatura.**

A su vez, es importante para el buen desempeño de los elementos y equipos dentro de cada área, el rango de temperatura, por ello, se precisa que el equipo este marcado para mostrar la temperatura de operación o rango de temperatura. El rango de temperatura está identificado a través del uso de un número de identificación.

El rango de temperatura debe estar indicado mediante las marcas identificativas de la Tabla No 3. Los equipos aprobados para lugares Clase I y Clase II deben ir rotulados con la temperatura

máxima de operación segura, calculada según la exposición simultánea a las combinaciones que puedan darse en cada área clasificada.

Tabla 3.

*Números identificativos.*

TEMPERATURA MÁXIMA		LETRA
°C	°F	IDENTIFICATIVA
450	842	T1
300	572	T2
280	536	T2A
260	500	T2B
230	446	T2C
215	419	T2D
200	392	T3
180	356	T3A
165	329	T3B
160	320	T3C
135	275	T4
120	248	T4A
100	212	T5
85	185	T6

NOTA: Como no existe relación directa entre las propiedades de explosión y la temperatura de ignición, estos dos requisitos son independientes.

Fuente: Tomada de la NTC 2050

Para la Clase I, la temperatura rotulada debe ser menor que la temperatura de ignición del gas o vapor específico que pueda encontrarse.

Dentro de la Clase II, la Temperatura rotulada (según la Tabla 3) no debe superar la temperatura de ignición del polvo específico que pueda encontrarse en la atmósfera. En caso de polvos

orgánicos que se puedan deshidratar o carbonizar, la temperatura rotulada debe ser menor que la temperatura de ignición o 165°C.

La temperatura de ignición de los equipos aprobados para Clase II, debe ser acorde con la que aparece en la Tabla No 4.

Tabla 4.

*Temperatura de Ignición.*

Grupos de la Clase II	Equipos no expuestos a sobrecargas		Equipos expuestos a sobrecargas (motores o transformadores de potencia)			
	°C	°F	En funcionamiento normal		En funcionamiento anormal	
			°C	°F	°C	°F
<b>E</b>	200	392	200	392	200	392
<b>F</b>	200	392	150	302	200	392
<b>G</b>	165	392	120	248	165	329

Fuente: Tomada de la NTC 2050

Debido a que toda mina se debe considerar como una instalación especial y por ello, clasificarse en áreas acorde a los componentes presentes, el equipo, y las condiciones geográficas y ambientales de la mina (ver Anexo C). Con estas características, es posible agrupar las excavaciones de tal forma, que se brinde orientación para el diseño y desarrollo de las actividades mineras dentro de las áreas especiales. La clasificación de un área como peligrosa se debe fundamentar en la posibilidad de que se produzca una mezcla inflamable, acorde con las respectivas sustancias que pueden estar presente en las excavaciones mineras. A continuación, se brindan pautas para establecer los ambientes especiales en zonas mineras.

## 2.5 Consideraciones clasificación de lugares Clase I

Cuando existe presencia de vapores o gases combustibles que representan riesgo de explosión dentro de la zona minera, la cual se puede agrupar por grupos acorde con las características propias de las sustancias presentes en el ambiente. En el Anexo A, se evidencian las sustancias que integran cada grupo y temperaturas de riesgo.

Para que se genere una explosión en un área de Clase I, por parte de la instalación eléctrica y el material combustible se debe cumplir las siguientes condiciones:

- (1) Debe estar presente un material combustible.
- (2) Debe mezclarse con aire en las proporciones requeridas para producir una mezcla inflamable.
- (3) Debe haber una liberación de energía suficiente para encender la mezcla.

Un área Clase I puede ser clasificada en División 1 o División 2, según las condiciones de funcionamiento de la zona. Es decir, para determinar un área como División 1, existe probabilidad de que dentro de la zona se tenga una mezcla inflamable presente en condiciones normales; tomando como normal no solo el funcionamiento correcto de los equipos y procesos, si también las actividades realizadas de forma frecuente. Por ejemplo, si se liberan líquido o material inflamable durante mantenimiento o reparaciones que se realizan frecuentemente, la instalación se debe considerar como División 1. En caso, de no ser procesos frecuentes, se establecen como condiciones anormales.

Por otra parte, una ubicación de División 2 se establece cuando es probable que el área tenga mezclas inflamables presentes solo en condiciones anormales. Este tipo de áreas también son aplicables de manera adyacente a la División 1, donde no es normalmente peligroso o como transición entre la División 1 y una ubicación no clasificada, cuando no existe ninguna barrera o muro. Cuando existe una barrera que impide totalmente la propagación del material combustible, la clasificación de la ubicación no se extiende más allá de esta.

Para clasificar un área clase I, la NFPA 497 recomienda una serie de pasos, como se describe a continuación:

1. Describir la necesidad de clasificar: El área se debe clasificar si se procesa, manipula o almacena, material combustible.

2. Recopilar información: Es posible realizar una clasificación preliminar con el fin de adquirir los equipos eléctricos adecuados, acorde a los diagramas de la zona; debido a la variación que se presenta al ejecutar el diseño de la estructura, posteriormente se recomienda ajustar en función de la instalación real. Cuando ya existe la instalación, es relevante contar con la experiencia, por ello se sugiere contar con el personal y realizar preguntar sobre el funcionamiento del área.

Es importante tener un diagrama de flujo del proceso, en el cual se evidencia la presión, temperatura, caudales, composición y cantidades de los materiales que hacen parte del proceso.

A su vez, se debe contar con un plano que permita visualizar las estructuras que afectan la dispersión de cualquier líquido, gas o vapor. Se requiere incluir la dirección del viento prevaleciente.

De igual forma, es relevante para la clasificación de un área conocer las características del material combustible presente en la ubicación. Estas propiedades se muestran en el anexo A, para diversos materiales. En el caso de no encontrar la sustancia en el Anexo o en una referencia

acreditada, puede contactar con el proveedor del material, para así determinar si este ha sido probado o clasificado en un grupo. Si se realiza una prueba, puede calcular la clasificación según los criterios de la sección 5.8.2.5.2 de la NFPA 497.

3. Seleccionar el diagrama de clasificación adecuado. Los materiales combustibles relacionados en el diagrama de flujo del proceso y los datos del balance de masa deben correlacionarse con las cantidades, presiones, caudales y temperaturas de tal forma que permita establecer las condiciones óptimas, para seleccionar un diagrama de clasificación adecuado a las condiciones del material y la ubicación (Ver NFPA 497 Sección 5.8.3).

3.1 Si el tamaño del equipo es pequeño, mediano o grande.

3.2 Si la presión es baja, moderada o alta.

3.3 Si la velocidad de flujo es baja, moderada o alta.

3.4 Si el material combustible es más ligero que el aire, es decir, con densidad de vapor  $< 1$  o más pesado que el aire, con densidad de vapor  $> 1$ .

3.5 Si la fuente de fugas está por encima o por debajo del grado.

Acorde a cada grupo de características del lugar, se determina el diagrama guía, como en la Figura No 4, donde la fuente se encuentra ubicada al aire libre y con un líquido inflamable en la atmosfera.

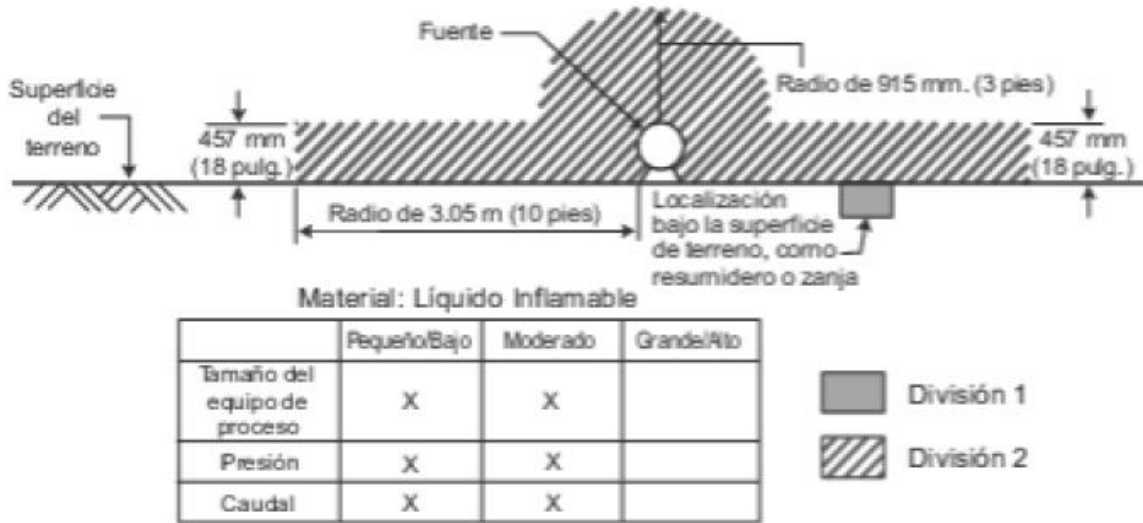


Figura 4. Fuente localizada en exteriores en la superficie abierta, con presencia de líquido inflamable

Nota: Adaptado de: NFPA 497, (2017) Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.

4. Determinar el alcance de la zona clasificada. La extensión del área clasificada se puede determinar mediante el uso de los métodos descritos en la sección 5.5.2 de la NFPA 497 y los respectivos diagramas contenidos en dicha norma.

Para la respectiva aplicación de los métodos de la sección 5.5.2 para la extensión de un lugar de División 1 o División 2 se requiere considerar detalladamente los siguientes factores:

- El material combustible
- La densidad del vapor del material
- La temperatura del material
- El proceso o la presión de almacenamiento
- El tamaño de la versión

- La ventilación

Se deben identificar las fuentes de fugas en el plano o en la ubicación. Estas fuentes pueden incluir ejes giratorios o alternativos como bombas, compresores, y válvulas de control. Se requiere encontrar un equivalente del diagrama de clasificación seleccionado para determinar el grado mínimo de clasificación alrededor de la fuente de fuga.

La extensión se puede modificar acorde a lo siguiente:

- Si las condiciones de mantenimiento y supervisión hacen probable la existencia de fugas en los equipos, recipientes de almacenamiento y sistemas de tuberías que contienen sustancias inflamables.

- Si una mezcla inflamable puede ocurrir con frecuencia por reparación, mantenimiento o fuga.

- Si por medio de zanjas, tubería o conductos puede transmitirse el material combustible.

- Por ventilación o viento predominante en el área, y, asimismo, las tasas de dispersión de los materiales combustibles.

Al especificar la extensión mínima, se sugiere determinar puntos de referencia para los límites reales de la ubicación peligrosa, siendo estos de fácil identificación para el personal de trabajo.

## **2.6 Consideraciones clasificación lugares Clase II**

Este tipo de lugares, es para aquellas zonas con presencia de polvos combustibles, acorde con los relacionados en el Anexo B, que vinculan los polvos combustibles con respectivos grupos, según

sus componentes y temperaturas de ignición, parámetros que se deben revisar para evitar explosiones en las minas.

La clasificación de un área debe evaluarse de forma individual, con base en la probabilidad de que puede existir presencia de un polvo combustible.

Para la ignición de la instalación eléctrica en una ubicación Clase II, se debe cumplir uno de los siguientes conjuntos de condiciones:

En el primer grupo, existen las siguientes condiciones:

- (1) Hay un polvo combustible presente.
- (2) El polvo se suspende en la cantidad requerida de tal forma que se pueda producir una mezcla inflamable. Conjuntamente, una proporción suficiente de esta suspensión, presente en las proximidades del equipo eléctrico.
- (3) Existe una fuente de energía térmica o eléctrica suficiente para encender la mezcla suspendida. Se entiende que la fuente de energía se origina con el sistema eléctrico.

En el segundo conjunto, se encuentran las siguientes condiciones:

- (1) Existe presencia de un polvo combustible.
- (2) El polvo tiene una capa lo suficientemente gruesa en el equipo eléctrico de tal forma que puede interferir con la disipación de calor y permitir que la capa alcance la temperatura de ignición del polvo.
- (3) La temperatura externa del equipo eléctrico es lo suficientemente alta para lograr que el polvo alcance directamente su temperatura de ignición o para secar el polvo y hacer que se caliente por sí solo.

En el tercer conjunto, se consideran las siguientes condiciones:

- (1) Está presente un polvo del Grupo E.
- (2) El polvo está en capas o en suspensión en proporciones peligrosas.
- (3) La corriente a través del polvo es suficiente para causar ignición.

Una vez que ha ocurrido la ignición, por una suspensión en una nube o una capa, hay probabilidad de que haya una explosión. De forma frecuente, la explosión inicial conlleva a otra explosión más violenta alimentada por acumulaciones de polvo en las estructuras y las superficies de los equipos que quedan en suspensión por la explosión inicial. Por esa razón, un buen mantenimiento es de vital importancia en todas las áreas donde se maneja el polvo.

En la clasificación de una ubicación, la presencia de un polvo combustible y el estado del funcionamiento de los equipos, es importante para determinar la división correcta, teniendo presente los criterios de la Figura No 5.

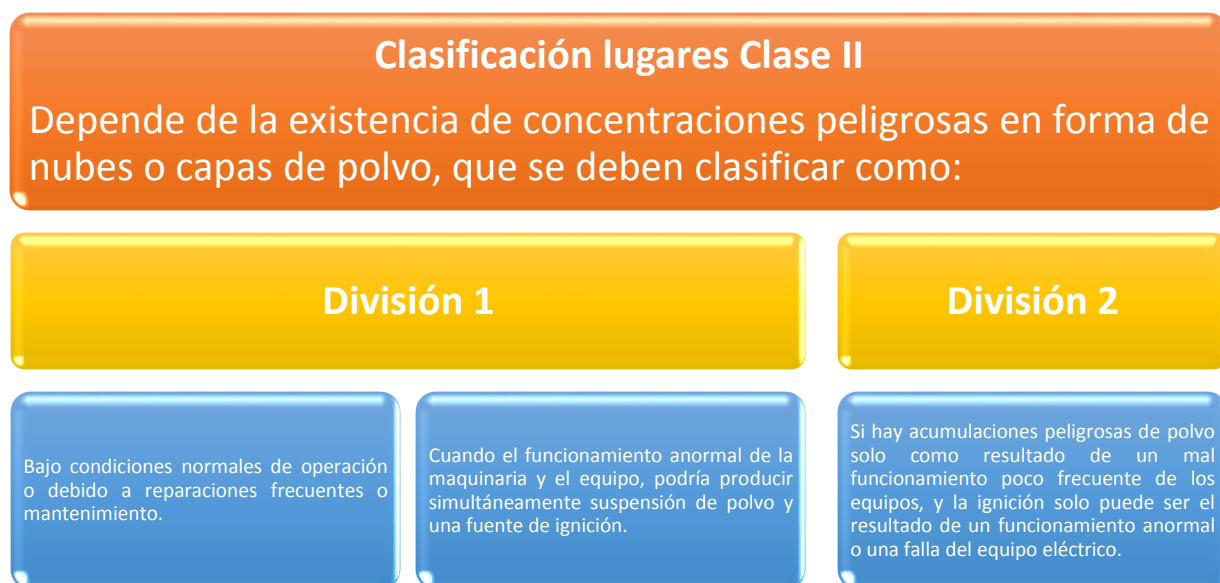


Figura 5. Criterios básicos de clasificación clase II.

La existencia de una nube o capa de polvo inflamable es fundamental para determinar los límites de la ubicación clasificada como peligrosa. Para ello, es importante tener en cuenta la cantidad de polvo, sus propiedades físicas y químicas, así como sus propiedades de dispersión y la ubicación de las paredes y los puntos de corte.

La clasificación del área no es apropiada en las inmediaciones de fuentes de ignición térmica inherentes.

