

**SINTESIS DE LA NORMATIVA MINERA EN COLOMBIA Y OTRAS REGIONES
APLICADA AL MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

MARGARITA ROSA COLMENARES GONZALEZ

GUSTAVO ALFONSO GARCIA ECHEVERRI



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2011

**SINTESIS DE LA NORMATIVA MINERA EN COLOMBIA Y OTRAS REGIONES
APLICADA AL MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

MARGARITA ROSA COLMENARES GONZALEZ

GUSTAVO ALFONSO GARCIA ECHEVERRI

Trabajo de grado para optar al título de

Ingeniero electricista

DIRECTOR

CIRO JURADO

Ingeniero electricista

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2011

DEDICATORIA

Dedico este logro de manera especial a papito Dios por brindarme la sabiduría necesaria para alcanzar esta meta propuesta, A mis padres Luis H & Sofía, especialmente a ella, quien ha sido durante toda mi vida mi mejor ejemplo a seguir y mi apoyo incondicional.

A las toticas Laura & Carolina, a mi nonita Myriam por ser tan especial, a mis sobrinitos:

Samuel, Daniela y Mariana, por ser mi alegría.

También dedico este logro a aquellas personas que Dios y la vida permitieron que estén en mi vida y que le hayan aportado cosas realmente valiosas, a Jennifer, a Sergio y a Jean

Paul.

Margarita Colmenares González

DEDICATORIA

Este logro va dedicado primero que todo al Padre Celestial quien en su colosal sabiduría permitió que en cada una de las oportunidades que me dio, estar escribiendo este libro que marca no el final de una carrera sino el comienzo de un aprendizaje con nuevas teorías....

A mi papá porque siempre tuvo las palabras para impulsarme cuando más lo necesité!

A mi madre, quien con su apoyo incondicional, su devoto amor e inmensurable fé en mí, hizo que esto fuera posible...

Mi hermana Andrea...sin más palabras que el vivo ejemplo de cómo se deben hacer las cosas...UN MODELO A SEGUIR... TE AMO!

A la mamá de las mujeres...abuela aquí tienes tu ingeniero! A la "mula", Jairo y Carlos Echeverri, "Ñito" que combo tan bravo...salen buenos!

A toda mi familia, porque gracias a Dios grande si es!

A mi "mani" leo, el "juachi", a Carlos...ese combo de mis amigos de siempre y por supuesto al combo del 404!

A "sa"!, Adriana, Marggie, Samy y a todas aquellas amistades que se forjaron durante este camino!

Gustavo Alfonso García Echeverri

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este proyecto agradecemos a:

Dios por permitirnos alcanzar este logro.

Al ingeniero electricista **Ciro Jurado Jeréz** quien fue nuestro director de proyecto, por sus enseñanzas y significativos aportes durante la elaboración de este trabajo.