Son fuentes de ignición térmica inherentes, las llamas abiertas y las superficies calientes asociadas con la operación de equipos, tales como calderas y calentadores.

Las operaciones que contienen polvo deben cortarse mediante muros en blanco o ubicarse lejos de fuentes de ignición térmica inherentes.

A su vez, se aconseja evitar la instalación de equipos eléctricos que podrían convertirse en fuentes de ignición primaria por fugas en las líneas de alimentación de combustible, cuando se utiliza carbón pulverizado o desechos sólidos triturados para encender una caldera o un incinerador.

**2.6.1 Consideraciones Clase II, División 1.** Como lo muestra la Figura 5, cuando es probable que haya una nube de polvo combustible dentro de condiciones normales, el área debe clasificarse como División 1.

**2.6.1.1 Espesor de la capa de polvo combustible** Cuando hay presencia de una capa de polvo mayor a 3,0 mm (1/8 pulg.) de espesor bajo condiciones normales, la ubicación debe clasificarse como División 1.

No se admite como condición normal, un diseño que aplique para una situación donde se presente de forma continua un espesor de la capa de concentración de polvo mayor al probado.

Para este tipo de entorno se realiza la prueba ASTM E 2021, método estándar para testear la temperatura de ignición en caliente de las capas de polvo, realizada con una placa calefactora que involucra como mínimo una capa de polvo de 12,7 mm (1/2 pulg.) de la forma del material para verificar la capacidad de un material para absorber calor y perder calor por radiación. A una temperatura superficial dada, una muestra continuará calentándose y permanecerá a esa temperatura o aumentará a su temperatura de ignición. Si el espesor de capa de la forma del material es mayor a 12,7 mm (1/2 pulg.), la prueba ASTM E 2021 se realizaría con este mayor grosor, para determinar la temperatura adecuada (NFPA 499, 2017).

**2.6.1.2 Mantenimiento.** Cuando se involucran acciones de reparación y mantenimiento de forma frecuente, implica que estas actividades son normales. Es decir, el término normal relaciona aquellas situaciones que se realizan frecuentemente, sin limitar su significado únicamente al funcionamiento correcto de todo.

Por ejemplo, si un equipo requiere para su operación mantenimiento habitual, esta situación debe considerarse como normal. Si como consecuencia de las reparaciones, se liberan cantidades de polvo inflamable, el lugar pertenece a la División 1. En caso de cambiar el equipo y no

requerirse de forma frecuente el mantenimiento que se estaba realizando con el anterior, se debe considerar como anormal las operaciones de reparación.

Por ello, la clasificación del área, está relacionada con el mantenimiento del equipo, tanto en procedimientos como frecuencias.

De igual manera, los procedimientos de limpieza buenos y frecuentes o la falta de los mismos, influirán en la clasificación de la ubicación.

**2.6.2 Consideraciones Clase II, División 2.** Como se observa en la Figura 5, el criterio para una ubicación de División 2 se basa en la suspensión de polvo inflamables o acumulaciones de polvo peligrosas solo en condiciones anormales de funcionamiento.

**2.6.2.1 Condición de riesgo para División 2.** Para lugares de la División 2, se considera con mayor vehemencia la generación de condiciones de riesgo, como una chispa o superficie caliente con capacidad de encendido en caso de funcionamiento anormal o falla del equipo eléctrico, con una probabilidad remota de falla simultánea de equipos eléctricos y de los procesos. De lo contrario, las chispas y las superficies calientes están dentro de recintos.

El término anormal se usa en un sentido limitado, haciendo referencia a condiciones poco frecuentes y que no implican una gran catástrofe. Por ejemplo, cuando un equipo libera polvo inflamable únicamente en condiciones anormales, ocasionadas por fugas o algún otro factor, que impide su operación normal; por lo cual, la ubicación califica como División 2.

**2.6.3 Pautas clasificación Clase II** La clasificación de la División 2 es aplicable a condiciones que no involucran falla del equipo, en caso de ser una ubicación adyacente a un lugar clasificado

como División 1, que tiene presencia normal de cantidades de polvo peligrosas, por lo cual se genera un lado o espacio al límite de la división que no es normalmente peligroso.

En la clase II el área no se extiende más allá de la pared, siempre que sea efectiva para evitar el paso de polvo en suspensión o en forma de capa, estableciendo barreras como paredes, puertas cerradas, divisiones livianas o incluso particiones parciales que pueden conformar muros satisfactorios entre ubicaciones de Clase II, División 1 y ubicaciones no clasificadas. En el caso de no existir pared, una ubicación de transición de División 2 circundante separa una ubicación de División 1 de una ubicación no clasificada. Para el Grupo E, la transición circundante es una ubicación adicional de la División 1.

Es importante que dentro de la mina se establezcan las divisiones de cada zona, acorde a la NFPA 499 se recomiendan unos pasos generales, para dicha clasificación, como se listan a continuación:

1. Describir la necesidad de clasificar: El área se debe clasificar si se procesa, manipula o almacena, material combustible.
2. Recopilar información: Se puede hacer una clasificación preliminar del área acorde a los planos, de tal forma que se puedan comprar los equipos e instrumentos eléctricos adecuados. Por lo general, las instalaciones no son construidas exactamente como lo muestran los esquemas; por ello, posteriormente la clasificación del área debe modificarse, según la instalación real. En el caso, de que la ubicación ya exista, se debe revisar el historial de las operaciones y mantenimiento de la zona. La Norma NFPA 499 brinda una serie de preguntas para recolectar información en estas instalaciones.

- ¿Es probable que un polvo esté en suspensión en el aire de manera continua, periódica o intermitente en condiciones normales, en cantidades suficientes para producir una mezcla inflamable?

- ¿Hay capas de polvo o acumulaciones en superficies de más de 3.0 mm (1/8 in)?

- ¿Hay capas de polvo o acumulaciones en las superficies que hacen que los colores del piso o las superficies del equipo sean imperceptibles?

- ¿Cuál es la acumulación de polvo después de 24 horas?

- ¿El equipo está en buenas condiciones, en condiciones cuestionables o necesita reparación?

¿Los recintos de los equipos están en buen estado y previenen la entrada de polvo?

- ¿Las prácticas de mantenimiento resultan en la formación de mezclas inflamables?

- ¿Qué equipo se usa para la recolección de polvo?

Se requiere determinar la densidad del material, estableciendo si al menos la densidad específica del polvo es de  $641 \text{ kg/m}^3$  ( $40 \text{ lb/ft}^3$ ). A su vez, es necesario contar con un plano que muestre los recipientes, tanques, equipos, divisiones y elementos que podrían afectar la dispersión o promover la acumulación de polvo.

En el Anexo B se pueden encontrar diversos polvos combustibles con relación de propiedades específicas. Si el polvo combustible, no se encuentra en una referencia química acreditada o el anexo propuesto, se puede:

- Establecer conexión con el proveedor para clarificar si el material ha sido clasificado en un grupo y tiene una temperatura de auto-ignición.

- Evaluar el material para determinar el grupo y probar para establecer una temperatura de auto-ignición.

3. Seleccionar el diagrama de clasificación adecuado. Se debe tener presente:

- Si el equipo de proceso está abierto o cerrado.
- Si el polvo corresponde al grupo E, F o G.
- Si el área es de almacenamiento.

Por ejemplo, si se considera un área interna, sin restricciones, con equipo de operación abierto o semicerrado de ubicaciones con presencia en la atmosfera de polvos correspondientes al Grupo F o G.

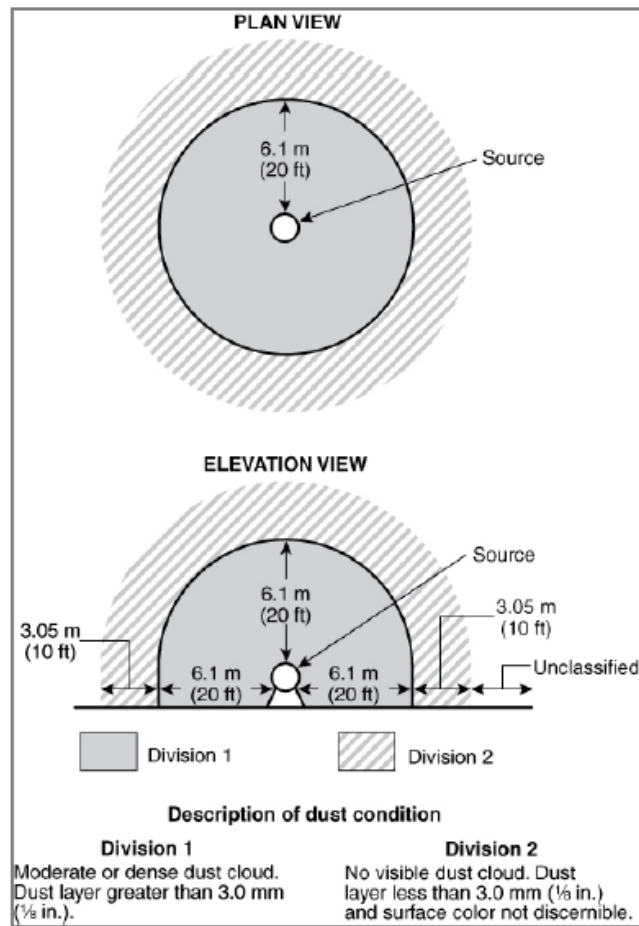


Figura 6. Diagrama para zonas con polvos F o G

Nota. Adaptado de: NFPA 499. (2017). Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.

4. Establecer el alcance de la ubicación clasificada. Por medio de los métodos relacionados en la sección 6.8 de la NFPA 499 se puede determinar la extensión del área clasificada, junto con los respectivos diagramas contenidos en dicha norma.

Para la correspondiente aplicación de los métodos de la sección 6.8 para la extensión de una ubicación clasificada como peligrosa, se requiere analizar de forma detallada los siguientes aspectos:

- Material combustible involucrado
- Densidad aparente del material
- Tamaño de las partículas del material
- Densidad de las partículas
- Presión del proceso o almacenamiento
- Tamaño de la fuente de fuga
- Cantidad liberada
- Sistema de eliminación de polvo
- Gestión de mantenimiento
- Presencia de cualquier mezcla híbrida

Es necesario ubicar las posibles fuentes de fugas dentro del plano o ubicación real, incluyendo todo lo que implique fuga hasta ejes rotativos o reciprocantes, puertas y cubierta del equipo, y demás. Cada fuente debe tener un grado mínimo de clasificación a su alrededor, con el soporte de un equivalente en el esquema de clasificación. La extensión podría ser modificada según:

- Si es probable que ocurra con frecuencia una mezcla inflamable por causa de la reparación, mantenimiento o fuga.

- Si las condiciones de mantenimiento y supervisión permiten que sea probable que ocurran fugas en el equipo, recipientes de almacenamiento y sistemas de tuberías que contienen material combustible.
- La ventilación o viento prevaleciente en el área determinada y las tasas de dispersión de los materiales combustibles.

Una vez que se determina el alcance mínimo, se recomienda usar distintos soportes, para demarcar los límites reales de la clasificación del área. Los puntos de referencia permiten al personal competente, identificar los límites de las zonas clasificadas.

### **3. Caracterización de las instalaciones eléctricas en la minería.**

Cada uno de los métodos de explotación anteriormente descritos, se aplican acorde a las principales características del yacimiento, dadas por la formación del mineral y condiciones geológicas propias de este. Por ello, cuando se puede extraer el recurso mineral del subsuelo, se emplean métodos de explotación minera a cielo abierto, con un sistema de extracción y mecanización específicas. En caso de que las condiciones geológicas no hagan viable la extracción a cielo abierto, se ejecutan métodos de minería subterránea, con los cuales también se deben manejar actividades particulares de ventilación, drenaje, seguridad, alumbrado, entre otros; para garantizar ambientes mineros óptimos, mitigando la generación de polvos y gases que sobrepasen los límites permitidos, con el propósito de mantener las condiciones de seguridad requeridas.

Por ello, aunque existen diversos tipos de explotación, estas se estructuran bajo el sistema de minería a cielo abierto o subterránea, bajo los cuales es importante agrupar las características relevantes propias de las instalaciones eléctricas dentro de esta industria, considerada como ambiente especial.

Con el propósito de establecer las condiciones necesarias para la seguridad de las personas, los animales, las instalaciones y los equipos vinculados dentro del uso de la energía eléctrica dentro de las labores mineras, se consideran las siguientes disposiciones técnicas de las instalaciones eléctricas, para la mitigación de los riesgos, y una operación adecuada de los mismos en las minas, con base en el RETIE vigente, la NTC 2050 y la NORMA TÉCNICA USO DE LA ELECTRICIDAD EN MINAS.

Debido a las características propias de cada explotación (superficie o subterránea) se presentan variaciones en las disposiciones que deben tener algunas instalaciones; así como indicaciones que sobrepasan esta clasificación y deben ser implementadas tanto para minas a cielo abierto como subterráneas, según se muestra a continuación.

### **3.1 Disposiciones generales.**

Toda mina debe evaluarse como instalación especial y contar con los planos o esquemas que brinde información actualizada del sistema eléctrico, disponible ante la autoridad competente, para ayudar al desarrollo de las operaciones donde se use electricidad. A su vez, la mina debe tener manuales internos de procedimientos en relación con la operación y mantenimiento del sistema.

La operación y control del equipo eléctrico estará a cargo exclusivamente del personal calificado en electricidad, quienes podrá realizar las reparaciones, ampliaciones y cambios en las instalaciones eléctricas, las cuales deben ser registrado en los planos o diagramas.

**3.1.1 Instalaciones temporales** En el punto de suministro de toda instalación temporal se deben instalar interruptores. Considerando como instalaciones temporales aquellas destinadas para la reparación y mantenimiento de equipos, estructuras o traslado de equipos durante periodos cortos. Estas instalaciones deben ser retiradas tan pronto se finalicen las labores.

Las instalaciones deben estar preparadas acorde a los requerimientos especiales, en caso de no cumplir con las condiciones de uso, solamente podrán ser utilizadas mientras haya una emergencia, cuando esté involucrada la seguridad de la mina o peligre la vida, se instalan barreras adecuadas y avisos de advertencias, y se brinde supervisión calificada.

**3.1.2 Instalaciones fuera de servicio** Toda instalación dañada o fuera de servicio debe ser desconectada de su fuente de alimentación. El cable dejado en la ubicación tendrá las puntas aisladas y protegidas, si esta defectuoso debe ser retirado. Cada línea aérea fuera de servicio deberá ser desconectada de su fuente de alimentación, aislada y puesta a tierra.

En el caso de que una mina deje de funcionar o sea abandonada, se deben tomar las precauciones requeridas para evitar tener circuitos energizados que representen riesgo para las personas.

**3.1.3 Trabajos sobre equipos con tensión** Las modificaciones o reparaciones no podrán realizarse sobre equipos con tensión. Sin embargo, en caso de requerirse ajustes y calibraciones mientras el equipo tiene tensión, se deberán tomar todas las precauciones suficientes para operar de manera segura.

**3.1.4 Bloqueo y etiquetado de interruptores** Cada circuito eléctrico cuenta con un sistema de etiquetado y bloqueo de los medios de desconexión. Mientras se realicen trabajos en el equipo, los medios de desconexión estarán bloqueados y etiquetados en la posición abierta. Si la tensión a tierra es igual o menor de 150 V o el interruptor automático o los fusibles no están equipados con medios de bloqueo, se podrá omitir el dispositivo de bloqueo.

Las etiquetadas ubicadas sobre los equipos o maquinas deben ser de material no conductivo.