También agradecemos al Ingeniero electricista **Jaime Galindo Cáceres** por su colaboración, como también al Ingeniero electricista **Sergio Urbano**, por su ayuda en la gestión de las visitas técnicas realizadas.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-----------|
| INTRODUCCION..... | 25 |
| 1. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO..... | 27 |
| 1.1. JUSTIFICACION..... | 27 |
| 1.2. OBJETIVOS..... | 27 |
| 1.2.1. Objetivo General..... | 28 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos..... | 28 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 29 |
| 2.1. MINAS..... | 29 |
| 2.1.1 Tipos de minas..... | 29 |
| 3. NORMATIVACOLOMBIANA..... | 31 |
| 3.1. RETIE..... | 31 |
| 3.1.1.1. REQUISITOS GENERALES:..... | 32 |
| 3.1.1.2. Requisitos De Conexión A Tierra:..... | 35 |
| 3.1.1.3. Requisitos para Equipos:..... | 36 |
| 3.1.1.3.1. Subestaciones..... | 36 |
| 3.1.1.3.2. Equipos móviles..... | 37 |
| 3.1.1.4. Requisitos específicos para minas subterráneas:..... | 38 |
| 3.2. CÓDIGO ELECTRICO COLOMBIANO NTC 2050..... | 39 |
| 3.2.1. Ambientes Especiales: Lugares Peligrosos (Clasificados)..... | 40 |
| 3.2.1.1. Alcance..... | 40 |
| 3.2.1.2. Otras Secciones..... | 40 |
| 3.2.1.3. Generalidades..... | 41 |
| 3.2.1.4. Técnicas de protección..... | 42 |
| 3.2.1.5. Precauciones especiales..... | 45 |
| 3.2.1.6. Lugares Clase I:..... | 52 |
| 3.2.1.7. Lugares Clase II..... | 55 |
| 3.2.1.8. Lugares Clase III:..... | 56 |
| 3.2.2. Lugares Clase I..... | 57 |
| 3.2.2.6. Generalidades:..... | 57 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 3.2.2.7. | Transformadores y condensadores:..... | 58 |
| 3.2.2.8. | Medidores, instrumentos y relés:..... | 58 |
| 3.2.2.9. | Métodos de alambrado: | 62 |
| 3.2.2.10. | Sellado y Drenaje: | 64 |
| 3.2.2.11. | Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles: | 76 |
| 3.2.2.12. | Transformadores y resistencias de control:..... | 77 |
| 3.2.2.13. | Motores y generadores: | 78 |
| 3.2.2.14. | Equipos de alumbrado:..... | 80 |
| 3.2.2.15. | Equipo eléctrico utilitario:..... | 84 |
| 3.2.2.16. | Cables y cordones flexibles en lugares Clase I Divisiones 1 y 2. | 85 |
| 3.2.2.17. | Tomacorrientes y clavijas en lugares Clase I Divisiones 1 y 2..... | 86 |
| 3.2.2.18. | Aislamiento de los conductores en lugares Clase I Divisiones 1 y 2: | 87 |
| 3.2.2.19. | Sistemas de señalización, alarma, comunicaciones y control remoto: | 87 |
| 3.2.2.20. | Partes energizadas expuestas en lugares Clase I Div. 1 y 2. | 88 |
| 3.2.2.21. | Puesta a tierra en los lugares Clase I Divisiones 1 y 2. | 88 |
| 3.2.2.22. | Protección contra impulsos de tensión. | 89 |
| 3.2.2.23. | Circuitos ramales multiconductores..... | 90 |
| 3.2.3. | Lugares clase II..... | 90 |
| 3.2.3.6. | Generalidades:..... | 90 |
| 3.2.3.7. | Transformadores y condensadores:..... | 91 |
| 3.2.3.8. | Métodos de alambrado: | 92 |
| 3.2.3.9. | Sellado, lugares Clase II Divisiones 1 y 2. | 95 |
| 3.2.3.10. | Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles. | 95 |
| 3.2.3.11. | Transformadores y resistencias de control:..... | 96 |
| 3.2.3.12. | Motores y generadores. | 97 |
| 3.2.3.13. | Ductos de ventilación: | 98 |
| 3.2.3.14. | Equipos eléctricos utilitarios:..... | 99 |
| 3.2.3.15. | Equipos de alumbrado:..... | 100 |
| 3.2.3.16. | Cables y cordones flexibles en lugares Clase II Div. 1 y 2. | 102 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.3.17. Tomacorrientes y clavijas..... | 103 |
| 3.2.3.18. Sistemas de señalización, alarma, comunicaciones y control remoto; medidores, instrumentos y relés. | 103 |
| 3.2.3.19. Partes energizadas en lugares Clase II Divisiones 1 y 2..... | 105 |
| 3.2.3.20. Puesta a tierra en lugares Clase II Divisiones 1 y 2. | 106 |
| 3.2.3.21. Protección contra impulsos de tensión en lugares Clase II Divisiones 1 y 2. | 107 |
| 3.2.3.22. Circuitos ramales multiconductores..... | 107 |
| 3.2.4. Lugares clase III..... | 107 |
| 3.2.4.6. Generalidades:..... | 107 |
| 3.2.4.7. Transformadores y condensadores en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. | 108 |
| 3.2.4.8. Métodos de alambrado: | 108 |
| 3.2.4.9. Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. | 109 |
| 3.2.4.10. Transformadores y resistencias de control en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. | 109 |
| 3.2.4.11. Motores y generadores en lugares Clase III Divisiones 1 y 2..... | 109 |
| 3.2.4.12. Ductos de ventilación en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. | 110 |
| 3.2.4.13. Equipo eléctrico utilitario: lugares Clase III Divisiones 1 y 2. | 111 |
| 3.2.4.14. Equipos de alumbrado en lugares Clase III Divisiones 1y2..... | 111 |
| 3.2.4.15. Cables y cordones flexibles en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. | 112 |
| 3.2.4.16. Tomacorrientes y clavijas: en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. . | 112 |
| 3.2.4.17. Sistemas de señalización, alarma, control remoto e intercomunicación local por altavoces lugares Clase III Div. 1 y 2..... | 112 |
| 3.2.4.18. Grúas, montacargas, elevadores eléctricos y equipos similares en lugares Clase III Divisiones 1 y 2..... | 113 |
| 3.2.4.19. Cargadores de baterías: lugares Clase III Divisiones 1 y 2. | 114 |
| 3.2.4.20. Partes energizadas en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. No debe haber partes energizadas expuestas en estos lugares. | 114 |
| 3.2.4.21. Puesta a tierra en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. | 114 |
| 3.2.5. Sistemas de seguridad intrínseca | 115 |
| 3.2.5.6. Alcance: | 115 |
| 3.2.5.7. Aplicación de otras Secciones. | 115 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 3.2.5.8. | Aprobación de los equipos..... | 115 |
| 3.2.5.9. | Instalación de los equipos. | 115 |
| 3.2.5.10. | Métodos de alambrado..... | 116 |
| 3.2.5.11. | Separación de los conductores de seguridad intrínseca. | 116 |
| 3.2.5.11.1. | De los conductores de circuitos que no sean de seguridad intrínseca. | 116 |
| 3.2.5.11.2. | De los conductores de circuitos de seguridad intrínseca diferentes. | 118 |
| 3.2.5.12. | Puesta a tierra..... | 118 |
| 3.2.5.13. | Conexión equipotencial: | 119 |
| 3.2.5.14. | Sellado: | 119 |
| 3.2.5.15. | Identificación: | 119 |
| 3.2.6. | Lugares Clase 1, Zonas 0, 1 Y 2..... | 121 |
| 3.2.6.6. | Alcance..... | 121 |
| 3.2.6.7. | Otras Secciones: | 121 |
| 3.2.6.8. | Lugares y requisitos generales. | 121 |
| 3.2.6.9. | Técnicas de protección:..... | 123 |
| 3.2.6.10. | Precaución especial: | 125 |
| 3.2.6.11. | Agrupación y clasificación. | 126 |
| 3.2.6.12. | Temperatura de Clase I. | 128 |
| 3.2.6.13. | Clasificación por zonas..... | 128 |
| 3.2.6.14. | Certificación, rotulación y documentación..... | 131 |
| 3.2.6.15. | Métodos de alambrado..... | 135 |
| | Fuente: CódigoEléctrico Colombiano..... | 138 |
| 3.2.6.16. | Equipos. | 138 |
| 3.2.6.17. | Motores y generadores de seguridad aumentada “e”. | 139 |
| 3.2.6.18. | Puesta a tierra y conexión equipotencial..... | 140 |
| 4. | NORMATIVACHILENA | 142 |
| 4.1. | CÓDIGO ELÉCTRICO CHILENO..... | 142 |
| 4.2.1. | Título I - Objetivos, campo de aplicación y atribuciones del servicio. . | 144 |
| 4.2.1.6. | Propósito y Alcances | 144 |
| 4.2.2. | Título III – Explotación de minas subterráneas. | 144 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.2.2.6. | Sistemas Eléctricos..... | 144 |
| 4.2.3. | Título IV – Explotación de minas a cielo abierto | 149 |
| 4.2.3.6. | Servicios Eléctricos..... | 149 |
| 4.2.4. | Título V Explotación minera del carbón..... | 150 |
| 4.2.4.6. | Electricidad | 150 |
| 4.2.5. | Título IX – Instalaciones y servicios de apoyo | 152 |
| 4.2.5.6. | Sistemas Eléctricos..... | 152 |
| 5. | NORMATIVA MÉXICANA | 172 |
| 5.1 | NORMA OFICIAL MEXICANA..... | 172 |
| 5.1.1 | Ambientes Especiales: Áreas Peligrosas (Clasificadas) Clases I, II y III Divisiones 1 Y2. | 173 |
| 5.1.1.1 | Alcance..... | 173 |
| 5.1.1.2 | Otros Artículos. | 173 |
| 5.1.1.3 | Generalidades..... | 173 |
| 5.1.1.4 | Técnicas de protección..... | 175 |
| 5.1.1.5 | Precauciones especiales. | 179 |
| 5.1.1.6 | Áreas Clase I..... | 187 |
| 5.1.2 | Áreas Clase I..... | 189 |
| 5.1.2.1 | Disposiciones generales:..... | 189 |
| 5.1.2.2 | Transformadores y capacitores: | 190 |
| 5.1.2.3 | Medidores, instrumentos y relevadores: | 190 |
| 5.1.2.4 | Métodos de alambrado: | 191 |
| 5.1.2.5 | Sellado y drenado..... | 192 |
| 5.1.2.6 | Desconectadores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles | 198 |
| 5.1.2.7 | Transformadores de control y resistencias..... | 200 |
| 5.1.2.8 | Motores y generadores | 200 |
| 5.1.2.9 | Luminarios. | 202 |
| 5.1.2.10 | Equipo de utilización..... | 203 |
| 5.1.2.11 | Cordones flexibles Clase I, Divisiones 1 y 2..... | 203 |
| 5.1.2.12 | Receptáculos y clavijas, Clase I, Divisiones 1 y 2..... | 204 |
| 5.1.2.13 | Aislamiento de los conductores, Clase I, Divisiones 1 y 2..... | 204 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 5.1.2.14 | Sistemas de señalización, alarmas, control remoto y comunicaciones | 205 |
| 5.1.2.15 | Partes vivas, Clase I, Divisiones 1 y 2..... | 205 |
| 5.1.2.16 | Puesta a tierra, Clase I, Divisiones 1 y 2..... | 206 |
| 5.1.2.17 | Apartarrayos | 206 |
| 5.1.2.18 | Circuitos derivados multiconductores..... | 207 |
| 5.1.3. | Áreas Clase I, Zonas 0, 1 Y 2 | 207 |
| 5.1.3.1. | Alcance: | 207 |
| 5.1.3.2. | Otros Artículos: | 207 |
| 5.1.3.3. | Áreas y requisitos generales:..... | 208 |
| 5.1.3.4. | Técnicas de protección:..... | 209 |
| 5.1.3.5. | Referencias. | 212 |
| 5.1.3.6. | Precaución especial. | 213 |
| 5.1.3.7. | Agrupación y clasificación. | 214 |
| 5.1.3.8. | Temperatura de Clase I. | 216 |
| 5.1.3.9. | Clasificación por zonas..... | 216 |
| 5.1.3.10. | Aprobado, marcado y documentación:..... | 219 |
| 6. | NORMATIVA PERUANA | 221 |
| 6.1. | NORMA TECNICA USO DE LA ELECTRICIDAD EN MINAS | 221 |
| 6.1.1. | Generalidades..... | 222 |
| 6.1.1.1. | Alcance | 222 |
| 6.1.1.2. | Disposiciones diversas..... | 222 |
| 6.1.1.2.1. | Desconexión eléctrica de la mina cuando deja de ser operada . | 222 |
| 6.1.1.2.2. | Planos de la mina..... | 222 |
| 6.1.1.2.3. | Supervisión y trabajo..... | 223 |
| 6.1.1.2.4. | Instalaciones temporales | 223 |
| 6.1.1.2.5. | Instalaciones fuera de servicio | 223 |
| 6.1.1.2.6. | Trabajos sobre equipos con tensión..... | 224 |
| 6.1.1.2.7. | Bloqueo y etiquetado de interruptores..... | 224 |
| 6.1.1.2.8. | Extintores | 224 |
| 6.1.1.2.9. | Manual de normas y procedimientos | 225 |
| 6.1.1.3. | Métodos de cableado | 225 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| 6.1.1.3.1. | Cables | 225 |
| 6.1.1.3.2. | Cables portátiles de potencia (arrastre)..... | 225 |
| 6.1.1.3.3. | Separación de seccionadores:..... | 226 |
| 6.1.1.3.4. | Suministro de corriente alterna a equipos eléctricos móviles: .. | 226 |
| 6.1.1.3.5. | Cableado en polvorines..... | 226 |
| 6.1.1.3.5.1. | Disposición general | 226 |
| 6.1.1.3.5.2. | Ubicación de polvorines | 226 |
| 6.1.1.3.5.3. | Protección contra descargas atmosféricas..... | 226 |
| 6.1.1.3.5.4. | Líneas aéreas de alimentación | 227 |
| 6.1.1.4. | Instalación de equipos | 228 |
| 6.1.1.4.1. | Medios de desconexión del tipo apertura visible | 228 |
| 6.1.1.4.2. | Tomacorrientes | 228 |
| 6.1.1.4.3. | Equipos móviles | 228 |
| 6.1.1.4.4. | Acopladores de cables | 229 |
| 6.1.1.4.5. | Sistemas de fajas (bandas) transportadoras | 229 |
| 6.1.1.5. | Protección y control..... | 230 |
| 6.1.1.5.1. | Enclavamiento en los dispositivos de seccionamiento | 230 |
| 6.1.1.5.2. | Protección y control de transformadores | 230 |
| 6.1.1.5.3. | Prueba y calibración de los dispositivos de protección | 230 |
| 6.1.1.5.4. | Protección de falla a tierra | 230 |
| 6.1.1.5.5. | Monitoreo del conductor de tierra | 231 |
| 6.1.1.6. | Puesta a tierra..... | 231 |
| 6.1.1.6.1. | Dispositivos de puesta a tierra del neutro. | 231 |
| 6.1.1.6.2. | Indicación de falla a tierra | 231 |
| 6.1.1.7. | Protección contra descargas atmosféricas..... | 232 |
| 6.1.1.7.1. | General | 232 |
| 6.1.1.7.2. | Líneas aéreas | 232 |
| 6.1.1.7.3. | Líneas de guarda o estructuras | 233 |
| 6.1.2. | Minas de superficie y canteras..... | 233 |
| 6.1.2.1. | Alcance | 233 |
| 6.1.2.2. | Salas con equipamiento eléctrico | 233 |
| 6.1.2.2.1. | General | 233 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 6.1.2.2.2. | Iluminación | 233 |
| 6.1.2.2.3. | Sistema de alarma contra incendios | 234 |
| 6.1.2.3. | Equipamiento Eléctrico Exterior-cercado..... | 234 |
| 6.1.2.3.1. | General | 234 |
| 6.1.2.3.2. | Mantenimiento..... | 234 |
| 6.1.2.4. | Líneas aéreas de alimentación | 234 |
| 6.1.2.4.1. | Medios de desconexión..... | 234 |
| 6.1.2.4.2. | Trabajos en líneas aéreas..... | 235 |
| 6.1.2.5. | Equipos eléctricos móviles | 235 |
| 6.1.2.5.1. | Caseta de interruptores móvil..... | 235 |
| 6.1.2.5.2. | Subestaciones móviles | 236 |
| 6.1.2.5.3. | Cables de arrastre (uso) | 237 |
| 6.1.2.5.4. | Iluminación..... | 239 |
| 6.1.2.5.6. | Anillo deslizante de puesta a tierra | 241 |
| 6.1.2.5.7. | Continuidad del circuito de tierra | 241 |
| 6.1.2.5.8. | Uniones equipotenciales | 241 |
| 6.1.3. | Minas subterráneas | 241 |
| 6.1.3.1. | Alcance | 241 |
| 6.1.3.2. | Métodos de cableado | 242 |
| 6.1.3.2.1. | Conductores..... | 242 |
| 6.1.3.2.2. | Marcado de las cubiertas | 242 |
| 6.1.3.2.3. | Requerimientos de prueba de flama..... | 242 |
| 6.1.3.2.4. | Empalmes..... | 242 |
| 6.1.3.2.5. | Cajas de empalmes..... | 243 |
| 6.1.3.3. | Instalación de transformadores y capacitores | 244 |
| 6.1.3.3.1. | Transformadores de superficie–punto de inflamación menor que 300° C | 244 |
| 6.1.3.3.2. | Transformadores subterráneos – Generalidades | 245 |
| 6.1.3.3.3. | Transformadores subterráneos – punto de inflamación menor que 300°C. | 245 |
| 6.1.3.3.4. | Transformadores subterráneos- rellenos con nitrógeno o del tipo seco. | 246 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 6.1.3.3.5. | Transformadores subterráneos – punto de inflamación mayor que 300° C | 246 |
| 6.1.3.3.6. | Capacitores | 246 |
| 6.1.3.4. | Cuadros de distribución y equipos de interrupción | 247 |
| 6.1.3.4.1. | Disposiciones generales | 247 |
| 6.1.3.5. | Instalación de baterías de acumuladores | 247 |
| 6.1.3.5.1. | Ubicación..... | 247 |
| 6.1.3.5.2. | Instalación | 247 |
| 6.1.3.5.3. | Remoción del electrolito..... | 248 |
| 6.1.3.6. | Puesta a tierra..... | 248 |
| 6.1.3.6.1. | Circuito de puesta a tierra | 248 |
| 6.1.3.6.2. | Inspección | 248 |
| 6.1.3.7. | Sistemas de comunicación..... | 248 |
| 6.1.3.7.1. | Comunicación por voz..... | 248 |
| 6.1.3.7.2. | Sistema de llamado de jaula | 249 |
| 6.1.3.7.3. | Sistema de señales del pique | 249 |
| 6.1.3.8. | Winchas de mina | 250 |
| 6.1.3.8.1. | Aplicación de requerimientos | 250 |
| 6.1.3.8.2. | Pruebas de verificación | 250 |
| 6.1.3.8.3. | Dispositivos y circuitos de protección..... | 250 |
| 6.1.3.8.4. | Conmutador de retroceso (“ <i>Backoutswitch</i> ”)..... | 252 |
| 6.1.3.8.5. | Amperímetro..... | 252 |
| 6.1.3.8.6. | Señal de advertencia de aproximación | 252 |
| 6.1.3.8.7. | Ajuste de los dispositivos de protección..... | 253 |
| 6.1.3.8.8. | Indicadores de profundidad | 253 |
| 6.1.3.8.9. | Winchas de fricción | 253 |
| 6.1.3.9. | Transporte..... | 254 |
| 6.1.3.9.1. | Alcance | 254 |
| 6.1.3.9.2. | Equipo de advertencia..... | 254 |
| 6.1.3.9.3. | Control | 254 |
| 6.1.3.9.4. | Conductores de trole | 254 |
| 6.1.3.9.5. | Rieles de transporte..... | 255 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| 6.1.3.9.6. | Conductores en galerías de transporte..... | 256 |
| 6.1.3.9.7. | Transporte de explosivos..... | 256 |
| 6.1.3.10. | Equipo eléctrico móvil sin rieles | 256 |
| 6.1.3.10.1. | Alcance | 256 |
| 6.1.3.10.2. | Alimentación de corriente alterna para equipo eléctrico móvil. . | 256 |
| 7. | CONTRASTE DE LAS NORMAS..... | 259 |
| 8. | CONTRASTE DE LA NORMATIVA VIGENTE CON LO QUE SE DESARROLLA EN LAS MINAS..... | 266 |
| 8.1. | Comparación con base en el RETIE..... | 270 |
| 8.2. | Comparación con base en la NTC-2050 | 272 |
| 9. | REQUISITOS DE SEGURIDAD EN EL DESARROLLO Y ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN LAS MINAS | 274 |
| | GLOSARIO | 282 |
| | CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES..... | 287 |
| | BIBLIOGRAFIA..... | 289 |
| | ANEXOS..... | 290 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Marcas Identificativas..... | 51 |
| Tabla 2. Temperaturas de ignición..... | 52 |
| Tabla 3. Designación de tipos de protección | 131 |
| Tabla 4. Grupos de clasificación de gas | 133 |
| Tabla 5. Clasificación de la temperatura superficial máxima para equipos eléctricos del Grupo II..... | 134 |
| Tabla 6. Distancia mínima de obstrucciones desde aberturas bridadas a prueba de llamas "d" | 137 |
| Tabla 7. Características y condiciones de uso de conductores aislados. Secciones AWG | 143 |
| Tabla 8. Números de identificación..... | 185 |
| Tabla 9.- Temperatura de ignición | 186 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Conductor SHD-GC | 33 |
| Figura 2. Transformador Tipo Seco. | 39 |
| Figura 3. Medidor de Energía. | 61 |
| Figura 4. Luminarias clasificadas para ser implementadas en las minas. | 83 |
| Figura 5. Luminarias selladas a prueba de explosión. | 84 |
| Figura 6. Conduletas..... | 66 |
| Figura 7. Sellantes. | 75 |
| Figura 8. Clavija clasificada para minas..... | 87 |
| Figura 9. Clasificación de los lugares. | 133 |
| Figura 10. Luminarias clasificadas para minas. | 233 |
| Figura 11. Accesorios para los cables. | 237 |
| Figura 12. Luminarias para el sistema de alumbrado de emergencia..... | 240 |
| Figura 13. Cajas de Conexiones..... | 243 |
| Figura 14. Soporte para el cableado que va hacia el interior de la mina | 267 |
| Figura 15. Alumbrado dispuesto para la mina..... | 267 |
| Figura 16. Interruptores | 267 |
| Figura 17. Instalación de sopladores de aire al interior de la mina. | 268 |
| Figura 18. Extintores dentro de la mina. | 268 |
| Figura 19. Elementos de la subestación. | 269 |
| Figura 20. Sistema de transporte del material extraído. | 269 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| ANEXO A. APENDICE DE LA NORMA MEXICANA..... | 291 |
| ANEXO B. LISTADO DE NORMAS EXTRANJERAS..... | 293 |
| ANEXO C. NORMATIVA PERUANA..... | 304 |
| ANEXO D. APENDICE DE LA NORMA CHILENA..... | 307 |

RESUMEN

TÍTULO: SINTESIS DE LA NORMATIVA MINERA EN COLOMBIA Y OTRAS REGIONES APLICADA AL MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS*

AUTORES: MARGARITA ROSA COLMENARES GONZALEZ**

GUSTAVO ALFONSO GARCIA ECHEVERRI**

PALABRAS CLAVES: Normativa eléctrico minera, instalaciones eléctricas en minas, normas, minas, recopilación.

Es inevitable negar que los medios de comunicación hayan colaborado en el auge de importancia que ha tomado recientemente el sector minero, sin quitarle mérito propio, por el aporte que este sector hace a la economía del país en que este se destaque.

Colombia no es ajeno a este sector, y así como en países como Chile y Perú donde sus economías dependen en gran parte de la minería, es claro que a diferencia de Colombia han sabido mantener, por no decir que preservar un ambiente laboral y productivo seguro, estableciendo códigos y reglamentos para diseños, montajes y todos los procedimientos que la explotación minera exige.

Sin desconocer lo encontrado en la normativa eléctrica colombiana, en cuanto a las exigencias para instalaciones eléctricas en minas, se queda corta ante normativas ya existentes en los países antes mencionados.

Por lo dicho anteriormente, este proyecto recopila las normativas eléctricas aplicadas a instalaciones en minas, y normatividades mineras en los apartes específicos donde haga referencia a los montajes y diseños de instalaciones eléctricas y todos los requerimientos de seguridad que estos conlleven, en países como Colombia, Chile, México y Perú, en los cuales el sector minero resalta con un gran porcentaje en el PIB¹ de cada uno de estos.

Finalmente, al ubicar los componentes normativos de los países anteriormente mencionados en un plano comparativo, se evidencia la carencia normativa en Colombia de ciertos aspectos del diseño y montaje de instalaciones eléctricas en minas, y se propone en base a las otras reglamentaciones establecer las condiciones mínimas para el desarrollo y elaboración del diseño montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión aplicado al sector minero.

* Trabajo de grado.

**Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Ingeniería Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones.
Ing. Ciro Jurado.

ABSTRACT

TITLE: SUMMARY OF THE MINING LAW IN COLOMBIA AND OTHER REGIONS FOR INSTALLATION OF ELECTRICAL*

AUTHORS: MARGARITA ROSA COLMENARES GONZALEZ**

GUSTAVO ALFONSO GARCIA ECHEVERRI**

KEYWORDS: Mining electrical codes, electrical installations in mines, rules, mining, collection.

It is unavoidable to deny that the media have contributed to the rise of importance that has recently taken the mining sector, without taking her own right, for the contribution this sector makes to the economy of this country stand out.

Colombia is no stranger to this sector, as well as in countries like Chile and Peru, where economies depend heavily on mining, it is clear that unlike in Colombia have been able to maintain, if not to preserve a safe and productive work environment , establishing codes and regulations for design, assembly and all procedures that require mining.

Without ignoring the findings of the Colombian electrical regulations, regarding the requirements for electrical installations in mines, fall short of existing regulations in the countries mentioned above.

As stated above, this project collects electrical regulations apply to installations in mines, and regulations for mining in the sections which refer to specific assemblies and electrical designs and all the safety requirements that go with them, in countries like Colombia, Chile, Mexico and Peru, which highlights the mining sector with a large percentage of the GDP² of each of these.

Finally, locate the normative components of the above countries in a comparative level, it is clear regulations in Colombia lack of certain aspects of design and installation of electrical installations in mines, and plans based on other regulations establish the minimum conditions for the development and design development of electrical installation in low voltage applied to the mining sector.

* Degree Project.

** Physical Mechanics Engineerings Faculty. School of Electric Electronic and Telecommunications. Ing. Ciro Jurado.

INTRODUCCION

La actividad minera representa un porcentaje significativo en la economía mundial, a través de los años se ha venido consolidando convirtiéndose en uno de los sectores más dinámicos. Debido al surgimiento y aumento notorio de la actividad minera, es preciso que se disponga de normas y códigos de seguridad con el fin de garantizar que dicha actividad se desarrolle con la mayor seguridad y calidad. La utilización de energía eléctrica en las minas es indispensable para el cumplimiento y facilitación de muchas de las labores que se desarrollan allí; ya que las maquinarias y equipos propios de la actividad minera necesitan de ésta para su funcionamiento. De ahí la importancia que para la utilización de energía eléctrica se cuente con una normativa que garantice que el uso de energía se va a hacer de forma eficiente y segura.

Las normas que regulan el diseño de instalaciones eléctricas en las minas tienen como objetivo establecer mínimos estándares y requerimientos esenciales para la instalación y mantenimiento de los equipos eléctricos que allí se requieran. También consideran disposiciones para la prevención de los peligros de incendios, daños a personas y propiedades. Se incluye prescripciones aplicables a todo tipo de mina; a minas de superficie y canteras como también a minas subterráneas.

El objetivo de estas Normas Técnicas, Códigos o Reglamentos Técnicos es el de salvaguardar a las personas (de la concesionaria, o de las contratistas en general, o terceros o ambas) y las instalaciones durante la construcción, operación o mantenimiento de las líneas eléctricas tanto de suministro eléctrico como de comunicaciones, y sus equipos asociados sin afectar a las propiedades públicas y privadas, ni al medio ambiente, ni al patrimonio cultural del sector, para cumplir con este objetivo es que este soporte normativo tiene las reglas y requerimientos

que contienen los criterios básicos que son considerados necesarios para garantizar la seguridad del personal propio (de la empresa concesionaria, de las contratistas y subcontratistas) y del público durante condiciones especificadas.