**3.1.5 Extintores** Toda ubicación con equipo eléctrico debe tener al menos un extintor, el cual deberá tener las siguientes características:

- Aprobado para uso en fuego de origen eléctrico;
- Dimensionado según el tamaño y tipo de equipo;
- Ubicado en la salida del área; y,
- Debe estar siempre en condiciones operativas.

### **3.1.6 Métodos de cableado**

**3.1.6.1 Cables** No deben ser pintadas las cubiertas de los cables, pero pueden tener capas adicionales de protección contra el fuego.

**3.1.6.2 Cables portátiles de potencia** Los cables portátiles de potencia con tensiones que exceden los 300 V, deben ser fabricados acordes a la norma NEMA No WC-58 o similar. A su vez, aquellos cables portátiles de potencia que operan a tensiones mayores de 750 V serán tipo

SHD, SHD-GC o similares, aislados por lo menos para 25000 V. Estos cables deben ser a prueba de fuego e incluir esta característica en el respectivo rotulado.

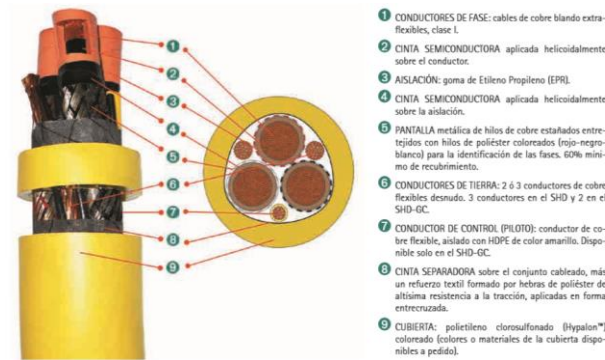


Figura 7. Cable SHD-GC

Nota. Adaptado de. General Cable (s.f.) Productos Minería Recuperado de: <https://cdn.generalcable.com/assets/documents/LATAM%20Documents/Ecuador%20Site/Productos/Mineria/SHD-SHD-GC.pdf?ext=.pdf>

**3.1.6.3 Separación de seccionadores** Se dispondrán de medios para identificar los grupos de seccionadores que serán instalados uno al lado del otro, con el fin de evitar que los seccionadores de diferentes circuitos sean abiertos.



Figura 8. Seccionador

Nota. Adaptado de: Weidmueller (s.f.) recuperado de: <http://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=es&ObjectID=group15980604740641>

**3.1.6.4 Suministro de corriente alterna a equipo eléctricos móviles** Debe tener una protección de falla a tierra y un sistema de monitoreo del conductor de tierra, la alimentación eléctrica a un equipo eléctrico móvil.

**3.1.6.5 Cableado en polvorines** Para instalar un equipo eléctrico en áreas de almacenamiento de explosivo, detonadores o con presencia de gases o vapores explosivos, la zona debe cumplir con los requisitos de lugares Clase II, División 2, de la NFPA 70 o IEC.

Los polvorines deben estar situados como mínimo a 60 m de las líneas eléctricas aéreas y 100 m de subestaciones eléctricas. En caso de contar con líneas eléctricas aéreas que alimenten polvorines, deben estar protegidas contra descargas atmosféricas.



*Figura 9. Polvorín*

Nota. Adaptado de. Grupo JRL (2016) Explosivos Inscripción y habilitación ante el ANMAC Recuperado de: <https://www.grupo-jrl.com/single-post/2016/12/19/Explosivos-Inscripción-y-Habilitación-ante-el-ANMAC>

**3.1.6.5.1 Líneas aéreas de alimentación** La instalación de las redes aéreas debe llevarse a cabo según las distancias de seguridad del Artículo 13 de RETIE vigente, incrementadas según las alturas máximas posibles. Así mismo, ningún material o equipo debe estar almacenado dentro de

los 3 m de cualquier punto directo debajo de una línea de alimentación eléctrica o una parte energizada expuesta a una tensión menor o igual a 5 kV. Por otra parte, ningún equipo puede ubicarse en un área de 15 m si la tensión de una parte energizada supera los 5 kV o se encuentra debajo de una línea de alimentación eléctrica.

### 3.1.7 Instalación de equipos

**3.1.7.1 Medios de desconexión del tipo apertura visible** Se instalarán medios de desconexión del tipo de apertura visible u otros que indiquen que los contactos estén abiertos cuando los circuitos estén operando a tensiones superiores a 300 V, ubicados cerca del punto de suministro. Si existen las medidas para asegurar que todas las fases están abiertas, se permite instalar interruptores automáticos de caja moldeada sin apertura visible.



Figura 10. Medios de desconexión del tipo apertura visible

Nota. Adaptado de: Literatura (s.f.) Recuperado de: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/194r-br001\\_-es-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/194r-br001_-es-p.pdf)

**3.1.7.2 Equipos móviles** Aquellos equipos que operan a tensiones superior a los 300 V y se encuentran conectados a una fuente de tensión con un cable portátil de potencia deben:

- Emplear cables portátiles de potencia según la norma NEMA No WC 58, de los tipos SHC-GC, SHD-GC o similares.
- Tener protección de falla a tierra y un monitoreo del conductor de tierra en el lado de la fuente, o conectar el equipo movable a la red de tierra utilizando un conductor externo de capacidad equivalente a los conductores de tierra del cable portátil de potencia; y
- Donde sea posible, no tener tensiones de falla a tierra que superiores a los 100 V.

**3.1.7.3 Acopladores de cables** Los acopladores usados para unir cables portátiles de potencia que trabajen con tensiones superiores a los 300 V deben tener:

- Un dispositivo de sujetamiento mecánico, para unir el acoplador con una resistencia a la tracción mayor que los cables portátiles de potencia,
- Dispositivos liberadores de esfuerzo adecuados para el cable portátil,
- Medios para prevenir el ingreso de humedad, y
- Una disposición de pines de tal forma que: el pin del conductor de tierra cierre antes y abra después que los pines de los conductores de fase, y el pin de monitoreo de la línea de tierra cierre después y abra antes que los pines de los conductores de fases.

**3.1.7.4 Sistemas de bandas transportadoras** Cuando una zona cuenta con una banda transportadora accionada eléctricamente se deberá tener un cordón de seguridad a lo largo de esta, de tal forma que suspenda la banda en situación de emergencia.

Si la banda está ubicada en una mina subterránea o cuenta con más de 15 m de longitud dentro de un edificio o estructura cerrada, debe contar con un dispositivo de detección para frenar el motor en el caso de obstrucción o desvío de la banda.

Si el arranque de la banda es automático o parte de esta no es visible para el personal a cargo, debe tener un dispositivo de alarma previo al arranque.



Figura 11. Bandas transportadoras

Nota. Adaptado de: Eym productos técnicos (s.f.) tipos y usos de bandas transportadoras <http://www.eymproductostecnicos.com/tipos-y-usos-de-bandas-transportadoras>

### 3.1.8 Puesta a tierra

**3.1.8.1 Dispositivos de puesta a tierra del neutro** Estos dispositivos deben: estar dimensionados para funcionamiento continuo, excepto cuando se cuenta con un dispositivo de disparo de falla a tierra, realizar monitores para que desenergice la fuente si este equipo se abre y estén conectados lo más cerca posible al neutro de la fuente.

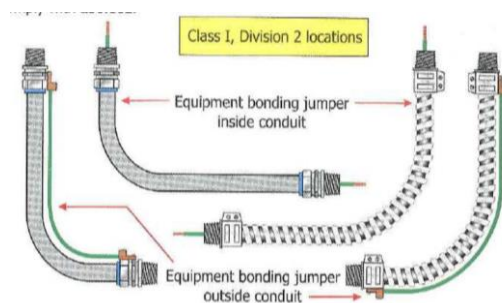


Figura 12. Puesta a tierra

Nota. Adaptado de: IEEE (2016) Instalaciones especiales peligrosas Recuperado de: [http://sites.ieee.org/panama/files/2016/08/NEC\\_2014\\_InstalacionesEspecialesPeligrosas.pdf](http://sites.ieee.org/panama/files/2016/08/NEC_2014_InstalacionesEspecialesPeligrosas.pdf)

**3.1.8.2 *Indicación de falla a tierra*** Si hay existencia de sistemas no puestos a tierra se establecerá un dispositivo indicador de falla a tierra, por medio de una protección de cortocircuito y medios de desconexión como un interruptor de uso general. Cuando haya una falla a tierra, esta debe ser investigada y eliminada de forma rápida.

En caso de hacer uso de alarmas visibles y audibles para evidenciar una falla, la alarma visible debe ser continua hasta eliminar la falla, por su parte, la alarma audible puede ser desconectada dejando únicamente la visible.

**3.1.9 *Protección contra descargas atmosféricas*** Dentro de los lugares que se requiera, se hará uso de equipos para protección contra descargas atmosféricas que incluyen pararrayos, condensadores de protección contra sobretensiones transitorias, explosores de protección de alta velocidad, líneas de guarda, estructuras de guarda y pararrayos de varilla.

**3.1.9.1 *Líneas aéreas*** Cuando las líneas aéreas alimenten equipos de cielo abierto, se llevará a cabo la instalación de pararrayos o condensadores de protección contra sobretensión transitoria en los puntos de conexión. En las labores subterráneas, se instalarán los equipos de protección cuando los alimentadores estén conectados a una línea aéreas que exceda los 90 m de longitud.

**3.1.9.2 *Líneas de guarda o estructuras*** Las estructuras como castillos de pique, tuberías de servicio, carriles, cables u otra parte metálica que no hace parte del sistema de conducción eléctrica de una mina, ubicadas en zonas expuestas a ser cargadas por rayos, serán protegidas por líneas de guarda o sistema de puesta a tierra con tomas de tierra de muy baja resistencia, así como pararrayos.

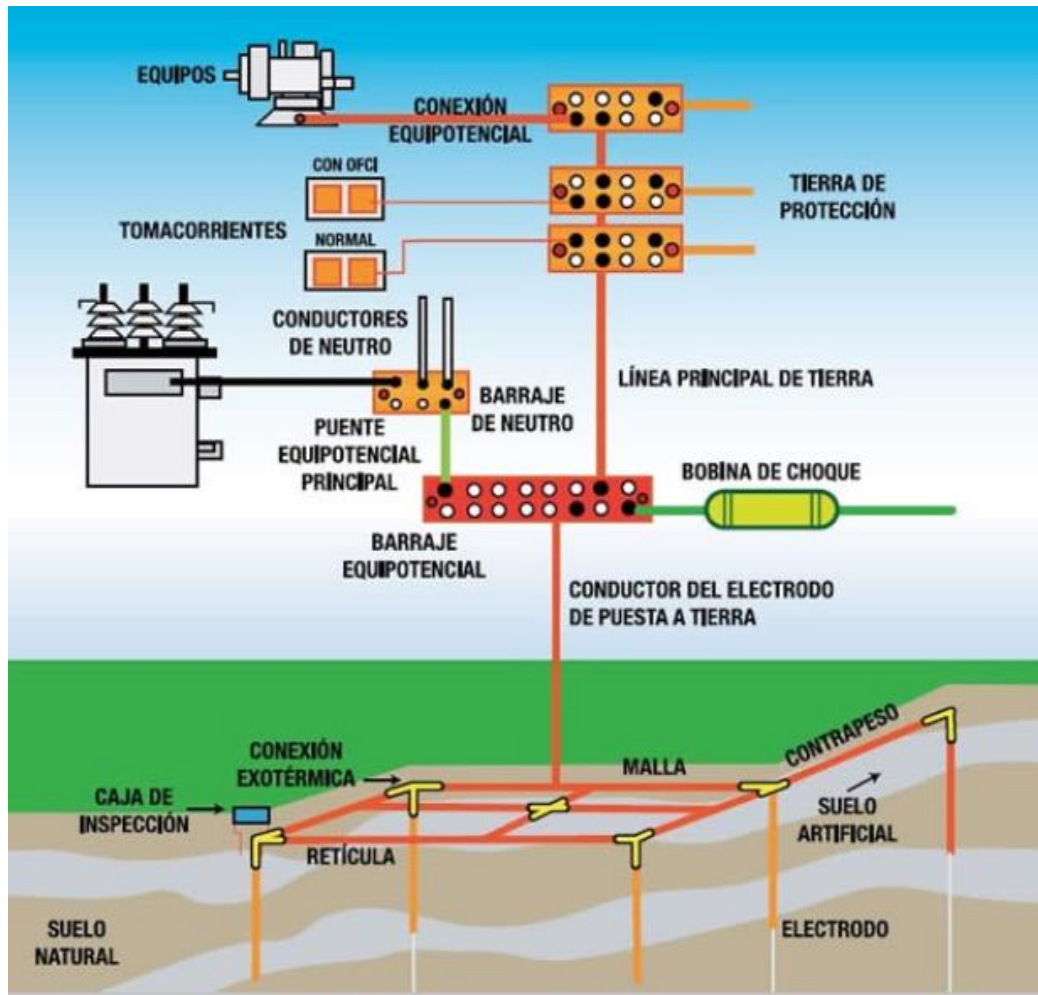


Figura 13. Sistema de puesta a tierra

Nota. Adaptado de: Farafauss (s.f.) sistemas de tierras físicas Recuperado de: <http://www.faragauss.mx/quienes-somos/sistemas-de-tierras-fisicas>

### 3.2 Minas de superficie

**3.2.1 Lugares con equipo eléctrico** En las ubicaciones con equipos eléctricos se debe asegurar la protección contra el ingreso de polvo y agua, propagación del fuego y atmosferas corrosivas. Se requiere mantener una adecuada ventilación de estos lugares para que los equipos estén a temperaturas seguras. Estos lugares requieren un adecuado sistema de alarma contra incendio.

**3.2.1.1 Iluminación** Se requiere que la iluminación tenga magnitud suficiente para que se pueda distinguir claramente los instrumentos y de etiquetas de todos los equipos. Estos lugares deben contar con un sistema de alumbrado de sistema en el caso de que implique un riesgo para el personal por causa de una falla del sistema en el sistema de alumbrado.

**3.2.2 Líneas aéreas de alimentación** Los medios de desconexión deben instalarse lo más cerca posible al punto de inicio de cada circuito derivado de la línea de alimentación. Estos medios serán diseñados de tal forma que puedan identificarse que están abiertos mediante observación.

Antes de realizar alguna labor sobre una línea de alimentación esta debe ser desenergizada y puesta a tierra, este proceso debe ser verificado por personal competente.

### **3.2.3 Equipos eléctricos móviles**

**3.2.3.1 Caseta de interruptores móviles** Esta estructura debe ser apta para el movimiento rugoso o disponible para permitir su transporte con otro medio. Esta caseta debe incluir:

- Medios de desconexión: Operados de forma manual, trifásico, agrupados, del tipo hoja visible, a excepción de los lugares donde se utilicen equipos de interrupción extraíbles.
- Interruptor: Con adecuada capacidad de interrupción para brindar protección contra cortocircuitos, sobrecargas y fallas a tierra.
- Dispositivos de control: Aquellos dispositivos de control que necesiten ajustes deben estar fuera de la zona de alta tensión de la cubierta de la caseta de interruptores.

**3.2.3.2 Subestaciones móviles** El conjunto de equipos eléctricos situados en una estructura móvil conformando la subestación móvil deben cumplir con una estructura adecuada que permita su movimiento a través de un medio de transporte. El transformador de potencia y demás componentes estarán al interior de una cubierta completamente cerrada o dentro de un cerco de malla entrelazada o un equivalente con al menos una altura de 2 metros por encima de la plataforma; estos equipos deben estar ubicados a una distancia segura de cualquier parte energizada.