El presente trabajo pretende realizar una síntesis de la normativa minera vigente en Colombia y otros países sobre el diseño de las instalaciones eléctricas en baja tensión. Para ello se realizó una exhaustiva recopilación de las normas vigentes de los países donde la actividad minera es significativa en la economía de dichos países, de esta manera se obtuvieron las bases para elaborar un plan de trabajo y desarrollar el proyecto según los plazos establecidos.

1. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO

1.1. JUSTIFICACION

A través de los años el sector minero se ha consolidado como uno de los más dinámicos en la economía mundial, y Colombia no ha sido la excepción, esto se ve reflejado en el crecimiento de la inversión extranjera en la explotación de la mayoría de las grandes minas del país y en la mejora de la calidad de vida de las personas que viven en las regiones en que se encuentran ubicadas las minas.

Esta ola de inversiones en los recursos mineros se ha visto estimulada en gran parte por el interés del gobierno por ofrecer un mejor clima de inversión, generando condiciones como la estabilidad jurídica en los contratos, normativas ambientales y la política de seguridad que hacen llamativo el mercado; y sin mencionar que las expectativas de inversión en el sector son muy favorables, dado el amplio potencial geológico y minero disponible en el país y en su diversidad de ambientes de formación con presencia de carbón, metales preciosos (oro, plata y platino), ferroníquel, esmeraldas, hierro, cobre y sal, entre los más reconocidos.

El propósito de este proyecto es la elaboración de un documento que busca facilitarle a la comunidad universitaria la verificación del cumplimiento de las normas, leyes y reglamentos vigentes a nivel nacional e internacional sobre el diseño de las instalaciones eléctricas en baja tensión en minas.

1.2. OBJETIVOS

El presente trabajo de Grado, tiene dentro de sus Objetivos General y Específicos los enunciados a continuación.

1.2.1. Objetivo General

Elaborar un documento donde se sintetice la normativa minera vigente en Colombia y otras regiones sobre el diseño de las instalaciones eléctricas en baja tensión.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para el cumplimiento del Objetivo general del proyecto se requiere lo siguiente:

- Recopilar y organizar en este documento el soporte normativo actual de Colombia y otros países relacionado con el diseño de instalaciones eléctricas en el sector minero
- Comparar la normativa existente de Colombia con la de otros países con el fin de destacar las fortalezas y debilidades de las diferentes normas seleccionadas para la recopilación.
- Contrastar la normativa existente con lo que se está aplicando hasta el momento en el diseño de las instalaciones eléctricas en las minas.
- Recalcar de manera clara en el presente documento las condiciones y requisitos de seguridad en el desarrollo y elaboración del diseño de instalaciones eléctricas en las minas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MINAS

Es el lugar donde se encuentra un yacimiento de algún mineral, sea subterráneo o a cielo abierto. Las minas también reciben el nombre de explotaciones mineras o simplemente explotaciones.

2.1.1 Tipos de minas

Las minas pueden ser divididas siguiendo varios criterios. El más amplio tiene en cuenta si las labores se desarrollan por encima o por debajo de la superficie, dividiéndolas, respectivamente, en minas a cielo abierto y en minas subterráneas.

2.1.1.1. Mina a cielo abierto

Las minas a cielo abierto, o minas a tajo abierto, son aquellas cuyo proceso extractivo se realiza en la superficie del terreno y con maquinarias mineras de gran tamaño. Como ejemplos de este tipo de minas se pueden citar a Chuquicamata, La Escondida y Pascua Lama en Chile, Ernest Henry (Australia), Minas de Rio tinto (Huelva - España), Alumbraera- Pirquitas- Manantial Espejo (Argentina) y Minas de Tharsis (España), el Cerrejón (Colombia), la más grande de este tipo en el mundo, con una extensión de 69.000 hectáreas y capacidad de producción de carbón para 2007, estimada en 31.1 millones de toneladas métricas). Las labores características de este sistema de explotación son los: bancos de extracción, bermas, pista, talud final, talud de trabajo, plaza, corta, etc. La excavación se produce al aire libre, profundizando en la tierra y originando una hondonada.

2.1.1.2. Mina Subterránea

La minería subterránea o de socavón desarrolla su actividad por debajo de la superficie a través de labores subterráneas. En términos comparativos, la maquinaria que se usa en la minería subterránea es mucho más pequeña que la que se utiliza a cielo abierto, debido a las limitaciones que impone el tamaño de

las galerías y demás labores. Las labores características de este sistema de explotación son los: túneles, cavernas, bocamina o emboquille, cuartel, galería, pozo, chimenea, etc. Existen distintos métodos de explotación que se dividen en soportados por pilares, soportado por relleno y de hundimiento. La mina subterránea más grande del mundo es El Teniente (Chile) (130 ktpd).

En los últimos años el sector minero se ha consolidado como uno de los más dinámicos en la economía colombiana, desempeño evidenciado en el comportamiento que presenta su producto interno bruto - PIB, que en el último año registró un crecimiento de 4,28%, un poco más de US\$2,9 millones constantes de 1994.

Comportamiento relacionado con las tendencias del mercado mundial que aumentó de la demanda de este tipo de materias primas. Se estima que el PIB Minero de Colombia ocupa la quinta posición en América Latina.

Actualmente en el sector invierten compañías como Drummond (EE.UU), BHP Billinton (Australia, Reino Unido), Anglo American Coal (Reino Unido), Glencore (Suiza), Xstrata (Suiza) y Cemex (México), entre otros. También desarrollan labores de exploración empresas mineras como Anglogold Ashanti, uno de los mayores productores mundiales de oro con un presupuesto de inversión de U\$8 millones y GreystaResources con un presupuesto de inversión cercano a los U\$14 millones.

3. NORMATIVACOLOMBIANA

En Colombia, los sectores que jalonaron la economía hacia el alza fueron: minas y canteras, con un crecimiento de 12,7% (este sector representó el 6,9% del PIB) dato obtenido del ministerio de comercio industria y turismo³. Por ser este sector tan importante en la economía colombiana, es que se hace indispensable el cumplimiento de la normativa eléctrica aplicada a ella, para así garantizar que la actividad minera se realice de manera segura.

El conjunto normativo colombiano está comprendido por el **REGLAMENTO TECNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS (RETIE)** y el **CODIGO ELECTRICO COLOMBIANO (NTC 2050)**, y se hará énfasis en los apartes de éstos donde trate el tema a desarrollar en este proyecto.

3.1. RETIE⁴

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas está orientado a garantizar la protección de la vida de las personas, la vida animal y la conservación del medio ambiente contra riesgos que puedan provenir de los bienes y servicios relacionados con el sector eléctrico.

Para cumplir con este objetivo, se ha reunido en este Reglamento Técnico los preceptos esenciales, que por ser una garantía de seguridad frente a riesgos eléctricos, definen el ámbito de aplicación y los parámetros básicos de las instalaciones eléctricas. REQUISITOS PARA INSTALACIONES EN MINAS

³<http://www.mincomercio.gov.co/econtent/documentos/estudioeconomicos/2011-informeecon-i.pdf>

⁴ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. RETIE: Resolución 181294. Agosto 6 de 2008. Cuarta Edición. Bogotá DC. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia.

3.1.1.1. REQUISITOS GENERALES:

- a) En toda mina superficial o bajo tierra, donde se use electricidad debe haber planos o diagramas que muestren la información actualizada del sistema eléctrico, la cual debe estar siempre disponible para la autoridad competente.
- b) Las reparaciones, ampliaciones y cambios en las instalaciones eléctricas deben ser efectuadas solamente por personal calificado en electricidad con matrícula o certificado de matrícula profesional, certificado de inscripción profesional, que determina la ley.
- c) Se deben instalar interruptores en el punto de suministro de toda instalación temporal.
- d) Los medios de desconexión de un circuito deben estar bloqueados y etiquetados en la posición abierta, mientras se realice trabajos en una máquina o equipo.
- e) Toda área con equipo eléctrico debe contar con por lo menos un extintor.
- f) Los cables portátiles de potencia que no excedan los 750 V deben ser certificados para uso en minería como el tipo SHD-GC o similares, aislados por lo menos para 2000 V.
- g) Todos los cables instalados en el interior de una mina o sus vías de escape, no deben ser propagadores de llama y tener una baja emisión de humos. Los cables portátiles de potencia que operan a tensiones que excedan los 750 V deben ser conductores de potencia apantallados individualmente y conductor de tierra, tal como el tipo SHD o conductores de potencia apantallados individualmente, conductores de tierra y un conductores de monitoreo de tierra, tal como el SHD-GC o similares, aislados por lo menos para 25000 V. estos cables deben incluir en su rotulado, que son a prueba de llama.

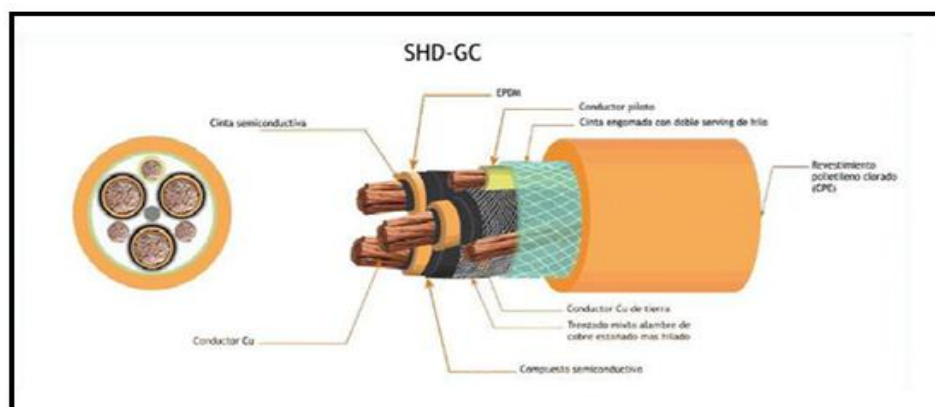
Los conductores SHD-GC por su gran resistencia y flexibilidad se recomienda para ser usado principalmente en faenas mineras para alimentación de grúas, palas, perforadoras, dragas y en general en equipos que operan en movimiento.

Conductor de cobre flexible de gran flexibilidad, aislado con EPDM. Posee conductor de tierra. Cada fase está constituida por un trenzado mixto de alambres de cobre estañado y algodón, lo que contribuye eficazmente a la flexibilidad del cable. La cubierta final es Polietileno Clorado (CPE).