La subestación debe contar con un dispositivo de puesta a tierra del neutro que debe ser instalado tan cerca como sea práctico al neutro del transformador. En caso del que el cable de conexión entre el neutro de transformador y el dispositivo de puesta a tierra supere los 2 metros de longitud, debe ser protegido por elevación o por una cubierta. El diseño e instalación del sistema de puesta a tierra debe evitar la transferencia de potenciales superiores a los 100 V desde el sistema de puesta a tierra de la subestación a cualquier equipo móvil.



*Figura 14.* Subestación móvil

Nota. Adaptado de RHNA (s.f.) Subestacion móvil Recuperado de: <https://www.rhona.cl/seccion/36/subestacion-movil.html>

### 3.2.3.3 Cables de arrastre

3.2.3.3.1 Accesorios: Los cables deben entrar a los compartimientos eléctricos, carcasas metálicas de motores y cajas de empalmes únicamente por medio de accesorios adecuados. Los cables estarán asegurados a las máquinas para protegerlos de daño y evitar esfuerzos mecánicos sobre las conexiones eléctricas.



Figura 15. Accesorios para cables de arrastre

Nota. Adaptado de. Promelsa [http://www.promelsa.com.pe/pdf/foll\\_cooper\\_fitins.pdf](http://www.promelsa.com.pe/pdf/foll_cooper_fitins.pdf)

### 3.2.3.3.2 Empalmes permanentes:

- Fuertes mecánicamente con apropiada conductividad eléctrica.
- Aislados y sellados para evitar la humedad

- Testeados por continuidad y aislamiento antes de ser usados.

3.2.3.3.3 Protección: Se requiere seleccionar una ruta y mantener visibles los cables de arrastre con marcadores adecuados para prevenir su daño. Los acopladores estarán elevados a cierta altura, no deben ubicarse de forma directa sobre el piso de tierra. Si hay equipos que pasan sobre los cables o estos cruzan vías de transporte, estos deben ser protegidos.

3.2.3.3.4 Identificación: Cada terminal de cable debe estar identificado en el lado de alimentación con respecto al equipo al que se conecta.

3.2.3.3.5 Desconexión: Los acopladores no se desconectarán o conectarán mientras estén energizados. La fuente de potencia no debe ser aislada con los circuitos de chequeo de tierra.

**3.2.3.4 Iluminación de emergencia** Todos los lugares con equipos deberán tener alumbrado de emergencia con el propósito de proveer una salida segura a todo el personal, en caso de falla o interrupción de la energía normal.

Las luminarias a utilizar para este sistema de emergencia deben ser especiales para zonas peligrosas debido a la presencia de polvos combustibles, gases o vapores inflamables. Por lo cual deben:

- Estar aprobadas para ser empleadas en ambientes especiales.
- Tener un diseño compacto y peso ligero para su sencilla instalación.
- Incluir una conexión de tierra para seguridad.

Con material estándar:

- Aluminio libre de cobre para caja de conexiones, balastro, tapas en los extremos.
- Vidrio resistente al calor en el tubo de lámpara
- Guardas de acero inoxidable o material de policarbonato transparente.
- Aluminio para reflectores.



*Figura 16.* Luminarias Incandescentes a Prueba de Vapores

Nota. Adaptado de: Crouse Indslatam (s.f.) Información general oferta Copper Minería  
Recuperado de: [http://www.crouse-indslatam.com/uploads/pdfs/products/families/INFORMACION\\_GENERAL\\_OFERTA\\_COPPER\\_MINERIA.pdf](http://www.crouse-indslatam.com/uploads/pdfs/products/families/INFORMACION_GENERAL_OFERTA_COPPER_MINERIA.pdf)

### **3.3 Minas subterráneas**

Adicional a las disposiciones generales, las instalaciones eléctricas en las minas subterráneas deben tener en consideración lo siguiente:

### 3.3.1 Métodos de cableado

**3.3.1.1 Conductores** Los conductores, cables o cables portátiles de potencia que alimentan equipos fijos con tensiones a tierra por encima de los 150 V estarán protegidos por tubos rígidos, armaduras u otros medios mecánicos similares.

**3.3.1.2 Marcado de las cubiertas** Los cables portátiles de potencia deben tener en el marcado de sus cubiertas, al menos: el nombre del fabricante, tipo de denominación, calibre del conductor, tensión nominal, año de fabricación, y si son a prueba de flama.

Todo cable instalado en una vía de escape o pique de mina no será propagador de flama y deberá poseer una emisión de humos baja.

**3.3.1.3 Empalmes** En el caso de utilizar empalmes en conductores o cables dentro de un pique o chimeneas auxiliares a tensiones a tierra que superan los 750 V; el empalme deberá tener características eléctricas y mecánicas equivalentes a las del cable, realizado con la supervisión de personal competente y poseer un aislamiento igual o superior que el cable original, sellado para evitar la humedad.

#### 3.3.1.4 Cajas de empalmes

- En circuitos que excedan los 750 V la caja de empalmes debe estar al menos a 3 m del pique.
- Una caja de empalmes para circuitos con tensión igual o inferior a 750 V debe cumplir los requisitos del tipo IP68.

- Se puede instalar una cubierta metálica en una mina subterránea, excepto si se trata de un pique o vía de escape, si el material de la cubierta no es propagador de flama.

Las cajas de conexiones están diseñadas para el montaje superficial, utilizadas para realizar empalmes y derivaciones de los conductores en áreas peligrosas. Se considera como material idóneo para estas cajas el aluminio libre de cobre, con empaque de neopreno y cavados en pintura electrostática.



*Figura 17.* Caja de conexiones para áreas peligrosas

Nota. Adaptado de: Crouse Indslatam (s.f.) Catalogo productos Copper Industriars Minería  
Recuperado de: [http://www.crouse-hindslatam.com/uploads/pdfs/products/families/CATALOGO\\_PRODUCTOS\\_COPPER\\_INDUSTRIES\\_MINERIA.pdf](http://www.crouse-hindslatam.com/uploads/pdfs/products/families/CATALOGO_PRODUCTOS_COPPER_INDUSTRIES_MINERIA.pdf)

### 3.3.2 Instalaciones de transformadores y capacitores



*Figura 18.* Transformador

Fohama (s.f.) Folleto minería Recuperado de: <http://www.fohama.com.ar/pdf/Folleto-Mineria.pdf>

**3.3.2.1 Transformadores subterráneos – Generalidades** Cuando se instala un transformador en una mina subterránea este debe ser protegido contra daño físico y evitar el acceso a personal no competente. A su vez un transformador debe estar separado de los almacenes de explosivo:

- Si el transformador es mayor a 5 kVA debe localizarse por lo menos a una distancia de 15 m de roca sólida o al menos 60 m en caso de un espacio abierto.
- En el caso de un transformador de 5 kVA o menos, el transformador estará por lo menos a 15 m.

El transformador debe contar con los espacios requeridos para las respectivas inspecciones, reparaciones; así como la adecuación acorde a la temperatura ambiente.

Con el propósito de evitar el esparcimiento de fuego el equipo debe estar sobre una base aprueba de fuego, y no se debe utilizar en lugares donde haya riesgo de inundación.

**3.3.2.2 Transformadores de superficie – punto de inflamación menor que 300°C** Cuando el líquido que contiene un transformador posee un punto de inflamación inferior de 300°C, localizado en la entrada o una vía de escape de una mina subterránea se deberá:

- Ubicar al menos a 15 m de distancia de estructuras tales como castillo del pique, de la casa de wincha, de la bocamina o edificio combustible cerca de estas.
- Situar el transformador sobre un piso no combustible diseñado especialmente para contener el líquido del transformador y disminuir el riesgo de derrames que ingresen a la mina.
- Es posible localizar el transformador al lado de un edificio aprueba de llamas, sino hay aberturas en la parte del edificio cerca al transformador por medio de las cuales pueda pasar humo o calor al edificio.

Se debe ventilar adecuadamente el área para mantener el enfriamiento del equipo y evitar cualquier derrame o inundación.

**3.3.2.3 Transformadores subterráneos – punto de inflamación mayor que 300°C** Al contener un transformador un líquido con punto de inflamación mayor que 300°C deberá tener medios de remoción de los gases peligrosos que pueden producirse dentro del transformador. Se requiere certificación de ausencia de PCB's.

**3.3.2.4 Transformadores subterráneos – rellenos con nitrógeno o del tipo seco.** Al instalar un transformador de este tipo se debe contar con materiales aislantes superiores o iguales que la clase H según la IEC 85. Si el transformador es superior a 5 kVA debe estar ubicado por lo menos a 3 m del pique o vía de transporte de la mina.

**3.3.2.5 Capacitores** Los capacitores que contienen líquidos inflamables deben instalarse previendo evitar derrames o goteos. No se utilizará capacitores que contengan PCB's.

**3.3.3 Cuadros de distribución y equipos de interrupción.** Estos equipos deben estar separados de las áreas de almacenamiento de explosivos al menos 15 m de las áreas de trabajo; asegurando espacios para su posterior reparación y mantenimiento, así como protección contra daños físicos y sobre bases resistentes al fuego evitando la propagación de fuego.

**3.3.4 Instalación de baterías de acumuladores.** Estas baterías se deben ubicar de tal forma que no se presenten daños por equipos móviles. Se debe proveer una adecuada ventilación para asegurar la difusión de los gases peligrosos. De igual forma los equipos eléctricos deben estar encerrados en cubiertas apropiadas para disminuir la posibilidad de incendios.

Toda estación de carga de batería debe contar con un extintor para combatir los fuegos de origen eléctricos. En caso de requerir realizar reparaciones de la batería se deben tomar todas las precauciones para asegurar la disipación de gases inflamables. Antes de desechar una batería de acumuladores el electrolito debe ser removido y neutralizado.

**3.3.5 Puesta a tierra** El circuito de puesta a tierra debe consistir por lo menos de un conductor de cobre interconectado y único con las partes del sistema eléctrico o un medio igualmente efectivo.

### 3.3.6 Sistema de comunicación

**3.3.6.1 Sistema de comunicación por voz:** Este no debe tener una tensión mayor a los 50 V a excepción del circuito de timbrado de un teléfono.

Todo circuito de un sistema de comunicación que va desde la mina subterránea hasta la superficie debe tener equipo de protección contra descargas atmosféricas, puesto a tierra de forma adecuada. Se debe tomar toda medida preventiva que evite que los conductores telefónicos no sean energizados por otros conductores eléctricos.

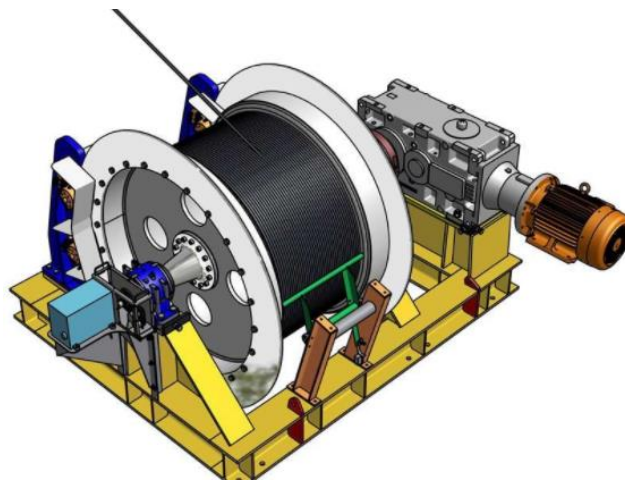
**3.3.6.2 Sistema de llamado para jaula:** Este no debe funcionar a una tensión que sobre pase los 150 V.

**3.3.6.3 Sistemas de señales del pique:** Con el fin de controlar la wincha se debe instalar un sistema de señalización entre el operador que atiende la jaula y el operador de la wincha. El control de la señal de movimiento de la jaula estará diseñado para la acción exclusiva para el operador, de tal forma que funcionen sin exceder los 150 V; alimentado desde un transformador que no estará conectado a otra carga. El sistema de señalización podrá proveer señales audibles y claras instalado en cada nivel de trabajo, plataforma de descanso u otra ubicación que sea necesario.

**3.3.7 Winchas de mina** Cada wincha de mina debe contar con dispositivos y circuitos de protección como los siguientes:

- Cada freno de wincha tendrá un dispositivo que brinde indicaciones cuando se requieran realizar ajustes por desgastes u aflojamiento, o se impida el arranque de la wincha.

- Se dispondrá de uno o varios frenos para aplicación automática en caso de emergencia.
- Los dispositivos y circuitos de protección permiten dar control de los circuitos de fuerza de los frenos para que la wincha y lo que se transporta frenen bajo condiciones de carga, dirección y velocidad seguras.
- El diseño de los circuitos de protección debe brindar seguridad aun en caso de falla; ser instalados y mantenidos de tal forma que en todo momento proporcionen una protección efectiva; y funcionando a una tensión inferior a los 150 V.



*Figura 19.* Wincha

Nota. Adaptado de: Neumann equipment (s.f.) Mining and industrial Recuperado de: <http://neumannequipment.com.au/products/mining-and-industrial/man-riding-winch-and-mine-winding-winch>

Toda wincha debe tener un dispositivo de retroceso operable de forma manual con el fin de permitir el movimiento en sentido contrario de la wincha para casos de sobre enrollamiento o subenrollamiento evitando operar la wincha en una dirección errónea.

Se debe proveer un indicador de profundidad para mostrar en cualquier momento de forma precisa al operador de la wincha la posición de la jaula y cualquier parte del pique donde se requiera un cambio de velocidad.

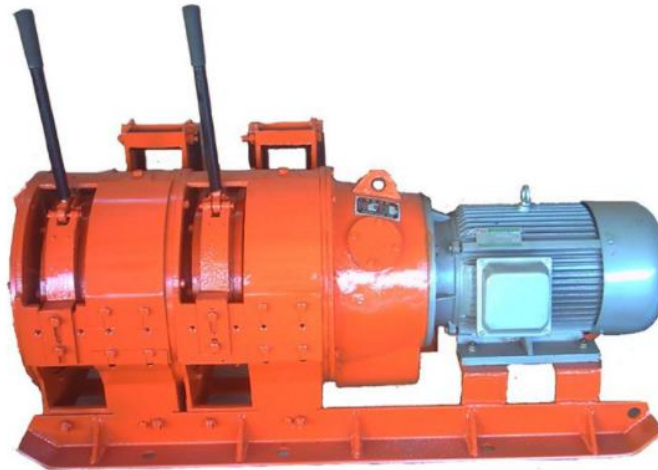


Figura 20. Wincha de doble tabor (*Winch double drum*)

Nota. Adaptado de: China co alintl (s.f.) Double Drum Horizontal Electric Mining Scraper Winch for Pulling Recuperado de: <http://chinacoalintl.en.made-in-china.com/productimage/nSUMMrzdspRW-2f1j00MsbtzfWEJZrc/China-2jpb-30-Double-Drum-Horizontal-Electric-Mining-Scraper-Winch-for-Pulling.html>

**3.3.7.1 Winchas de fricción** Toda wincha eléctrica de fricción debe tener un dispositivo para detener la tambora en caso de emergencia al ocurrir un deslizamiento entre la tambora y el cable, así como con la jaula o contrapeso atascado en el pique o al final del recorrido. En caso de que la wincha tenga cables de cola debe tener un dispositivo para comenzar una parada de emergencia en situación de movimiento anormal del lazo del cable. Si un deslizamiento altera la posición de los dispositivos de seguridad estos deben ser ajustados para operar sincronizadamente. Estos ajustes se llevarán a cabo únicamente cuando la wincha este en reposo y aplicado los frenos.