Las características principales son:

Aislación de caucho etileno propileno, EPDM, de excelentes propiedades eléctricas, flexibilidad aún a bajas temperaturas, resistente a agentes químicos y ozono. Blindaje de cada fase constituido por un trenzado mixto de alambres de cobre estañado y algodón, lo que contribuye eficazmente a la flexibilidad del cable. Los conductores de tierra son de cobre blando flexible, sin estaño y sin aislación. Revestimiento final constituido por un compuesto Extra Heavy Duty de Polietileno Clorado (CPE) o similar, de gran resistencia al arrastre, intemperie, ozono, agentes químicos y a la llama. Este producto también está disponible con cubierta de Poliuretano, cuya principal ventaja es que es un compuesto no clorado. En este caso se denomina SHD-E

Figura 1. Conductor SHD-GC



Fuente: http://www.phercab.com/pdf/proteccion_ip.pdf

- h) Cuando una mina es abandonada o deja de ser operada, debe desenergizarse todos los circuitos para evitar condiciones de riesgo para las personas.
- i) Todo equipo eléctrico instalado en lugares de almacenamiento de explosivos o detonadores o en general donde se presenten ambientes con gases o vapores explosivos, deben cumplir con los requerimientos correspondientes a la clasificación Clase II, División 2, según NTC 2050 o su equivalente IEC⁵.
- j) Los polvorines en superficie deben estar ubicados, como mínimo a 60 m de redes aéreas y como mínimo a 100 m de subestaciones eléctricas.
- k) En todos los circuitos que operen a tensiones que excedan los 300 V se deben instalar medios de desconexión del tipo apertura visible u otros que indiquen que los contactos estén abiertos y localizarse tan cerca como sea posible al punto de suministro. Se permite el uso de interruptores automáticos de caja moldeada sin apertura visible, siempre y cuando, se tomen medidas para asegurar que todas las fases queden abiertas.
- l) Se debe contar con un sistema de alumbrado de emergencia cuando exista la posibilidad de peligro al personal por causa de una falla en el sistema de alumbrado.
- m) Toda sección accesible de una banda transportadora accionada eléctricamente debe tener un cordón de seguridad que se extienda a lo largo de ella y que esté dispuesta de tal manera que pare la banda en caso de emergencia. El interruptor operado por el cordón de seguridad debe ser de reposición manual. Una banda transportadora usada en mina subterránea o una banda transportadora

⁵ International Electro technical Commission IEC. 60079-0. Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 1: General requirements.

de más de 15 m de longitud instalada en un edificio u otra estructura cerrada debe tener un dispositivo de detección para parar el motor en el caso que la banda se obstruya o se desvíe.

n) Cuando se hagan empalmes permanentes en cables de arrastre, deben ser mecánicamente fuertes y con una adecuada conductividad eléctrica, aislados y sellados en forma efectiva para evitar el ingreso de humedad, y probada su continuidad y aislamiento por personal calificado antes de ser puestos en servicio.

o) Los acopladores que se usen para unir cables portátiles de potencia que operan a tensiones que excedan los 300 V, deben tener un dispositivo de sujeción mecánico, para unir el acoplador de cable, con una resistencia a la tracción mayor que el de los cables portátiles de potencia; dispositivos liberadores de esfuerzo adecuados para el cable portátil de potencia y medios para prevenir el ingreso de humedad.

3.1.1.2. Requisitos De Conexión A Tierra:

a) Para el propósito de mayor protección y reducción del arco en caso de falla a tierra, se requiere que los circuitos de suministro sean puestos a tierra a través de una impedancia limitadora (sistema IT), el cual requiere un sistema de vigilancia o monitoreo del aislamiento de la red que permite indicar permanentemente la continuidad del circuito de tierra y proteja la instalación mediante desconexión la cual debe hacerse como máximo en 1.5 segundos o que active un sistema de alarma. El monitoreo debe estar instalado en un circuito a prueba de fallas.

b) En redes con tensiones nominales de hasta 1000 V, debe instalarse una lámpara de luz intermitente en zonas de permanencia de personas, la cual debe prenderse si la resistencia de aislamiento de la red desciende por debajo de 50 Ω por cada voltio de tensión nominal fase-tierra. Cuando se use una alarma visible

para indicar una falla a tierra, tal alarma será continua hasta que se elimine la falla. En caso que se use alarmas audibles y visibles, la alarma audible podrá ser cancelada y reemplazada por la alarma visible hasta que se elimine la falla.

c) La impedancia limitadora debe ser dimensionada para funcionamiento continuo, excepto cuando se provea un dispositivo de disparo de falla a tierra; monitoreada de tal manera que desenergice la fuente si la impedancia se abre y conectada al neutro tan cerca como sea posible de la fuente.

d) En casos que existan sistemas no puestos a tierra se debe instalar un dispositivo indicador de falla a tierra acoplado con la protección del circuito. En estos casos, una falla a tierra debe ser investigada y eliminada tan pronto como sea posible.

3.1.1.3. Requisitos para Equipos:

Los Equipos móviles que operen a tensiones por encima de los 300 V y estén conectados a una fuente de tensión con un cable portátil de potencia deben:

a) Usar cables portátiles de potencia multiconductora con conductores de tierra, conductor de chequeo de tierra y un apantallado total para 2000 V o menos, tal como el tipo SHD-GC o similares.

b) Tener protección de falla a tierra y monitoreo del conductor de tierra en el lado de la fuente o conectar a la red equipotencial del sistema de puesta a tierra el equipo móvil, usando un conductor adicional, de capacidad equivalente a los conductores de tierra del cable portátil de potencia.

3.1.1.3.1. Subestaciones.

Las subestaciones que consistan de un conjunto de equipos eléctricos montados sobre una estructura autoportante móvil deberán cumplir con lo siguiente:

- a) La estructura autoportante debe ser apta para el movimiento a través de terreno irregular o estar provista de medios de izaje para permitir el levantamiento sobre un medio de transporte.
- b) El transformador de potencia y los demás componentes de la subestación deben estar dentro de una cubierta totalmente cerrada o encerradas con una malla eslabonada o equivalente con una altura mínima de dos metros.

3.1.1.3.2. Equipos móviles.

Equipos móviles con tensiones por encima de los 300 V, deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) El transformador que alimente de energía a un equipo eléctrico móvil con más de 300 V.c.a., debe tener una potencia nominal al menos del 125% de la potencia nominal del equipo eléctrico móvil que alimenta.
- b) La conexión de la impedancia limitadora debe hacerse tan cerca como sea posible del punto neutro del transformador. Si el cable que conecta el neutro del transformador y el dispositivo de puesta a tierra excede los dos metros de longitud debe ser protegido contra daños físicos.
- c) La resistencia del sistema de puesta a tierra de la subestación móvil con electrodos debe ser medida y probada la protección de falla a tierra después de cada instalación o cambio de ubicación de la subestación. Se deben hacer los cambios necesarios, hasta asegurar que la máxima elevación del potencial de tierra sea menor o igual a 100 V.
- d) Los cables portátiles de potencia usados para alimentar a los equipos eléctricos móviles deben sea del tipo SHC-GC, SHD-GC o similar y certificados para uso en minería; tener conectores de entrada del cable que eviten el ingreso de agua, polvo y otras condiciones ambientales a las cajas de empalme y caja de interruptores.
- e) Toda locomotora o vehículo eléctrico sobre rieles, debe ser equipado con lámparas que permanecerán energizadas si el interruptor está en la posición de encendido. Toda locomotora en movimiento debe emitir una luz en la dirección del

viaje la cual otorgue una iluminación para hacer claramente visible a las personas y objetos a una distancia mínima de 30 metros.

f) Toda locomotora o vehículo eléctrico sobre rieles debe ser equipado con algún tipo de control del tipo "hombre muerto" el que deberá quitar la energía automáticamente cuando el operador abandona su compartimiento.

3.1.1.4. Requisitos específicos para minas subterráneas:

Además de los requisitos generales que le apliquen, las minas subterráneas deben cumplir lo siguiente:

a) Los conductores, cables, o cables portátiles de potencia que alimenten a equipos fijos con tensiones a tierra que excedan los 150 V deben ser protegidos por armaduras, tubos rígidos u otros medios mecánicos similares; o por una adecuada ubicación.

b) Cuando se hagan empalmes en cables o conductores que excedan los 750 V, deben tener características mecánicas y eléctricas equivalentes a las del cable, deben ser realizados bajo la supervisión directa de una persona competente, tener un aislamiento igual o superior que el cable original y estar sellado contra la humedad.

c) Un transformador instalado en una mina subterránea debe ser protegido contra daño físico; resguardado de tal manera que se impida el acceso a personal no calificado y no autorizado, tener espaciamientos alrededor del mismo para permitir un acceso seguro para inspección, mantenimiento y reparación, ser montado sobre una base a prueba de fuego y en una ubicación que minimice la propagación del fuego, no ser usado donde haya riesgo de inundación y estar provisto con una cubierta que cumpla con los requerimientos de la NTC 2050.

d) Cuando un transformador del tipo seco o de relleno con nitrógeno sea instalado en una mina subterránea, debe tener materiales aislantes iguales o superiores que la clase H de acuerdo con la IEC 85 y estar a una distancia mínima de tres metros de puntos de trabajo, o de circulación de personas.

Características de los transformadores tipo seco:

- Bajas pérdidas gracias a su diseño y calidad de materiales
- Bajo nivel de ruido
- Uso interior o exterior y a prueba de polvo
- No requiere de locales especiales para su instalación
- Devanados de conductor electrolítico de máxima conductividad
- Sistema de aislamiento de 220° C, con impregnación en resina aislante (Clase H)
- Gabinete ventilado de lámina de acero al carbón fosfatado por inmersión con pintura de poliéster en polvo de aplicación electrostática.(Ver figura 1)

Figura 2. Transformador Tipo Seco.



Fuente:http://www.coelvictoria.com.mx/tuberias_conexiones/crouse_hinds.pdf

3.2. CÓDIGO ELECTRICO COLOMBIANO NTC 2050

El Código Eléctrico Colombiano es la materialización de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en

construcciones, basadas en parámetros aplicados y validados mundialmente, los cuales garantizan al usuario una utilización segura y confiable de las instalaciones eléctricas.

Es necesario recalcar que en varias ocasiones se citarán diferentes artículos y/o capítulos de la NTC 2050⁶ que no hacen parte de esta recopilación y que están relacionados de una u otra manera con los literales que sí hacen parte de la recopilación realizada.

3.2.1. Ambientes Especiales: Lugares Peligrosos (Clasificados)

3.2.1.1. Alcance.

Las Secciones 3.2.1 a 3.2.6. Tratan de los requisitos del alambrado y equipos eléctricos y electrónicos a cualquier tensión, instalados en lugares Clase I, Divisiones 1 y 2, Clase II, Divisiones 1 y 2 y Clase III, Divisiones 1 y 2 en donde puede existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras o partículas combustibles.

Nota, Véase la Sección 3.2.6. Para los requisitos de los equipos eléctricos y electrónicos y para el alambrado a todas las tensiones en lugares peligrosos (clasificados) de Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2 en donde pueden existir riesgos de explosión debidos a gases, vapores o líquidos inflamables.

3.2.1.2. Otras Secciones

Excepto como se modifica en las Secciones 3.2.1 hasta 3.2.5, todas las demás reglas contenidas en este Código se deben aplicar al equipo eléctrico y alambrado instalado en lugares peligrosos (clasificados).

⁶ Norma Técnica Colombiana. NTC. Noviembre 11 de 1998. Primera Actualización. Bogotá DC. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia.

3.2.1.3. Generalidades

a) Clasificaciones de Lugares. Los lugares se deben clasificar dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables y los polvos o fibras combustibles que pueda haber en ellos y por la posibilidad de que se produzcan concentraciones o cantidades inflamables o combustibles. Cuando los únicos materiales utilizados o manipulados en estos lugares sean pirofóricos (materiales que se inflaman al contacto con el aire), estos lugares no deben ser clasificados. Para determinar su clasificación, cada local, sección o área se debe considerar individualmente.

Nota. Aplicando el ingenio en el diseño de las instalaciones eléctricas de los lugares peligrosos (clasificados), frecuentemente se pueden ubicar la mayor parte de los equipos en lugares menos peligrosos o no peligrosos, con lo que se reduce el número de equipos especiales necesarios.

b) Documentación. Todas las áreas designadas como lugares peligrosos (clasificados) deben estar adecuadamente documentadas. Esta documentación debe estar disponible para quienes están autorizados a diseñar, instalar, inspeccionar, mantener u operar el equipo eléctrico en el lugar.

c) Conduit Roscado. Todos los conduit roscados de los que trata esta Sección deben llevar rosca estándar NPT hecha con una máquina de roscar que produzca una conicidad de 62,5 mm por m (0,75 pulgadas por pie). Dichos tubos se deben apretar con llave de modo que; 1) se eviten las chispas cuando pase por la tubería conduit una corriente de falla y 2) garanticen la integridad contra explosiones o ignición de polvos de la tubería conduit donde sea aplicable.

Para los equipos dotados con entradas roscadas para conduit o accesorios con rosca métrica, se deben utilizar adaptadores certificados para permitir la conexión de conduit con rosca NPT, con accesorios de tubo conduit certificados, con accesorios de cable certificado o con accesorios de cable certificado con rosca métrica.

Nota. Las especificaciones de roscado para las roscas métricas se encuentran en las normas NTC 2195 Rosca métrica ISO para uso general. Tolerancias. Datos básicos y principales, NTC 2196 Rosca métrica ISO para uso general. Tolerancias.

d) Conjuntos de cable de fibra óptica. Cuando un conjunto de cable de fibra óptica contenga conductores capaces de portar corriente, dicho conjunto se debe instalar de acuerdo con los requisitos de las Secciones 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 o 3.2.4, la que sea aplicable.

3.2.1.4. Técnicas de protección

A continuación se indican las técnicas de protección aceptables para los equipos eléctricos y electrónicos instalados en lugares peligrosos (clasificados).

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

b) 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.

Nota. El equipo a prueba de ignición de polvos se define en el Artículo 3.2.3.1.

c) Hermético al polvo. Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en aquellos lugares Clase II, División 2 y Clase III para los cuales estén aprobados.

Notas: Los encerramientos herméticos al polvo se construyen de manera que el polvo no entre en las carcasas de encerramiento bajo condiciones específicas de ensayo.

d) Purgado y presurizado. Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en cualquier lugar peligroso (clasificado) para el cual estén aprobados.

Nota: En algunos casos se pueden reducir los riesgos o limitar e incluso eliminar los lugares peligrosos (clasificados) mediante una adecuada ventilación forzada desde una fuente de aire limpio junto con otros medios de seguridad eficaces por si falla la ventilación.

e) Sistemas intrínsecamente seguros. Se permiten equipos y alambrado intrínsecamente seguros en todos los lugares peligrosos (clasificados) para los que estén aprobados y en este caso no son de aplicación a dichas instalaciones las disposiciones de las Secciones 3.2.2 a 3.2.4,3.2.6. , excepto lo exigido por la Sección 3.2.5.

La instalación de alambrado y aparatos intrínsecamente seguros debe estar de acuerdo con los requisitos de la Sección 3.2.5.

f) No incendiaria. Es una técnica de protección donde, bajo condiciones normales de operación, cualquier arco o efecto térmico no es capaz de dar la ignición del gas, vapor o mezcla de polvo en aire inflamable. Se permite esta técnica de protección en equipos instalados en lugares Clase I División 2, de Clase II División 2 y de Clase III para los que estén aprobados.

1) Circuito No incendiario. Es un circuito en el cual cualquier arco o efecto térmico producido, bajo determinadas condiciones de operación del equipo o debido a la apertura, cortocircuito o puesta a tierra del alambrado en sitio, no es capaz, bajo condiciones de ensayo específicas, de dar ignición a gas, vapor o mezcla de polvo - aire inflamables.

2) Equipo No incendiario. Equipo que tiene circuitos eléctricos y/o electrónicos y que es incapaz, bajo condiciones normales de operación, de causar la ignición

de un gas, vapor o mezcla de polvo aire específicos inflamables, debido a arcos o medios térmicos.

3) Componente no incendiario. Un componente que tiene contactos para abrir o cerrar un circuito incendiario; el mecanismo de contacto debe estar construido de modo que el componente sea incapaz de dar ignición a la mezcla inflamable de gas - aire o vapor - aire específica. La carcasa de un componente no incendiario no está destinada para: 1) eliminar la atmósfera inflamable, o 2) contener una explosión.

Se permite aplicar esta técnica de protección a los contactos de corte de corriente en lugares Clase I División 2, Clase II División 2 y Clase III para los cuales el componente esté aprobado.

g) Inmersión en aceite. Se permite aplicar esta técnica de protección a los contactos de corte de corriente en lugares Clase I División 2, como se describen en el Artículo 3.2.2.6 b).1).2).

Nota. Véanse los Artículos 3.2.2.3 b).1) Excepción a.; 3.2.2.5.a).1) Excepción b.; 3.2.2.6.b).1); 3.2.2.14.b).1) Excepción a.; 3.2.2.14.a).2) Excepción y 3.2.3.13.a).3).

h) Herméticamente sellado. Un dispositivo herméticamente sellado debe impedir la entrada de cualquier atmósfera externa y el sello se debe hacer por fusión, es decir, por soldadura, cobre soldadura, electro soldadura o fusión de vidrio a metal. Se permite aplicar esta técnica de protección a los contactos de corte de corriente en lugares Clase I División 2.

Nota. Véanse los Artículos 3.2.2.3.b).1) Excepción b.; 3.2.2.5.a).1) Excepción a.; 3.2.2.6.b).1); 3.2.2.14.b).1) Excepción b.

i) Otras técnicas de protección. Se aceptan otras técnicas de protección utilizadas en equipo certificado para uso en lugares peligrosos (clasificados).

3.2.1.5. Precauciones especiales

Las Secciones 3.2.1 a 3.2.5 exigen que los equipos estén contruidos e instalados de manera que garanticen un funcionamiento seguro en condiciones adecuadas de uso y mantenimiento.

La clasificación de área, el alambrado y la selección de equipos deben estar supervisados por un ingeniero especializado en lugares peligrosos (clasificados).

Notas:

- 1) Es importante que las autoridades con jurisdicción y los usuarios pongan un cuidado mayor del normal con respecto a instalación y mantenimiento.
- 2) Las bajas condiciones ambientales requieren una consideración también especial. Es posible que un equipo a prueba de explosión o a prueba de ignición de polvos no sea adecuado para temperaturas menores a -25 °C, a menos que esté aprobado para uso a esas temperaturas. No obstante, es posible que a bajas temperaturas del ambiente no se produzcan concentraciones inflamables de vapores en lugares Clase I División 1, que sí son inflamables a temperatura ambiente normal.

Para efectos de los ensayos, aprobación y clasificación de áreas, se deben agrupar diversas mezclas de aire (no en atmósferas enriquecidas con oxígeno), de acuerdo con los Artículos 3.2.1.5 a) y 3.2.1.5.d).

Excepción. Los equipos aprobados para un gas, vapor o polvo específicos

Nota. Este agolpamiento se basa en las características de los materiales. Existen instalaciones disponibles para ensayo e identificación de los equipos para uso en varios grupos atmosféricos.

- a) Clasificación por grupos de las atmósferas de Clase I. Los grupos de Clase I son:

- 1) Grupo A. Atmósferas que contengan acetileno.
- 2) Grupo B. Atmósferas que contengan hidrógeno, combustibles y gases combustibles de procesos con más del 30 % de hidrógeno por volumen, o gases o vapores de riesgo equivalente, como butadieno, óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína.

Excepciones:

- 1) Se permite usar equipos para el Grupo D en atmósferas con butadieno si dichos equipos están aislados según el artículo 3.2.2.5.3), mediante sellado de todo el tubo conduit de 16 mm (1/2 ") de diámetro comercial o más.
- 2) Se permite usar equipos para el Grupo C en atmósferas que contengan óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína si dichos equipos estén aislados según el Artículo 3.2.2.5.a), mediante sellado de todo el tubo conduit de 16 mm (1/2 ") de diámetro comercial o más.
- 3) Grupo C. Atmósferas con gases como éter etílico, etileno u otros gases o vapores de riesgo equivalente.
- 4) Grupo D. Atmósferas con gases como acetona, amoniaco, benceno, butano, ciclopropano, etanol, gasolina, hexano, metanol, metano, gas natural, nafta, propano o gases o vapores de riesgo equivalente.

Nota:

- 1) Las características de explosión de las mezclas de aire con gases o vapores pueden variar según el material involucrado. Para los lugares Clase I y los grupos A, B, C y D, la clasificación supone la determinación de la presión máxima de explosión y del intersticio máximo de seguridad entre las partes de las juntas ajustadas en un encerramiento. Por tanto, es necesario que los equipos estén aprobados no sólo para lugares de una clase determinada, sino también para el grupo de gases o vapores que pueda haber en dichos lugares.

2) Algunas atmósferas químicas pueden presentar características que exijan medidas de seguridad superiores a las de los grupos reseñados. Uno de estos productos es el disulfuro de carbono, dada su baja temperatura de ignición (100 °C) y el pequeño intersticio de la junta permitido para cortar su llama.

b) Clasificación por grupos de las atmósferas de Clase II. Los grupos de Clase II son:

1) Grupo E. Atmósferas que contengan polvos metálicos combustibles, como los de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales u otros polvos combustibles de partículas cuyo tamaño, abrasividad y conductividad presenten riesgos similares con el uso de equipos eléctricos.