Figura 21. Wincha de fricción (*Winch friction*)

Nota. Adaptado de: Ellen winches (s.f) recuperado de: <http://ellsenwinches.com/12-tons-winch/>

### 3.3.8 Transporte

**3.3.8.1 Equipo de advertencia** Las locomotoras contarán con faros permanentemente energizados si el interruptor este encendido, las locomotoras con fusibles tendrán faros energizados mientras exista contacto entre la pértiga de trole o con la línea de trole. Este equipo debe contar con dispositivos de alarma con la capacidad de ser escuchado a una distancia de 60 m. Cuando la locomotora este en movimiento debe emitir una luz en la dirección del viaje para orientar a las personas y objetos a una distancia de 30 m la dirección en la que se mueve la locomotora.

**3.3.8.2 Conductores de trole** El conductor utilizado en sistemas de tracción de trole debe tener una resistencia a la tracción mayor que la sección de 50 mm<sup>2</sup>, sólido y de cobre estirado duro. Los extremos de los conductores terminaran en aisladores que soporten tracción. Siempre que los cables de fuente y retorno sean aislados los conductores de troles se pueden alimentar por fuentes

ubicadas en otros niveles. En ningún punto de contacto entre los conductores de troles y los rieles la tensión debe caer por debajo del 30% de la tensión nominal.

A excepción del conductor de troles, todo conductor estará a 300 mm encima de los carros y locomotoras de mina.

En caso de que una locomotora a trole transporte explosivos en una mina, el carro que los contiene debe ser protegido del contacto con el conductor de trole y demás peligros.



*Figura 22.* Trole

Nota. Adaptado de: Clayton equipment (s.f.) locomotives Recuperado de: <http://claytonequipment.co.uk/locomotives/trolley/>

**3.3.8.3 Rieles de transporte** Los dos rieles de un sistema de tracción por trole con retorno por riel deben contar con cables de enlace equipotencial cerca de los sapos, cambiadores de vías u otra discontinuidad del sistema. Los enlaces deben cruzar entre rieles a intervalos de 60 m para asegurar la continuidad del conductor de retorno.

**3.3.9 Equipo eléctrico móvil sin rieles** Aplica para el equipo eléctrico alimentado por corriente alterna superior a los 300 V.

Un transformador que alimenta a un equipo eléctrico móvil tendrá un valor nominal mínimo del 125% del máximo valor nominal en kVA del equipo eléctrico móvil y contará con dispositivos de apertura con carga en el secundario del transformador que alimente el equipo móvil. Los cables portátiles de potencia empleados para alimentar los equipos deben cumplir lo establecido en la NEMA WC 58.

Estos equipos tendrán conectores de entrada del cable para evitar el ingreso de agua, polvo y de otras condiciones ambientales a la caja de interruptores y de empalme; a su vez estos conectores de entrada del cable y terminales deben ser capaces de no ser afectados por la operación normal del equipo móvil.

Estas consideraciones relacionadas previamente para el uso de la energía eléctrica en la minería de superficie y subterránea, busca promover condiciones de seguridad a través de la tecnificación de su uso en la actividad minera. Se deben aplicar estas condiciones para las instalaciones eléctricas promoviendo de esta forma la prevención de riesgos, así como una operación adecuada dentro de la mina.

#### **4. Identificación de los riesgos eléctricos en la minería**

En la medida en que el uso de la electricidad se incrementa como un insumo necesario para la realización de procesos industriales, en los cuales se implementa diferentes tipos de uso, se hace

más frecuente la ocurrencia de accidentes de origen eléctrico en los procesos de distribución y utilización de la misma.

En los procesos industriales, la energía eléctrica requiere de instalaciones de seguridad, que representan riesgos altos por los ambientes húmedos o explosivos, en los que se deben emplear criterios de ambientes especiales, según lo referido por las normas establecidas, y la selección tanto de equipos como de materiales que deben cumplir dichos requisitos los riesgos eléctricos deben ser evaluados por criterios objetivos que permitan valorar el grado de peligrosidad y la selección de medidas preventivas. (CREG, 1998).

Como sector objetivo de estudio, el proceso minero hace uso de la electricidad para llevar a cabo sus actividades, y a su vez, se encuentra vinculado con ambientes especiales, por la presencia de diferentes tipos de sustancias inflamables o combustibles en la atmosfera que representan riesgos en las minas, por lo cual se deben implementar medidas de seguridad adecuadas, con el fin de mitigar los riesgos y llevar a cabo un apropiado desarrollo de las actividades, funcionamiento y mantenimiento de los equipos dentro de la industria minera.

Los riesgos específicos asociados con instalaciones eléctricas están ligados a los factores de riesgo presentes en el área a evaluar, que se deben establecer acorde con las explosiones potenciales o reales, en aquellos lugares donde puede existir riesgo de incendio o explosión debido a la presencia de sustancias inflamables. Para el caso de las minas se considera especialmente las explosiones de polvo combustible, ya que es el principal componente.

Los riesgos asociados con instalaciones eléctricas en áreas clasificadas se centran específicamente en riesgos de incendio o explosión. Las explosiones debidas a la presencia de polvos combustibles, fibras o partículas combustibles requieren de cuatro componentes adicionales para que la explosión se lleve a cabo, los componentes adicionales son: oxígeno,

confinamiento sustancias combustibles, dispersión y una fuente de ignición, que puede provenir de las instalaciones eléctricas presentes en las áreas peligrosas.

En lugares clasificados como peligrosos se debe tener principal cuidado en los riesgos que están asociados con las instalaciones eléctricas en cada una de las zonas previamente clasificadas, como por ejemplo un lugar Clase II, esto implica que tres de los cinco elementos necesarios para que exista una explosión de polvo ya están o pueden estar presentes en el lugar, estos tres componentes son:

- Sustancias combustibles.
  - Polvos combustibles.
  - Fibras o partículas combustibles.
- Confinamiento de las sustancias combustibles.
- Dispersión.

Adicional a los factores de riesgo eléctrico más comunes mencionados en la Tabla 9.5 del Artículo 9.3 del RETIE, existen otros factores de riesgo específicos asociados a instalaciones eléctricas en minas como las superficies calientes, se debe evitar su presencia en las áreas clasificadas, ya que pueden entrar en contacto con cualquiera de las sustancias presentes y causar explosión. Así como los atascos de los sistemas de control, o la generación de arcos, chispas o calor producidos por equipos eléctricos que pueden ser origen de un incendio. A su vez, la acumulación de cargas eléctricas que crean electricidad estática, debe neutralizarse a través de puesta a tierra, porque pueden generar una descarga eléctrica que puede convertirse en una fuente de ignición.

En los ambientes especiales de la mina, además de las capas de polvo combustibles, también se pueden generar explosiones por la acumulación de sustancias inherentes al proceso de extracción

que pueden causar explosiones que, junto con el oxígeno, solo requieren una fuente de calor, que puede provenir de las instalaciones eléctricas, por ello se deben aislar o aplicar las técnicas de protección y evitar así que las partículas combustibles lleguen a las instalaciones.

Las instalaciones eléctricas en áreas clasificadas (como peligrosas) como es el caso de las minas presentan riesgos potenciales y mayores exigencias para controlarlos de forma permanente, en comparación con cualquier otra instalación eléctrica básica. Por ello, es necesario saber qué factores o condiciones intervienen en las situaciones de riesgo o aumentan el grado de peligrosidad, llevar a cabo la identificación y evaluación de los factores de riesgo, que ayuden en la ejecución de acciones preventivas; en el caso de las áreas clasificadas, las técnicas de protección son una opción idónea para reducir el nivel de riesgo. De igual forma, el cumplimiento de la normativa, así como la inspección y mantenimiento regular de las instalaciones eléctricas y el entorno con especial atención a los posibles factores de riesgo, y con la ayuda del desarrollo tecnológico utilizado en equipos y accesorios definidos para cada riesgo, son maneras de prevenir o mitigar los riesgos.

En conclusión, la prevención se reduce a:

- Instrucción sobre los riesgos
- Identificación de sustancias inflamables
- Técnicas de protección
- Perfeccionamiento de equipos y accesorios
- Elaboración y cumplimiento de normas
- Inspección y mantenimiento de instalaciones

## 4.1 Técnicas de protección.

En los siguientes incisos se exponen las técnicas de protección aceptables para los equipos eléctricos instalados en lugares clasificados.

**4.1.1 Aparatos a prueba de explosión.** Esta técnica de protección se permite para los equipos instalados en lugares Clase I Divisiones 1 y 2 para los que estén aprobados.

Teniendo en cuenta que un equipo antideflagrante o a prueba de explosión es aquel “equipo alojado en un encerramiento que es capaz de soportar una explosión, de un gas o vapor específico, que se pueda producir en su interior y de evitar la ignición de un gas o vapor específico que rodee el encerramiento, por chispas, arcos o la explosión del gas o vapor en su interior y que funciona soportando temperaturas externas tales que la atmósfera inflamable que le rodea no pueda arder” [Sección 100. Definiciones NTC 2050].

**4.1.2 A prueba de ignición de polvos.** Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en lugares Clase II Divisiones 1 y 2 para los cuales estén aprobados.

Acorde a la NTC 2050, los equipos "a prueba de ignición de polvos" implica estar cerrado en un lugar que evite la entrada de polvo y que, cuando está instalado y protegido de acuerdo con las disposiciones de esta norma, impide que se generen en el encerramiento o salgan de él arcos, chispas o calor que puedan causar la ignición de acumulaciones externas o suspensiones de determinados polvos que haya dentro o en las cercanías del encerramiento.

Asimismo, este código estipula que “los equipos instalados en lugares Clase II deben ser capaces de funcionar a plena potencia nominal sin dar lugar a temperaturas superficiales tan altas

que puedan causar deshidratación excesiva o carbonización gradual de los depósitos de polvos orgánicos que pudieran producirse, ya que el polvo carbonizado o excesivamente seco es altamente susceptible de producir autoignición espontánea”.

**4.1.3 Hermético al polvo.** Esta técnica se puede implementar para equipos instalados en áreas Clase II, División 2 y Clase III para los cuales se encuentren aprobados. Este tipo de encerramientos tienen como propósito que el polvo no ingrese en las carcasas de encerramiento de acuerdo a parámetros específicos de ensayo.

**4.1.4 Purgado y presurizado.** Esta técnica de protección se puede emplear a los equipos instalados en cualquier lugar peligroso (clasificado) para el cual estén aprobados. En algunos casos, gracias a una ventilación forzada adecuada desde una fuente de aire limpio, acompañada de otros medios de seguridad en situación de falla de la ventilación, es posible reducir los riesgos o limitar e inclusive eliminar las áreas peligrosas.

**4.1.5 Sistemas intrínsecamente seguros.** En todo lugar clasificado para el cual estén aprobados, se permite el uso de equipos y alumbrado intrínsecamente seguros. Su respectiva instalación debe dar cumplimiento con el Artículo 504 Sistemas de seguridad intrínseca, de la NTC 2050.

**4.1.6 No incendiaria.** Con esta técnica, cualquier arco o efecto térmico no logra dar ignición al gas, vapor o mezcla de polvo en aire inflamable, operando bajo condiciones normales. Este método es aplicable para equipos aprobados en lugares Clase I División 2, Clase II División 2 y Clase III.

**4.1.6.1 Circuito no incendiario.** Es un circuito en el cual, bajo condiciones de operación específicas del equipo, un circuito con cualquier arco eléctrico o medio térmico, no es capaz de causar ignición a un gas, vapor o mezcla de polvo.

**4.1.6.2 Equipo no incendiario.** Equipo con circuitos incapaz de iniciar ignición a un gas, vapor o polvo, por arcos o efectos térmicos, en condiciones normales de funcionamiento.

**4.1.6.3 Componente no incendiario.** Involucra un componente que tiene contactos para abrir o cerrar un circuito incendiario; el dispositivo de contacto debe estar elaborado de forma tal que el componente sea incapaz de dar ignición a la mezcla inflamable de gas. No tiene como fin la carcasa de un componente no incendiario eliminar la atmósfera inflamable, o contener una explosión.

**4.1.7 Inmersión en aceite.** Es permitida su aplicación a los contactos de corte de corriente en Clase I División 2, acorde con el Artículo 501-6. b). apartados 1 y 2 de la NTC 2050.

**4.1.8 Herméticamente sellado.** Se realiza con el fin de evitar la entrada de cualquier atmosfera externa a los contactos de corte de corriente en lugares Clase I División 2. El sello se debe crear por fusión, es decir, mediante soldadura, cobre soldadura, electrosoldadura o fusión de vidrio a metal.

**4.1.9 Grado de protección IP o su equivalente NEMA.** En minas subterráneas se requiere usar equipos con grados de protección adecuados, tanto en términos de penetración de cuerpos sólidos, gases o agua, así como al impacto. “El Grado de protección IP, hace referencia al nivel de

estanqueidad frente a la penetración de polvo y de agua al interior de cualquier envolvente. La identificación del nivel de protección se hace por medio de las letras IP seguido de dos cifras, la primera indica el nivel relativo de estanqueidad al polvo y la segunda al agua (ver figura 23)” [Artículo 30.2 RETIE].



Figura 23. Disposición del grado de protección IP

Para las labores de minera subterránea, el RETIE establece como mínimo los siguientes grados de protección IP:

- IP 20: Denominada también como protección de dedos, está propuesto principalmente a partes de aparatos contenidos en otras envolventes, por ejemplo, seccionadores o transformadores de auxiliares situados en el mismo compartimento que el resto de aparatos.
- IP 23: Determinado para envolventes de equipos sin modo de protección que serán instalados en el interior de locales o habitáculos cerrados (sin acceso libre al personal).
- IP 54: Establecido para envolventes de equipos sin modo de protección destinados a estar instalados con acceso directo al personal de explotación (locales o lugares abiertos). También para equipos con modo de protección con envolvente antideflagrante.
- IP 55: Exigido a envolventes de equipos de Seguridad Intrínseca y de Seguridad Aumentada, o ambos como modo de protección.

Tabla 5.

*Grados de protección IP*

<b>Primer Número</b>	<b>Segundo Número</b>	<b>Tercer Número</b>
<b>Protección contra Sólidos</b>	<b>Protección contra Líquidos</b>	<b>Protección contra impactos Mecánicos. (generalmente omitido)</b>
<b>0</b> Sin protección	<b>0</b> Sin protección	<b>0</b> Sin protección
Protegido contra	Protegido contra gotas de	Protegido contra
<b>1</b> objetos sólidos de más de 50 mm	<b>1</b> agua que caigan verticalmente	<b>1</b> impactos de 0,225 J
Protegido contra	Protegido contra rocíos	Protegido contra
<b>2</b> objetos sólidos de más de 12 mm	<b>2</b> directos a hasta 15° de la vertical	<b>2</b> impactos de 0,375 J
Protegido contra	Protegido contra rocíos	Protegido contra
<b>3</b> objetos sólidos de más de 2,5 mm	<b>3</b> directos de hasta 60° de la vertical	<b>3</b> impactos de 0,5 J
Protegido contra	Protegido contra rocíos	Protegido contra
<b>4</b> objetos sólidos de más de 1 mm	<b>4</b> directos de todas las direcciones - entrada limitada permitida	<b>4</b> impactos de 2,0 J
Protegido contra polvo -	Protegido contra chorros	Protegido contra
<b>5</b> entrada limitada permitida	<b>5</b> de agua a baja presión de todas las direcciones - entrada limitada permitida	<b>5</b> impactos de 6,0 J
Totalmente protegido	Protegido contra fuertes	Protegido contra
<b>6</b> contra polvo	<b>6</b> chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida	<b>6</b> impactos de 20,0 J

<b>Primer Número</b> <b>Protección contra Sólidos</b>	<b>Segundo Número</b> <b>Protección contra Líquidos</b>	<b>Tercer Número</b> <b>Protección contra impactos Mecánicos. (generalmente omitido)</b>
<b>7</b> -	<b>7</b> Protegido contra los efectos de la inmersión de 15 cm - 1cm	<b>7</b> -
<b>8</b> -	<b>8</b> Protegido contra periodos largos de inmersión bajo presión	<b>8</b> -

Fuente: Adaptado de la Prevención de riesgos eléctricos.

**4.1.10 Grado de protección de robustez mecánica IK o su equivalente NEMA.** Indica el grado de protección de la envolvente para los materiales eléctricos contra los impactos mecánicos (Artículo 30.2 RETIE).

El grado de protección de robustez mecánica, se conforma por las letras IK seguidas de un número entre cero y diez, representado con dos cifras (ver Figura 24). Los valores numéricos revelan la resistencia a una determinada energía de impacto que una envolvente puede soportar sin sufrir deformaciones peligrosas (Grados de protección proporcionados por las envolventes de los materiales eléctricos: código IP, UNE 20324 en 60529 y código IK, UNE-en 50102). El grado IK se emplea a la envolvente en su totalidad, por ello si alguna parte de esta envolvente posee un grado de protección diferente, este se debe enseñar por separado. Cada cifra numérica tiene un significado como se muestra en la Tabla 6.

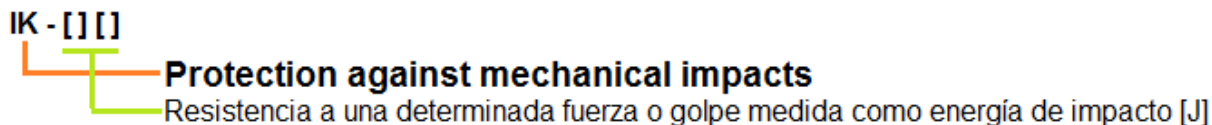


Figura 24. Disposición del grado de robustez mecánica IK

Tabla 6.

*Correspondencia entre el grado IK y la energía de impacto.*

Código IK	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Energía de impacto Julios	-	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

Fuente: Adaptado de grados de protección proporcionados por las envolventes de los materiales eléctricos: Código IP, UNE 20324 en 60529 Y Código IK, UNE-EN 50102

El RETIE establece como requerimiento para cualquier tipo de equipo de instalación subterránea, utilizar el código IK, tanto en áreas clasificadas como sin clasificación.

Los equipos eléctricos deben tener alta resistencia mecánica a fin de asegurar el suministro eléctrico con la seguridad exigible para ambientes subterráneos no clasificados o con riesgo de explosión, los grados IK mínimos requeridos según el RETIE son:

- IK09 para equipos eléctricos destinados a frentes de arranque, preparación y, en general, cualquier labor de interior que implique proximidad con maquinaria pesada
- IK07 para otros equipos eléctricos, alumbrado general, señalización, control, gasometría, etc.

**4.1.11 Otras técnicas de protección.** Son aceptadas otras técnicas de protección utilizadas en equipo certificado para uso en lugares clasificados.

**4.2 Señalización de seguridad**

Cuando no es posible eliminar los riesgos o resulte necesario proteger al trabajador, es de vital importancia ofrecer indicaciones que condicionen el comportamiento de las personas frente a las circunstancias a resaltar en un sitio o ambiente, la señalización es la mejor forma de atraer la atención y dar a conocer oportunamente un mensaje, los mensajes de las señales de seguridad deben ser claros, de única interpretación y de posible cumplimiento de lo indicado. Dando como resultado un complemento de la protección ofrecida por las buenas prácticas de la ingeniería eléctrica.

En la Figura No 25 se observan los colores, y las formas geométricas para las señales de seguridad según su clasificación. Adicionalmente, el Anexo F muestra las señales de seguridad necesarias para las zonas de riesgo de incendio o explosión.

Tipo de señal de seguridad	Forma Geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia o precaución	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o Azul	-
Información contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-	-
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o verde	-

Figura 25. Clasificación y colores para las señales de seguridad.

Fuente: Tomada del RETIE

## 5. Equipo Eléctrico para áreas clasificadas en las minas.

Con el propósito de garantizar la protección y seguridad de los equipos y personas contra los riesgos presentes en las áreas peligrosas, el equipo eléctrico debe cumplir con requerimientos específicos acorde a cada área clasificada.

### 5.1 Transformadores y condensadores

**5.1.1 Clase I División 1** Estos equipos se deben considerar según dos condiciones:

**5.1.1.1 Los que contengan líquido inflamable.** Al contener un líquido inflamable estos equipos deben ubicarse únicamente dentro de bóvedas que cumplan los artículos 450-41 a 450-48 de la NTC 2050. Adicionalmente no debe existir abertura de comunicación entre la bóveda y la división 1, el lugar debe contar con una buena ventilación para la expulsión continua de los gases o vapores inflamables, donde las aberturas de ventilación deben finalizar en un espacio seguro fuera de las instalaciones. De igual forma los ductos y aberturas deben contar con una sección suficiente liberar las presiones causadas por explosiones dentro de la bóveda, por ello los conductos de ventilación deben ser de conducto reforzado.

**5.1.1.2 Los que no contengan líquido inflamable.** Para este caso los equipos también deben cumplir con los artículos 450-41 a 450-48 de la NTC 2050 o tener aprobación para operar en lugares clase I.

**5.1.2 Clase I División 2.** Para funcionar en estos lugares debe cumplir los artículos 450-21 a 450-27 de la NTC 2050, en la cual se establece que:

Transformadores tipo secos instalados en interiores.

- Hasta 112,5 kVA nominales o menos deben estar ubicados de cualquier material combustible a una distancia mínima de 0,3 m.

- Más de 112,5 kVA nominales deberán ubicarse en bóvedas resistentes al fuego.

Transformadores tipo secos instalados en exteriores.

Este tipo de transformador debe contar con un encerramiento a prueba de intemperie y no deben localizarse a menos de 0,3 m del material combustible si el transformador tiene más de 112,5 kVA.

Transformadores aislados con líquidos de alto punto de inflamación,

Es posible realizar la instalación cuando el punto de inflamación no sea inferior a 300°C, siempre y cuando se cumpla 1 o 2

1) Instalaciones interiores. Se permite bajo alguna de las siguientes opciones:

a. Edificaciones de tipo I o tipo II en áreas donde:

- El transformador sea igual o menor a 35 000 V
- No se almacene material combustible
- Exista una zona de recolección de los líquidos

- La instalación tiene pleno cumplimiento con las restricciones estipuladas por la certificación de líquido.

b. Tener un sistema automático contra la propagación de incendios y un área de recolección de los líquidos, solo si el transformador tiene tensión de 35 000 V nominales o menos.

2) Instalaciones exteriores. Se permite su instalación siempre y cuando cumpla alguno de los requisitos 1 o 2.

1) Edificaciones tipo I o tipo II donde se cumpla con todos los requerimientos establecidos por la certificación del líquido.

2) Según los requisitos para transformadores para aislamiento de aceite en exteriores.

Transformadores aislados en líquidos no inflamables

Tanto en interiores como en exteriores se puede instalar transformadores en líquidos dieléctricos que no sean inflamables. Si el transformador para interiores sobre pasa los 35 000 V se debe instalar en una bóveda, dotados de una zona para recogida de líquidos y una válvula de alivio de seguridad.

Transformadores aislados con Askarel

Este tipo de aislamiento requiere certificación de ausencia de PCB's.

Transformadores con aislamiento de aceite instalados en interiores, deben ser instalados en una bóveda.

Transformadores con aislamiento de aceite instalados en exteriores

Se requiere proteger los materiales combustibles, partes de las estructuras y salidas de incendio contra los incendios originados por estos transformadores. Son considerados como protecciones seguras, las barreras resistentes al fuego, sistemas automáticos de rociado de agua y encerramientos que recogen el aceite.

### Modificaciones de los transformadores

Cuando se realizan modificaciones de una instalación ya existente que varié el tipo de transformador se debe rotular indicando el tipo de líquido aislante utilizado y la instalación debe cumplir con los requisitos del nuevo tipo del transformador.



*Figura 26.* Transformadores encapsulados titan de HPS para áreas peligrosas y difíciles.

Nota. Adaptado de: Hammondpower solutions (s.f.) Recuperado de: <http://www.hammondpowersolutions.com/files/HPS-Encompass-Brochure-Spanish.pdf>

### 5.1.3 Clase II División 1

**5.1.3.1 Los que contienen un líquido inflamable:** La instalación de estos equipos deben ubicarse únicamente en bóvedas que cumplan con los Artículos 450-41 a 450-48 de la NTC 2050, a su vez, los vanos de la puerta u otra abertura entre un lugar División 1 y la División 2 debe contar con puertas corta fuegos en ambos lados de la pared que cierren solas y con sellos adecuados para reducir el ingreso de polvo en la bóveda; de igual forma, los ductos de ventilación deben exclusivamente comunicar con el aire exterior, es decir, en un ambiente no clasificado; y además deben existir aberturas adecuadas con el aire exterior para aliviar la presión.

**5.1.3.2 *Los que no contengan un líquido inflamable:*** Deben estar instaladas en bóvedas de acuerdo a los Artículos 450-41 a 450-48 de la NTC 2050, o tener aprobación como ensamble completo para ubicaciones Clase II.

**5.1.3.3 *Polvos metálicos:*** Los transformadores y condensadores no deben estar ubicados en áreas con presencia de polvos de magnesio, aluminio, bronce de aluminio u otros polvos metálicos que tengan similares características peligrosas.

#### **5.1.4 Clase II División 2**

**5.1.4.1 *Los que contengan líquido inflamable:*** Deben estar contenidos dentro de bóvedas construidas según los Artículos 450-41 a 450-48 de la NTC 2050.

**5.1.4.2 *Transformadores tipo seco:*** Se requiere que estén instalados en bóvedas o tener devanados y conexiones terminales encerrados en carcasas metálicas herméticas sin ninguna ventilación o abertura y con un funcionamiento que no supere los 600 V nominales.

#### **5.2 Medidores, instrumentos y relés.**

**5.2.1 Clase I División 1** Para esta área los medidores, instrumentos y relés, incluyendo los transformadores de instrumentos, las resistencias, rectificadores y tubos termoiónicos deben estar en encerramientos apropiados para clase I División 1. Estos encerramientos son aquellos aprueba de explosión y los proporcionados con dispositivos de purga y presurización.

**5.2.2 Clase I División 2.** Estos equipos deben cumplir:

**5.2.2.1** *Los equipos de contactos, resistencias y equipos similares, sin contactos de cierre y apertura, deben ubicarse en encerramientos para Clase I División 2.*

**5.2.2.2** *Conjunto de propósito general.* Si el conjunto tiene componentes para los que sirven los encerramientos de propósito general, es viable este tipo de encerramiento. Los equipos pueden llevar rotulada el rango de temperatura en el que su uso es adecuado.

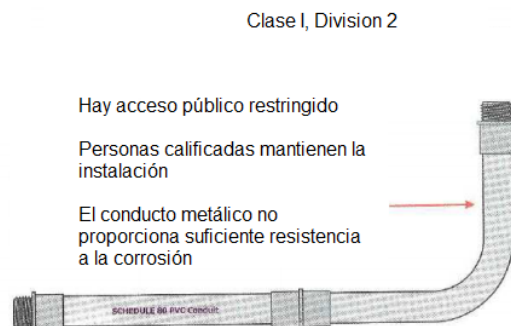
**5.2.2.3** *Fusibles.* Cuando se cuenten con los encerramientos requeridos, es posible utilizar en ellos fusibles para proteger contra sobre corriente de los circuitos en funcionamiento normal.

**5.2.2.4** *Conexiones.* Se permite conectar los instrumentos de control a través de cordón flexible, clavija y tomacorriente siempre que se instale un interruptor, de tal forma que no se dependa para interrumpir la corriente de la clavija. La corriente no debe superar los 3 A – 120 V nominales y el cordón de alimentación no supere los 0,9 m de longitud, aprobado para trabajo extrapesado, además, se deben instalar únicamente los tomacorrientes requeridos, con respectiva etiqueta de advertencia “no desenchufar bajo carga”.

### 5.3 Métodos de alambrado.

**5.3.1 Clase I División 1** Alambrado fijo. En esta sección el alambrado debe realizarse en tubo Conduit metálico rígido roscado NPT, tubo Conduit intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT o cables tipo MI con accesorios de terminación aprobados para esas zonas.

**5.3.2 Clase I División 2** En estos lugares se permite utilizar para el alambrado el tubo Conduit metálico rígido roscado NPT, tubo Conduit intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT, conductos de barras empaquetados, conductos de alambres empaquetados, cables tipo PLTC según sección 725 de la NTC 2050, cables tipo ITC en bandejas porta cables en canalizaciones soportados por cables mensajeros o directamente enterrados cuando el cable esta certificado para ese propósito; o cables tipo MI, MC, MV o TC con accesorios aprobados.



*Figura 27.* Tipo de conducto de resina termoendurecibles reforzado: RTRC

Notada. Adaptado de: Crouse-hinds (s.f.) Recuperado de: <https://www.crouse-hinds.de/download/1/crouse-hinds-codigest2014.pdf>

**5.3.3 Clase II División 1** Es necesario utilizar tubo conduit metálico rígido roscado NPT, tubo conduit de acero intermedio (tipo IMC) roscado NPT o cables tipo MI, para los cuales sus accesorios de terminación deben estar aceptados para esta área.

**5.3.3.1 Accesorios y cajas:** Deben tener salientes roscadas con el fin de conectar las terminaciones de los tubos conduit o los cables, no debe haber aberturas para evitar entradas de polvo o salidas de chispas.

**5.3.3.2 Conexiones flexibles:** Si se requiere su uso, estos conectores flexibles deben ser herméticos al polvo, tubo conduit metálico y no metálico flexibles herméticos a los líquidos para uso extra pesado. Si las conexiones están expuestas a conexiones corrosivas, el aislamiento debe ser un tipo aprobado para estas condiciones o contar con una chaqueta adecuada.

**5.3.4 Clase II División 2** Se deben usar tubo conduit metálico rígido, tubo conduit metálico intermedio (tipo IMC), tuberías eléctricas metálicas (tipo EMT), canalizaciones herméticas al polvo o cables tipo MC o MI, o cables tipo PLTC o ITC en bandejas portacables o tipo MC, MI o TC en bandeja portacable en escalera con canal de ventilación.

**5.3.4.1 Canalizaciones, accesorios y cajas:** El diseño de las canalizaciones y cajas que cuentan con derivaciones uniones o conexiones debe tener como propósito minimizar el ingreso de polvo, de igual forma tener tapas telescópicas, con accesorio de cierre o un medio que evite la salida de chispa y, sin aberturas por medio de las cuales puedan salir chispas o se pueda comenzar la ignición por medio de materiales combustibles.

**5.3.4.2 Conexiones flexibles:** Cuando se requieran se deben instalar según las condiciones del apartado 2 de Clase II División 1.

**5.4 Sellado y drenaje.**



Figura 28. Tipo de sellos.

Nota. Adaptado de: Crouse-hinds (s.f.) Recuperado de: <https://www.crouse-hinds.de/download/1/crouse-hinds-codedigest2014.pdf>

El sellado de sistemas de tubería Conduit y cables debe cumplir lo siguiente:

**5.4.1 Sellos corta fuego para tubería en lugares Clase I División 1.** Los sellos cortafuego deben instalarse a una distancia no superior a 0,5 m de un encerramiento para interruptores, interruptores automáticos, fusibles, relés, resistencias u otros equipos con los cuales se puedan producir arcos eléctricos, chispas o altas temperaturas bajo condiciones normales de funcionamiento.

En tubos Conduit de 53 mm de diámetro o superior que entren en los encerramientos o accesorios que contengan terminales, empalmes o derivaciones, a menos de 0,5 m del encerramiento o accesorio.