Nota. Algunos polvos metálicos pueden tener características que requieran medidas de seguridad superiores a las reseñadas para los polvos de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales. Por ejemplo, los polvos de circonio, torio y uranio tienen temperaturas de ignición muy bajas (a veces hasta de sólo 20 °C) y energías mínimas para ignición más bajas que cualquier otro material de los grupos de los lugares Clase I o Clase II.

2) Grupo F. Atmósferas que contengan polvos combustibles de carbón que tengan más del 8 % total de partículas volátiles, como por ejemplo carbón vegetal, carbón mineral, negro de humo o polvos que estén sensibilizados por otros materiales de modo que presenten riesgo de explosión.

3) Grupo G. Atmósferas que contengan polvos combustibles no incluidos en los Grupos E o F, como harina, cereales, aserrín de madera, aserrín de plástico y productos químicos.

Nota:

1) Las características de explosión de las mezclas de aire y polvo varían con los materiales afectados. En los lugares Clase I, la clasificación de los grupos E, F y G

incluye la hermeticidad de las juntas y de los ejes, para evitar la entrada de polvos en encerramientos a prueba de ignición de polvos, la deposición de capas de polvo sobre los equipos de modo que pueda dar lugar a sobrecalentamiento y la temperatura de ignición de los polvos. Por tanto, es necesario que los equipos estén aprobados no sólo para lugares de una clase determinada, sino también para el grupo de polvos que pueda haber en dichos lugares.

2) Algunos polvos pueden requerir mayores precauciones debido a los fenómenos químicos que pueden dar lugar a la generación de gases inflamables.

c) Aprobación de la Clase y propiedades. Independientemente de la clasificación del lugar donde estén instalados, los equipos que dependan de un solo sello de presión, un diafragma o un tubo para evitar que entren fluidos inflamables o combustibles en el equipo, deben estar aprobados para lugares Clase I División 2.

Excepción. Los equipos instalados en lugares Clase I División 1 deben ser adecuados para el lugar de División 1.

Nota. Para requisitos adicionales, véase el Artículo 3.2.2.5.f).3).

Estos equipos deben estar aprobados no sólo para el lugar de la clase correspondiente, sino también de acuerdo con las propiedades explosivas, combustibles o de ignición del vapor, gas, polvo, fibra o partículas que pueda haber en él. Además, los equipos de Clase I no deben tener ninguna superficie expuesta que pueda calentarse durante su funcionamiento por encima de la temperatura de ignición del gas o vapor que pueda haber. Los equipos de Clase II no deben tener partes externas a una temperatura superior a la especificada en el Artículo 3.2.1.5.f). Los equipos de Clase III no deben tener partes externas a una temperatura superior a la especificada en el Artículo 3.2.4.1.

Se permite que los equipos aprobados para lugares de la División 1 se ubiquen en lugares de la División 2 de la misma clase y grupo.

Cuando lo permitan específicamente las Secciones 3.2.2.a3.2.4, se permite instalar equipos de propósitos generales o instalados en encerramientos de propósito general en lugares de la División 2, si esos equipos no constituyen fuente de ignición en condiciones operativas normales. Si no se indica otra cosa, se supone que las condiciones operativas normales de los motores son las de funcionamiento continuo a plena carga.

Cuando haya o pueda haber al mismo tiempo presentes gases inflamables y polvos combustibles, se debe tener en cuenta la presencia simultánea de ambos elementos para establecer la temperatura de operación segura del equipo eléctrico.

Nota. Las características de las distintas mezclas atmosféricas de aire con gases, vapores o polvos dependen del material específico presente.

d) Rotulado. Los equipos aprobados se deben rotular con la clase, grupo y temperatura o rango de temperaturas de funcionamiento referenciado para un ambiente a 40 °C.

Excepciones:

1) No es necesario que lleven rotulada la temperatura o el rango de temperatura de funcionamiento los equipos que no generen calor, como las cajas de unión, tubería conduit, accesorios, y los que produzcan calor con una temperatura máxima no superior a 100 °C.

2) No es necesario que lleven rotulado el grupo los elementos fijos de alumbrado rotulados exclusivamente para lugares Clase I División 2 o Clase II División 2.

3) No es necesario que lleven rotulada la clase, grupo, división ni temperatura de funcionamiento los equipos fijos de propósito general en lugares Clase I

distintos de los equipos fijos de alumbrado, que sean aceptables para su uso en lugares Clase I División 2.

4) No es necesario que lleven rotulada la clase, grupo, división ni temperatura de funcionamiento los equipos herméticos al polvo distintos de los equipos de alumbrado fijos, que sean aceptables para su uso en lugares Clase II División 2 y Clase III.

5) Los equipos eléctricos adecuados para funcionar a temperaturas ambiente superiores a 40 °C deben ir rotulados con la temperatura ambiente máxima y además con la temperatura o rango de temperatura de funcionamiento a esa temperatura ambiente.

Nota. Los equipos sin rótulo de división o con rótulo de “División 1” o “Div. 1” son adecuados para lugares de la División 1 y División 2. Los equipos con rótulo de “División 2” o “Div. 2” sólo son adecuados para lugares de la División 2.

Si aparece en el rótulo, el rango de temperatura debe estar indicado mediante las marcas identificativas de la Tabla 1 Los números de identificación rotulados en las placas de características de los equipos deben estar de acuerdo con la Tabla 1 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 los lugares Clase I y Clase II.

Tabla 1. Marcas Identificativas

| Temperatura máxima °C | Marca Identificativa |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 450 | T1 |
| 300 | T2 |
| 280 | T2A |
| 260 | T2B |
| 230 | T2C |
| 215 | T2D |
| 200 | T3 |
| 180 | T3A |
| 165 | T3B |
| 160 | T3C |
| 135 | T4 |
| 120 | T4A |
| 100 | T5 |
| 85 | T6 |

Fuente: NTC-2050: Código Eléctrico Colombiano.

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

e) Temperatura de Clase I. La temperatura rotulada según el anterior apartado d) no debe superar la temperatura de ignición del gas o vapor específico que pueda encontrarse.

f) Temperatura de Clase II. La temperatura rotulada según el anterior apartado d) debe ser menor que la temperatura de ignición del polvo específico que pueda encontrarse. Para polvos orgánicos que se puedan deshidratar o

carbonizar, la temperatura rotulada debe ser menor que el menor de los siguientes valores: la temperatura de ignición o 165 °C.

Se asume que la temperatura de ignición de los equipos aprobados antes de este requisito, debe ser la que aparece en la Tabla 2

Tabla 2. Temperaturas de ignición

| Equipos no expuestos a sobrecargas | | Equipos expuestos a sobrecargas (motores y transformadores de potencia) | |
|------------------------------------|-----|---|---------------------------|
| | | En funcionamiento normal | En funcionamiento anormal |
| Grupos de la Clase II | °C | °C | °C |
| E | 200 | 200 | 200 |
| F | 200 | 150 | 200 |
| G | 165 | 120 | 165 |

Fuente: NTC-2050: Código Eléctrico Colombiano.

3.2.1.6. Lugares Clase I:

Los lugares Clase I son aquellos en los que hay o puede haber presente en el aire gases o vapores inflamables en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables. Los lugares Clase I son los incluidos en los siguientes apartados a) y b):

a) Clase I División 1. Un lugar de Clase I División 1 es un lugar 1) en el que, en condiciones normales de funcionamiento, puede haber concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, o 2) en el que frecuentemente, debido a operaciones de reparación o mantenimiento o a fugas, pueda haber

concentraciones combustibles de dichos gases o vapores, o 3) en el que la rotura o funcionamiento defectuoso de equipos o procesos pueda liberar concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables y simultáneamente se pueda producir una avería en el equipo eléctrico de una forma en que se pueda causar directamente que el equipo se convierta en una fuente de ignición.

Notas:

1) Esta clasificación incluye usualmente los lugares en los que se transvasan de un recipiente a otro líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables; el interior de las cabinas de pintura por rociado y los alrededores de los lugares donde se realizan operaciones de pintura y rociado con uso de disolventes volátiles inflamables; los lugares que contienen depósitos o recipientes abiertos con líquidos volátiles inflamables; las cámaras o compartimentos de secado por evaporación de disolventes inflamables; los lugares de extracción de aceites y grasas que contengan equipos que utilicen disolventes volátiles inflamables; las áreas de las plantas de limpieza y tinte que utilicen líquidos inflamables; los cuartos de generadores y otras áreas de las plantas de fabricación de gas en las que se puedan producir fugas de gases inflamables; los cuartos de bombas de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables que estén inadecuadamente ventilados; el interior de refrigeradores y congeladores en los que se guarden materiales volátiles inflamables en recipientes abiertos, ligeramente tapados o que se puedan romper, y todos los demás lugares donde exista la probabilidad de que se produzcan concentraciones combustibles de vapores o gases inflamables durante su funcionamiento normal.

2) En algunos lugares de la División 1 puede haber concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables de modo continuo o durante largos periodos. Por ejemplo, en el interior de recintos mal ventilados que contengan instrumentos que normalmente introduzcan gases o vapores inflamables hacia el interior del recinto, el interior de depósitos ventilados que contengan líquidos

volátiles inflamables, la zona entre las partes externa e interna de la tapa de depósitos con tapa flotante que contengan fluidos volátiles inflamables, las áreas mal ventiladas de los lugares donde se realizan operaciones de pintura o rociado con fluidos volátiles inflamables y el interior de los conductos de salida que se utilizan para airear los lugares donde pueda haber concentraciones de gases o vapores inflamables. La experiencia ha demostrado que es prudente: a) evitar la instalación de instrumentos o equipos eléctricos en estas áreas en particular o b) cuando no se pueda evitar porque resulten esenciales para los procesos y no sea factible hacerlo en otros lugares (véase Artículo 3.2.1.3. a), Nota 1), utilizar equipos o instrumentos eléctricos aprobados para esa aplicación específica o que sean intrínsecamente seguros, como se describe en la Sección 3.2.5.

b) Clase I División 2: Un lugar de Clase I División 2 es un lugar: 1) en el que se manipulan, procesan o utilizan líquidos volátiles inflamables o gases inflamables pero en el que dichos líquidos, vapores o gases están normalmente dentro de contenedores cerrados o en sistemas cerrados de los que pueden salir sólo por rotura accidental o avería de dichos contenedores o sistemas o si funcionan mal los equipos; o 2) en los que normalmente se evita la concentración combustible de gases o vapores mediante ventilación mecánica forzada y que se pueden convertir en peligrosos por la falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación; o 3) adyacente a un lugar de la Clase I División 1 y al que en consecuencia puedan llegar concentraciones combustibles de gases o vapores, a menos que dicha posibilidad se evite mediante un sistema de ventilación forzada desde una fuente de aire limpio y medidas de seguridad eficaces contra las posibles fallas de la ventilación.