En caso de que dos o más encerramientos deban estar sellados según con lo establecido en los apartados anteriores a y b conectados por tramos de tubo de máximo 0,9 m o con boquilla roscada, se puede instalar un solo sello en cada conexión de la boquilla o del tramo si está ubicado a menos de 0,5 m de cada encerramiento.

**5.4.2 Sellos corta fuego para tubería en lugares Clase I División 2.** Estos sellos se deben ubicar: Para conexiones de encerramientos a prueba de explosión estos sellos deben estar aprobados para lugares Clase I y ser instalados según los apartados del numeral 5.4.1.

Cada sección de tubo conduit de ubicaciones Clase I División 2 hacia lugares no clasificados, requirieren un sello en el límite de dicha ubicación a menos de 3 m del límite, diseñado e instalado con el fin de minimizar la cantidad de gas o vapor que puede haber entrado en el conduit en la División 2 y que pase más allá del sello. Entre el sello y el punto en el que el tubo sale de la Clase I División 2 es necesario instalar un tubo conduit metálico rígido o un tubo conduit intermedio de acero roscado (tipo IMC), a su vez en este tramo no deben existir acoples, uniones, cajas y accesorios, a excepción de las reducciones aprobadas tal como a prueba de explosión, en el sello.

**5.4.3 Clase I Divisiones 1 y 2.** En los lugares donde se necesiten sellos, estos deben cumplir las siguientes condiciones:

**5.4.3.1 Accesorios.** Para equipos o conexiones, los encerramientos deben tener medios aprobados para sellar o utilizar sellos aprobados para lugares Clase I; estos deben ser accesibles.

**5.4.3.2 Compuesto sellante.** Debe brindar un sellamiento contra el paso de gases o vapores por medio del sello no puede ser afectado por las condiciones atmosféricas o los líquidos y su punto de fusión no será inferior a 93°C.

**5.4.3.3 Espesor del compuesto sellante.** Para un sello completo el mínimo espesor del compuesto sellante no debe ser inferior al diámetro comercial del sello, y por ningún motivo menor a 16 mm.

**5.4.3.4 Empalmes y derivaciones.** No deberían realizarse empalmes y ni derivaciones en los accesorios destinados para sellamientos con compuestos, en los accesorios que se hallan hecho empalmes y conexiones no deben rellenarse con sellante.

**5.4.3.5 Ensamblajes.** Si hay equipos que puedan producir arcos chispas o altas temperaturas situados en un compartimiento independiente del que contenga los empalmes o derivaciones y hallan un sello integral por donde pasan los conductores de un compartimiento al otro debe estar aprobado para lugares Clase I todo el ensamble.

**5.4.3.6 Espacio ocupado por los conductores.** La sección transversal total de todos los conductores permitidos dentro de un sello no debe ser mayor al 25% de la sección transversal del conduit metálico rígido del mismo diámetro comercial, excepto si tiene una aprobación específica.

**5.4.4 Sellos para cables en lugares Clase I División 1.** Su localización se debe realizar según:

En todas sus terminaciones el cable debe estar sellado. El sello debe cumplir con las especificaciones del apartado 5.4.3. Se deben sellar con accesorios aprobados después de retirar los recubrimientos, los cables multiconductores tipo MC con recubrimiento de aluminio corrugado continuo hermético a los gases y vapores de un material polímero adecuado, de tal forma que el compuesto sellante rodee cada conductor individual aislado con el fin de minimizar el paso de gases y vapores.

Los cables en conduit con recubrimiento continuo hermético a los gases y vapores, ya que por medio del núcleo central se puede transmitir gases y vapores, por lo cual se deben sellar al quitar posteriormente cualquier recubrimiento, de forma tal que el compuesto sellante rodee cada conductor individual aislado.

**5.4.5 Sellos para cables en lugares Clase I División 2.** Se deben instalar acorde a:

Se deben sellar en el punto de entrada los cables que ingresen en encerramientos aprobados para Clase I y el sello debe cumplir con la condición 5.4.2 para sellos cortafuego en tubería para Clase I. Los cables multiconductores con recubrimiento continuo hermético a los gases y al vapor con capacidad de transmitir gases o vapores por medio de su núcleo deben sellarse con un accesorio aprobado para División 2 después de cualquier quitar cualquier otro recubrimiento de tal manera que el compuesto sellante rodee cada conductor aislado minimizando el paso de gases y vapores.

No se requiere sellar los cables con chaqueta continua hermética al vapor y a los gases y que no puedan transmitir gases o vapores a través del núcleo del cable por encima de la cantidad permitida para los sellos con excepción de lo determinado en el apartado 5.4.4. Estos cables no deben tener como tramo mínimo una medida inferior a la longitud que limite el flujo de gases o

vapores por el núcleo del cable según la cantidad permitida para los sellos de aire por hora de 198 cm<sup>3</sup> por hora, a una presión de 1.493 Pa.

#### **5.4.6 Drenaje Clase I Divisiones 1 y 2.**

**5.4.6.1 Equipo de control.** Es necesario proveer los medios adecuados y aprobados que prevengan la acumulación o drenen de forma periódica los líquidos o vapores condensados, en el caso de que estos puedan quedar atrapados dentro de los encerramientos para equipos de control o el sistema de canalización.

**5.4.6.2 Motores y generadores.** Cuando haya la posibilidad de acumulación de líquidos o vapores condensados dentro de los motores o generadores, los sistemas conduit o uniones deben instalarse para reducir al mínimo la entrada de líquidos. Si se requiere evitar la acumulación o realizar drenaje periódico, se debe instalarse un medio durante la fabricación y considerarse parte de la máquina.

**5.4.6.3 Bombas encapsuladas, conexiones para proceso o servicio para medida de presión, etc.** Los equipos que dependan de un solo sello de compresión, diafragma o tubo para evitar la entrada de fluidos inflamables al sistema de cableado o canalización, deben contar con una barrera, sello u otro medio que impida la entrada de fluidos y permita transmitir estos fluidos más allá de la canalización o sistema de cable, en caso de falla del sello primario, para lo cual se debe contar con dispositivos que permitan notar la fuga del sello primario.

**5.4.7 Clase II Divisiones 1 y 2** Si una canalización brinda comunicación entre un encerramiento a prueba de ignición de polvos y otro que no, deben existir medios que evite el ingreso de polvo a través de la canalización. Es posible emplear: un sello eficaz y permanente; una canalización horizontal no inferior a 3 m o una canalización vertical no inferior a 1,5 m de longitud. No se requieren sellos, si la comunicación dada por la canalización es entre un lugar a prueba de ignición de polvos y un lugar no clasificado.

## **5.5 Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles.**

**5.5.1 Clase I División 1.** Para este tipo de dispositivos y aquellos similares ubicados en esta área, se requieren encerramientos que junto a los equipos contenidos en el mismo estén aprobados en conjunto para uso en lugares Clase I.

**5.5.2 Clase I División 2.** Estos equipos deben cumplir los siguientes requerimientos:

**5.5.2.1 Tipo requerido.** Los dispositivos instalados para interrumpir la corriente durante el desempeño normal de su función deben tener encerramientos aprobados para áreas Clase I División 1, y adicionalmente que la interrupción de la corriente se produzca dentro de una cámara herméticamente cerrada a los gases y vapores; o estén sumergidos en aceite los contactos para corriente de cierre y apertura de propósito general, con inmersión mínima de 50 mm para contactos de fuerza y 25 mm para control; o se realice dentro de una cámara a prueba de explosión sellada y aprobada para este lugar, la interrupción de la corriente; o el dispositivo de interrupción sea de

estado sólido, del cual la temperatura superficial no sea mayor al 80% de la temperatura de auto ignición del vapor o gas en °C.

**5.5.2.2 Interruptores de separación.** Se pueden instalar en encerramientos de propósito general para transformadores o condensadores, los interruptores con o sin fusibles, siempre y cuando su función no sea la interrupción de la corriente en la operación normal.

**5.5.2.3 Fusibles.** Para la protección de los motores artefactos y bombillas, se pueden instalar fusibles normales de casquillo o de cartucho, mientras estén localizados en encerramientos aprobados para esta área. Es posible instalar fusibles si están dentro de encerramiento de propósito general y de un tipo de elemento funcional el cual este sumergido en aceite u otro liquido aprobado, o encerrado en una cámara herméticamente sellada contra el ingreso de vapores y gases, o el tipo de fusible sea limitador de corriente relleno y sin indicador.

**5.5.2.4 Fusibles internos de aparatos de alumbrado.** Dentro de los aparatos de alumbrado se permiten como protección suplementaria los fusibles de cartuchos aprobados.

### **5.5.3 Clase II División 1**

**5.5.3.1 Tipo requerido.** Estos dispositivos para interrumpir el paso de la corriente durante la operación normal o con presencia de polvos combustibles eléctricamente conductivos deben ubicarse en encerramientos aceptados contra prueba de ignición de polvo.

**5.5.3.2 Seccionadores.** Los seccionadores sin fusibles y que su uso no sea para interrumpir el paso de corriente ni halla o presencia de polvos eléctricamente conductivos deben contar con encerramientos herméticos metálicos con el propósito de minimizar la entrada de polvo y por ello deben tener tapas telescópicas con accesorio de cierre u otro medio que evite la salida de chispa o material ardiendo, sin presencia de aberturas por donde se pueda presentar escape de chispa o material ardiendo que puedan iniciar la ignición.

**5.5.3.3 Polvos metálicos.** En áreas con presencia de polvos metálicos, por ejemplo, magnesio, aluminio, bronce aluminio, entre otros; este tipo de dispositivos deben estar en encerramientos específicos para estas áreas.

**5.5.4 Clase II División 2** Los dispositivos ubicados en esta división deben ser herméticos al polvo.

## **5.6 Transformadores y resistencias de control**

Los transformadores, bobinas y resistencias usadas con los equipos de control de motores, generadores y artefactos, deben cumplir para cada división lo siguiente:

**5.6.1 Clase I División 1.** Los dispositivos deben estar instalados en encerramientos aprobados, acorde a lo establecido para medidores, instrumentos y relés para esta área.

## 5.6.2 Clase I División 2.

**5.6.2.1 Mecanismos de conmutación.** Deben cumplir con lo establecido para interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles aplicable a la División 2.

**5.6.2.2 Bobinas y devanados.** Se pueden emplear encerramientos de propósito general para devanados de transformadores, solenoides o bobinas.

**5.6.2.3 Resistencias.** Instaladas en encerramientos, donde el conjunto debe estar aprobado para Clase I División 1 a menos que la resistencia sea fija y su temperatura máxima de funcionamiento en °C, no sobre pase el 80% de la temperatura de auto ignición de los gases o vapores, o en su defecto se halla testeado y dado como resultado que no da ignición a los gases o vapores.

**5.6.3 Clase II División 1.** Cualquier dispositivo de protección ubicado en esta área debe estar dentro de encerramientos a prueba de ignición de polvos aceptados para lugares Clase II. No se pueden instalar transformadores de control, bobinas o resistencias en ubicaciones con polvos de magnesio, aluminio, bronce aluminio u otro elemento de características similares, sino se encuentran en encerramientos de protección.

**5.6.4 Clase II División 2.** Los mecanismos de conmutación deben estar en encerramientos herméticos al polvo; las bobinas y devanados instaladas aparte deben tener encerramientos metálicos herméticos sin aberturas de ventilación. Las resistencias deben estar en encerramientos a prueba de ignición de polvo para ubicaciones Clase II.

## 5.7 Motores y generadores.

**5.7.1 Clase I División 1.** Deben estar aprobados para operar en este lugar; o ser totalmente cerrado con ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio con salida a un área segura, de tal forma que las maquinas eléctricas no funcionan hasta que la ventilación no esté activa, de tal manera que si falla la ventilación automáticamente el motor se desenergiza; o del tipo totalmente encerrado lleno de gas inerte para presurizar en el encerramiento asegurando un presión positiva y desenergización automática del equipo en caso de falla del suministro del gas; o de un tipo que funcione sumergido en un líquido, inflamable solo cuando se evapora o mezcla con el aire, o en un gas o vapor con presión mayor a la atmosférica, e inflamables solamente cuando se mezcla con el aire, y sea desenergizado automáticamente cuando el suministro de líquido, gas o vapor se interrumpa o su presión sea igual a la presión atmosférica.

**5.7.2 Clase I División 2.** Los equipos deben estar aprobados para Clase I División 1, excepto si los contactos, mecanismos de conmutación y dispositivos de resistencia, cuenten con encerramiento aprobados para Clase I División 2. En condiciones normales del motor el punto más caliente del motor y las superficies expuestas empleados para evitar la condensación de humedad en los periodos de parada de los motores no debe estar por encima del 80% de la temperatura de auto ignición en los gases o vapores que se producen cuando funciona el motor a tensión nominal. Las partes móviles del motor como ventiladores, deben ser de un material que no produzcan chispas en caso de rozamientos; a su vez, se deben instalar dispositivos que detecten el aumento de temperatura del motor superior a los límites establecidos, desenergizado de forma automática el motor y genere una alarma respectiva.

**5.7.3 Clase II División 1** Los motores, generadores y demás equipos eléctricos rotativos deben tener la respectiva aprobación para su funcionamiento en esta área o estar completamente encerrados con ventilación a través de ductos acorde a las temperaturas adecuadas.

**5.7.4 Clase II División 2** En esta área los equipos deben estar totalmente cerrados sin ventilación, completamente cerrados ventilados por ductos, cerrados refrigerados por aire y agua, totalmente cerrados refrigerados por ventilador o encerramientos a prueba de ignición de polvos en funcionamiento normal, sin aberturas externas.

Los ductos de ventilación deben ser metálicos con un espesor no menor a 0,5 mm o de un material no combustible. A su vez deben estar conectados de forma directa a una fuente de aire limpio; contar con rejillas en sus extremos exteriores y tener protección contra daños físicos, oxidación o corrosión. Para lugares Clase II División 1, los ductos deben ser completamente herméticos al polvo. Los cordones y uniones de las tuberías metálicas deben estar gratados y soldados; sujetos con pernos y soldados; estar soldados o tener protección contra el ingreso de polvo. En lugares Clase II División 2, deben ser suficientemente herméticos los ductos, de tal forma que se pueda evitar la entrada de polvo en cantidades considerables a los equipos o encerramientos ventilados y de igual manera evitar la salida de chispa, material ardiendo o llamas que puedan incendiar la zona.

## 5.8 Equipos de alumbrado.

### 5.8.1 Clase I División 1.

**5.8.1.1 Equipos aprobados.** Todo equipo debe estar aprobado para esta área como conjunto completo y así mismo tener rotulada de forma clara la máxima potencia en vatios de la bombilla para la cual el equipo está aprobado.

**5.8.1.2 Daños físicos.** Se debe proteger contra daños físicos el equipo ya sea por su ubicación o utilizando rejillas protectoras.

**5.8.1.3 Equipos colgantes.** Deben ser alimentados por tubos conduit metálico rígido roscado o intermedio de acero roscado, con tuercas de seguridad u otro medio para evitar que se aflojen. Para evitar el desplazamiento de los tramos con longitud superior a 0,3 m, estos se deben apuntalar permanentemente.

**5.8.1.4 Soportes.** Se requiere que estén aprobados para uso en Clase I, las cajas, conjuntos de cajas o accesorios empleados como soporte.



*Figura 29.* Luminarias Clase I División 1

Nota. Adaptado de: Crouse-hinds (s.f.) Recuperado de: <https://www.crouse-hinds.de/download/1/crouse-hinds-codigest2014.pdf>

## **5.8.2 Clase I División 2.**

**5.8.2.1 Equipos portátiles de alumbrado.** Deben cumplir con los requisitos de equipos aprobados de la Clase I División 1.

**5.8.2.2 Equipos fijos.** Todo equipo fijo debe estar protegido contra daños físicos; en caso de existir peligro de que las chispas o el metal caliente puedan dar ignición a gases o vapores inflamables, deben contar con encerramientos adecuados. Si el tipo o tamaño de las bombillas bajo condiciones normales de funcionamiento, alcanza temperaturas superficiales sobre el 80% de la temperatura de ignición en °C de los gases o vapores, deben cumplir con el apartado 5.8.1.1, para Clase I División 1 o ensayado para el rango de temperatura requerido.

**5.8.2.3 Equipos colgantes.** Mediante medios aprobados como tubo conduit intermedio de acero roscado o tubo conduit metálico rígido roscado u otro, los equipos colgantes deben estar suspendidos. De forma permanente se deben apuntalar los tramos de longitud superior a 0,3 m con

el fin de evitar el desplazamiento lateral, sin sobrepasar el 0,3 m sobre el extremo inferior del tramo o a través de un accesorio o conector localizado a una distancia no mayor de 0,3 m del punto de unión de la caja de soporte.

**5.8.2.4 Interruptores.** Los interruptores parte de una porta bombilla individual o conjunto ensamblado deben instalarse acorde a la sección tipo requerido de Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles para División 2.

**5.8.2.5 Elementos de encendido.** Este tipo de elementos (balastos, condensadores y arrancadores) deben dar cumplimiento según lo indicado para Transformadores y resistencias de control de Clase I División 2.



*Figura 30.* Luminarias para Clase I División 2

Nota. Adaptado de: Crouse Hinds (s.f.) Recuperado de: <https://www.crouse-hinds.de/download/1/crouse-hinds-codedigest2014.pdf>

### 5.8.3 Clase II División 1.

**5.8.3.1 Equipos aprobados.** Todo equipo debe estar aprobado para esta área y tener rotulada la potencia máxima para la cual está aprobado. Se debe contar con aprobaciones específicas en los lugares con presencia de polvos conductivos.

**5.8.3.2 Daños físicos.** Cada equipo debe tener protección contra daño físico.

**5.8.3.3 Equipos colgantes.** Deben estar suspendidos de tramos de tubo conduit metálico rígido roscado NPT, cadenas con accesorios aprobados u otro medio; para evitar desplazamientos laterales los tramos rígidos superiores a 0,3 m de longitud se deben apuntalar permanentemente a no más de 0,3 m sobre el extremo inferior del tramo. Para evitar que las uniones roscadas se aflojen se deben colocar tornillos de ajuste u otros medios efectivos. En caso de que el alambrado de la caja de salida y del equipo colgante se encuentre encerrado en un tubo conduit se requiere usar un cordón flexible para uso pesado y usar sellos en la parte donde el cable entra al equipo y en la caja de salida.

**5.8.3.4 Soportes.** Los accesorios empleados como soporte de los equipos deben contar con aprobación para áreas.



*Figura 31.* Luminaria para Clase II División 1

Nota. Crouse Hinds (s.f.) Recuperado de: <https://www.crouse-hinds.de/download/1/crouse-hinds-codedigest2014.pdf>

#### **5.8.4 Clase II División 2.**

**5.8.4.1 Equipos portátiles de alumbrado.** Deben tener de forma clara los rótulos que indiquen la potencia máxima de las bombillas, así como estar aprobados para uso en lugares Clase II.

**5.8.4.2 Equipos fijos.** Todo equipo debe tener rotulo con la potencia máxima de la luminaria sin sobrepasar la temperatura de sus superficies bajo condiciones normales según las temperaturas para Clase II (véase Tabla 4). Si un equipo fijo de iluminación no es aceptado para ubicaciones Clase II, este debe estar en un encerramiento que disminuya al mínimo el depósito de polvo sobre las luminarias, y de igual forma, impedir las salidas de chispas, material ardiendo o metal caliente.

**5.8.4.3 Daños físicos.** Cada equipo debe contar con protección contra los daños físicos que deban presentarse.

**5.8.4.4 Equipos colgantes.** Estos deben ser suspendidos por medio de tramos de tubo conduit de metal rígido roscado NPT, tubo intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT, de cadenas con accesorios aprobados u otros medios. Con el fin de impedir los desplazamientos laterales, se deben apuntalar permanentemente los tramos rígidos de más de 0,3 m, sin superar el extremo inferior del tramo o permitir cierta flexibilidad con un accesorio aprobado o conexión flexible. Se requiere usar un cordón flexible aprobado para uso pesado cuando el alambrado entre la caja de salida y el artefacto colgante no se encuentren encerrado en un tubo conduit; no debe ser utilizado como medio de soporte el cordón flexible.

**5.8.4.5 Luminarias de descarga.** Este tipo de equipos, requiere que los dispositivos de encendido y control cumplan con lo establecido para transformadores y resistencias de control.

## **5.9 Equipo eléctrico utilitario.**

**5.9.1 Clase I División 1.** Deben contar con la respectiva aprobación para ser instalados en esta área.

**5.9.2 Clase I División 2.** Se establece para su uso las siguientes condiciones

**5.9.2.1 Calentadores.** Se deben cumplir los siguientes requerimientos para los equipos calentados eléctricamente:

- Si el calentador funciona de forma continua a su máxima temperatura ambiente nominal, su temperatura no debe superar el 80% de temperatura de auto ignición en °C de los gases o

vapores presentes que puedan estar en contacto. En caso de no contar con un control de temperatura se debe suponer que el calentador funciona al 120% de su tensión nominal.

- El calentador debe estar aprobado para áreas Clase I División 1.

**5.9.2.2 Motores e interruptores.** Los motores e interruptores de equipos utilitarios también deben cumplir con lo estipulado en la sección de motores y generadores e interruptores, interruptores automáticos y fusibles, respectivamente.

**5.9.3 Clase II División 1.** Deben tener aprobación para operar en esta área.

**5.9.4 Clase II División 2.** Deben contar con lo siguiente:

- Los equipos calentados eléctricamente deben estar aprobados para esta área. Los motores y transformadores deben cumplir con lo establecido para esta ubicación. Los encerramientos de los interruptores serán herméticos al polvo.

## **5.10 Cables y cordones flexibles.**

**5.10.1 Clase I Divisiones 1 y 2.** Se realiza su instalación con el propósito de conectar equipos eléctricos portátiles a la parte fija de su circuito de suministro, así como para las partes del circuito de instalación fija donde se requiere mayor grado de libertad para los equipos eléctricos fijos o móviles. El tramo del cable flexible debe ser continuo y para su utilización se requiere:

- Ser aprobado para uso extrapesado

- Contener de forma adicional al circuito un conductor de puesta a tierra que cumpla con el artículo 400-23 de la NTC 2050
- Estar conectados a los terminales o conductores de suministro de manera firme para evitar desconexiones accidentales
- Contar con abrazaderas u otros medios de sujeción para evitar tensión mecánica en las conexiones con los terminales
- Tener sellos corta fuegos cuando se encuentren en cajas, accesorios y encerramientos a prueba de explosión

Hacen parte del equipo eléctrico utilitario portátil las bombas eléctricas sumergibles que puedan retirarse sin entrar en los pozos.

**5.10.2 Clase II Divisiones 1 y 2** Los cables y cordones para esta área deben ser de un tipo aprobado para uso extrapesado; contar con un conductor de puesta tierra; estar conectados a los conductores de suministro de forma aprobada; estar soportados por abrazaderas para evitar la tensión mecánica en las conexiones de los terminales; tener sellos adecuados para evitar la entrada de polvo en zonas a prueba de ignición de polvo.

## **5.11 Toma corrientes y clavijas.**

**5.11.1 Clase I Divisiones 1 y 2** Estos equipos deben ofrecer conexión con el conductor de puesta a tierra de un cordón flexible y tener aprobación para estas ubicaciones.

**5.11.2 Clase II Divisiones 1 y 2** Este tipo de dispositivos debe permitir conectar el conductor de puesta a tierra y estar aprobados para Clase II; en la División 2, su diseño no debe permitir conectar o desconectar al circuito del suministro estos dispositivos mientras se encuentren partes energizadas expuestas.

## **5.12 Aislamiento de los conductores clase I divisiones 1 y 2.**

El aislamiento de los conductores debe ser resistente a los líquidos o vapores condensados con los cuales se puede tener contacto, o estar protegidos por un blindaje de plomo u otro medio aceptado.

## **5.13 Puesta tierra.**

**5.13.1 Clase I Divisiones 1 y 2** Debe cumplir con las siguientes características:

**5.13.1.1 Conexiones equipotenciales.** Los dispositivos empleados para conexiones equipotenciales deben usar en las canalizaciones, accesorios, cajas y armarios, etc. Localizados entre áreas Clase I y el punto de puesta a tierra del equipo de acometida o sistema derivado independiente. Las conexiones equipotenciales deben llevarse a cabo con accesorios o medios adecuados sin depender del contacto de las boquillas de modelo con contra tuerca o doble contra tuerca.

**5.13.1.2 Tipo de conductores para puesta a tierra de equipos.** Se deben usar puentes de conexión equipotencial internos en paralelo con cada tubo conduit, si los tubos son el único medio

de puesta a tierra de los equipos y estos correspondan a tubos metálicos flexibles o tubos metálicos flexibles herméticos a los líquidos.

### **5.13.2 Clase II Divisiones 1 y 2**

**5.13.2.1 Conexiones equipotenciales.** Estas conexiones deben realizarse con medios adecuados, y no depender del contacto de las boquillas contra tuerca o doble contratuerca. Los medios para estas conexiones deben realizarse para todas las canalizaciones, accesorios, cajas, armarios, etc. Ubicados entre un lugar Clase II y el punto de puesta a tierra del equipo de acometida o de un sistema derivado independiente.

**5.13.2.2 Tipos de conductores de puesta tierra de equipos.** Si se utiliza tubo conduit metálico flexible, se requiere instalar puentes de conexión equipotenciales internas, en paralelo con cada tubo, y que cumplan también con el Artículo 250-79 de la NTC 2050.

Además, el alambrado y los equipos deben ponerse a tierra acorde con la sección 250 de la NTC 2050.

### **5.14 Protección contra impulsos de tensión.**

**5.14.1 Clase I División 1.** Los descargadores de sobre tensión deben instalarse en encerramientos aceptados para Clase I División 1 diseñado y fabricado de forma específica. Se requiere que estos equipos cumplan con la sección 280 de la NTC 2050.

**5.14.2 Clase I División 2.** Deben cumplir al igual que la Clase I División 1 con la sección 280, con un diseño y fabricado específico. Estos equipos como varistores de óxido metálicos tipo sellado no deben producir arcos eléctricos.

**5.14.3 Clase II Divisiones 1 y 2.** Los descargadores de sobretensión se deben establecer según la sección 280 de la NTC 2050. Si están instalados en ubicaciones Clase II División 1 deben tener encerramientos aprobados. Estos dispositivos deben ser diseñados y fabricados específicamente para dar protección contra impulsos de tensión.

Para ninguna de las dos clases se permite el uso de circuitos ramales multiconductores.

## 6. Conclusiones

- La clasificación de las áreas peligrosas es el principal punto de partida para llevar a cabo instalaciones eléctricas eficientes en las cuales se evite: el derroche de recursos económicos y ambientales instalando equipos altamente costosos en lugares donde no se requieren o donde puedan aumentar el nivel de riesgo de la zona. Por ello, para una seguridad adecuada en cada área, se debe tener en cuenta la clasificación, los niveles de riesgo y técnicas de protección, así como el uso de equipos adecuados.

- La actividad extractiva realizada en la minería involucra la presencia de polvos combustibles, vapores y/o partículas inflamables que deben involucrarse en el diseño e instalaciones del equipo eléctrico y uso de materiales dentro de cada

zona de la mina, las cuales requieren construirse acorde con la normativa vigente que permite orientar la clasificación de cada área con el propósito de mitigar los riesgos de cada lugar peligroso y con ello, salvaguardar las personas, materiales y equipos.

- El equipo y dispositivos instalados en ambientes especiales de minas deben cumplir con las especificaciones técnicas para su uso dentro de cada área clasificada, verificando que sus características de funcionamiento sean acordes para las sustancias presentes en la atmosfera, así como para desarrollar las labores mineras según el tipo de explotación.

- Las explotaciones mineras implican un gran reto para las instalaciones eléctricas por las condiciones geográficas que dificultan el uso de equipos, que requieren soportar por el tipo de actividad a realizar, diferentes esfuerzos, tensiones y temperaturas a los que deben estar expuestos, adicional a las sustancias combustibles que se generan durante el proceso de extracción, por ello la importancia de aplicar las normativas pertinentes para las instalaciones dentro de este sector industrial.

- En áreas clasificadas los riesgos de incendio y explosión, están fuertemente asociados con las instalaciones eléctricas, debido a atmosferas explosivas por la presencia de gases, vapores o polvos combustibles, por lo cual es de vital importancia que el personal y todo equipo instalado en áreas peligrosas, cumpla con la normativa vigente, aplicando las técnicas de protección acordes a cada lugar, y así evitar que las instalaciones eléctricas se conviertan en una fuente de ignición que pueda generar daños físicos a las maquinas, equipos, instalaciones, personas o el ambiente.

### Referencias Bibliográficas

Cobos Porras, N., & Sánchez Camargo, R. F. (2010). *Manual para la interpretación y aplicación RETIE en instalaciones eléctricas para condiciones especiales*. Bucaramanga: Tesis de grado UIS.

Comité Técnico del Ministerio de Minas y Energía . (2001). *Norma técnica uso de la electricidad en minas,*.

Expower. (s.f.). *Señales homologadas*. Obtenido de <http://www.expower.es/infer.php?gr=senales&sg=signosprohibicion&vista=cuadrícula&pagina=2&numero=12>

*Grados de protección proporcionados por las envolventes de los materiales eléctricos: código IP, UNE 20324 en 60529 y código IK, UNE-en 50102*. (s.f.).

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1998). *Norma Técnica Colombiana NTC 2050*, . ICONTEC.

Maquinarias Pesadas. (s.f.). *Manual: Minería a Tajo Abierto – Métodos, Sistemas, Explotación y Operaciones* . Obtenido de <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/2470-manual-mineria-tajo-abierto-metodos-sistemas-explotacion-operaciones>

Ministerio de Minas y Energía. (Enero de 2009). *Sistema de Información Minero Colombiano*. Obtenido de [www.simco.gov.co/Portals/0/archivos/Cartilla\\_Mineria.pdf](http://www.simco.gov.co/Portals/0/archivos/Cartilla_Mineria.pdf).

Ministerio de Minas y Energía. (2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*.

Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Glosario técnico minero*. Bogotá D.C.

Ministerio de minas y energía. (s.f.). *Guía Mineroambiental de Explotación de carbón*.

Monsalve Vera, O., & Martínez Torres, O. M. (2009). *Manual para interpretación y aplicación del RETIE en instalaciones eléctricas en ambientes especiales con enfoque en instituciones de asistencia médica, sitios de reuniones públicas, estudios de cine, edificaciones prefabricadas, puertos y embarcaderos*. Bucaramanga.

National Electrical Code (NEC). (2008). *ambién conocida como National Fire Locations, Appleton, 2012.*

NFPA 497. (2017). *Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.*

NFPA 499. (2017). *Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas.*

Scribd. (s.f.). *Fundamentos de laboreo de minas* . Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/29572881/Metodos-de-mineria-subterranea>

Secretaria de Estado de Minería Gobierno de Catamarca. (s.f.). *Metodos de Minería Subterranea*. Obtenido de [http://www.mineriacatamarca.gob.ar/LinkEducativo/InformacionAcademica/Métodos\\_de\\_mineria\\_subterranea.pdf](http://www.mineriacatamarca.gob.ar/LinkEducativo/InformacionAcademica/Métodos_de_mineria_subterranea.pdf)