Notas:

1) Esta clasificación incluye usualmente los lugares en los que se utilizan líquidos volátiles inflamables o vapores inflamables pero que, a juicio de la autoridad con jurisdicción, sólo resultarían peligrosos en caso de accidente o funcionamiento

anormal. Los factores que hay que tener en cuenta para establecer la clasificación y dimensiones de dichos lugares son la cantidad de materiales inflamables que podrían escapar en caso de accidente, la adecuación del equipo de ventilación, el área total involucrada y el historial de incendios o explosiones de esa industria o de ese negocio.

2) Las tuberías sin válvulas, mirillas, contadores y dispositivos similares generalmente no dan lugar a situaciones peligrosas, aunque se utilicen para líquidos o gases inflamables. Los lugares utilizados para el almacenamiento de líquidos inflamables o gases licuados o comprimidos en depósitos herméticos, no se consideran normalmente lugares peligrosos a menos que también estén sometidos a otras condiciones de riesgo.

3.2.1.7. Lugares Clase II.

Un lugar de Clase II es el que resulta peligroso por la presencia de polvos combustibles. Los lugares Clase II incluyen los especificados en los siguientes apartados a) y b):

a) Clase II División 1. Un lugar de Clase II División 1 es un lugar: 1) en el que, en condiciones normales de funcionamiento, hay en el aire polvo combustible en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o combustibles; o 2) en el que una falla mecánica o el funcionamiento anormal de la maquinaria o equipos puede hacer que se produzcan dichas mezclas explosivas o combustibles y en el que además pueda haber una fuente de ignición debida a la falla simultánea de los equipos eléctricos, de los dispositivos de operación y protección o por otras causas; o 3) en el que puede haber polvos combustibles eléctricamente conductivos en cantidades peligrosas.

Nota. Los polvos combustibles eléctricamente no conductivos son los que se producen por la manipulación y proceso de cereales y sus derivados, azúcar y cacao en polvo, huevo y leche en polvo, especias en polvo, almidones y pastas,

papa y aserrín, aceite vegetal de bayas y semillas, heno seco y otros materiales orgánicos que puedan producir polvos combustibles al procesarlos o manipularlos. A efectos de la clasificación, sólo se consideran polvos eléctricamente conductivos los del Grupo E. Son especialmente peligrosos los polvos que contienen magnesio o aluminio, por lo que se deben tomar las máximas precauciones para evitar su ignición y explosión.

b) Clase II División 2. Un lugar de Clase II División 2 es aquel en el que no hay normalmente en el aire polvos combustibles en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o combustibles y en el que la acumulación de polvo normalmente es insuficiente para impedir el funcionamiento normal del equipo eléctrico u otros equipos, pero puede haber polvo combustible en suspensión en el aire como consecuencia esporádica o infrecuente del mal funcionamiento de los equipos de manipulación o de proceso y en los que la acumulación de polvo combustible sobre, dentro o en la cercanía de los equipos eléctricos puede ser suficiente para impedir la disipación de calor de dichos equipos o puede arder por el funcionamiento anormal o falla de los equipos eléctricos.

Notas:

1) Los factores que hay que tener en cuenta para establecer la clasificación de un lugar y que pueden resultar en un área no clasificada son, entre otros, la cantidad de polvo combustible que pueda haber presente y la adecuación de los sistemas de eliminación del polvo.

2) Cuando algunos productos, como las semillas, se manipulen de modo que produzcan poca cantidad de polvo, la cantidad de polvo depositado puede no afectar a la clasificación del lugar.

3.2.1.8. Lugares Clase III:

Un lugar de Clase III es el que resulta peligroso por la presencia de fibras o partículas fácilmente combustibles pero en el que no es probable que tales fibras o

partículas estén en suspensión en el aire a una concentración suficiente para producir mezclas combustibles. Los lugares Clase III son los especificados en los siguientes apartados a) y b):

a) Clase III División 1. Un lugar de Clase III División 1 es un lugar en el que se manipulan, fabrican o usan fibras fácilmente combustibles o materiales que producen partículas combustibles.

Notas:

1) Esta clasificación incluye normalmente las fábricas de materiales como rayón, algodón y otras fábricas textiles; las plantas de fabricación y proceso de fibras combustibles; las fábricas desmotadoras de semillas de algodón; las plantas de proceso del cáñamo; las fábricas de vestidos; las plantas de proceso de la madera y los establecimientos e industrias que involucran procesos o circunstancias peligrosas similares.

2) Las fibras y partículas fácilmente combustibles son, entre otras las de rayón, algodón (incluidas las pelusas y la borra), sisal, henequén, yute, cáñamo, fibra de coco, malacuenda, borra de ceiba y otras materias de naturaleza similar.

b) Clase III División 2. Un lugar de Clase III División 2 es un lugar en el que se almacenan o manipulan fibras fácilmente inflamables, en procesos diferentes a los de manufactura.

3.2.2. Lugares Clase I

3.2.2.6. Generalidades:

Al alambrado y equipo eléctrico en lugares clasificados como de Clase I en el Artículo 3.2.1.6, se les aplican las normas generales de este Código.

Se permite que los equipos certificados y rotulados de acuerdo con el Artículo 3.2.6.10 para uso en lugares Clase I, Zona 0,1 o 2, estén en lugares Clase I, División 2 para el mismo gas y con una designación adecuada de temperatura.

Excepción. Las modificaciones de esta Sección.

3.2.2.7. Transformadores y condensadores:

a) Clase I División 1. En los lugares Clase I División 1, los transformadores y condensadores deben cumplir los siguientes requisitos:

1) Los que contengan líquido inflamable. Los transformadores y condensadores que contengan un líquido inflamable se deben instalar sólo en bóvedas aprobadas que cumplan lo establecido en los Artículos 450-41 a 450-48 de ésta normay, además: 1) no debe haber puerta ni otra abertura de comunicación entre la bóveda y el lugar de División 1,2) debe haber una buena ventilación para la remoción continua de los gases o vapores inflamables, 3) las aberturas de ventilación deben desembocar en un lugar seguro fuera de las edificaciones, y 4) los ductos y aberturas de ventilación deben ser de sección suficiente para aliviar las presiones causadas por explosiones dentro de la bóveda y todas las partes de los conductos de ventilación dentro de los edificios deben ser de concreto reforzado.

2) Los que no contengan líquido inflamable. Los transformadores y condensadores que no contengan un líquido inflamable deben: 1) instalarse en bóvedas que cumplan el anterior requisito a). 1), o 2) estar aprobados para lugares Clase I.

b) Clase I División 2. En los lugares Clase I División 2, los transformadores y condensadores deben cumplir lo establecido en los Artículos 450-21 a 450-27 de ésta norma.

3.2.2.8. Medidores, instrumentos y relés:

a) Clase I División 1. En los lugares Clase I División 1 los medidores, instrumentos y relés, incluidos los medidores de contadores de kilovatio hora, los transformadores de instrumentos, las resistencias, rectificadores y tubos termoiónicos, deben estar dotados de encerramientos aprobados para lugares Clase I División 1.

Los encerramientos aprobados para lugares Clase I División 1 son:

- 1) los que son a prueba de explosión y
- 2) los dotados de dispositivos de purga y presurización.

b) Clase I División 2. En los lugares Clase I División 2 los medidores, instrumentos y relés deben cumplir los siguientes requisitos:

1) Contactos. Los interruptores, interruptores automáticos y contactos de cierre y apertura en pulsadores, relés, timbres de alarma y sirenas, deben estar en encerramientos aprobados para lugares Clase I División 2 según el anterior apartado a).

Excepción. Se permite utilizar encerramientos de propósito general si los contactos de corte de corriente están: a) sumergidos en aceite, b) metidos en una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases o vapores, c) en circuitos no incendiarios, o d) parte de un componente no incendiario certificado.

2) Resistencias y equipos similares. Las resistencias, dispositivos a base de resistencia, tubos termoiónicos, rectificadores y equipos similares que se utilicen en o en conexión con medidores, instrumentos y relés, deben cumplir el anterior requisito a).

Excepción. Se permite utilizar encerramientos del tipo de propósito general, si dichos equipos no tienen contactos de cierre y apertura o contactos deslizantes, excepto lo establecido en el anterior requisito b). 1), y si la temperatura máxima de funcionamiento de cualquier superficie expuesta no supera el 80% de la

temperatura de ignición en °C del gas o vapor que haya, o que se haya ensayado y visto que es incapaz de inflamar el gas o vapor. Esta excepción no se aplica a los tubos termoiónicos.

3) Sin contactos de cierre y apertura. Los devanados de los transformadores, bobinas, solenoides y otros devanados que no lleven contactos deslizantes o de cierre y apertura, deben ir en encerramientos. Se permite que esos encerramientos sean del tipo de propósito general.

4) Conjuntos de propósito general. Cuando un conjunto esté formado por componentes para los que sean aceptables los encerramientos de propósito general, tal como se establece en los anteriores apartados b).1), b).2) y b).3), es aceptable para el conjunto un encerramiento de propósito general. Cuando el conjunto incluya algunos de los equipos descritos en el anterior apartado b).2), en el exterior del encerramiento debe estar clara y permanentemente indicada la temperatura superficial máxima que puede alcanzar cualquier componente. Como alternativa, se permite que los equipos aprobados se rotulen indicando el rango de temperatura para el que resultan adecuados, mediante los números identificativos de la Tabla 1.

5) Fusibles. Cuando los anteriores apartados b).1), b).2), b).3) y b).4) permitan utilizar encerramientos de propósito general, se permite montar en ellos fusibles para la protección contra sobrecorriente de los circuitos de instrumentos no expuestos a sobrecargas en funcionamiento normal, si precediendo a cada fusible se instala un interruptor que cumpla el anterior requisito b).1).

6) Conexiones. Para facilitar su sustitución, se permite conectar los instrumentos de control de procesos mediante cordón flexible, clavija y tomacorriente siempre que: .1) se instale un interruptor que cumpla el anterior requisito b). 1) de modo que no se dependa de la clavija para interrumpir la corriente, 2) la corriente no supere los 3A-120 V nominales, 3) el cordón de alimentación no tenga más de 0,9 m, sea de un tipo aprobado para trabajo

extrapesado o para trabajo pesado si está protegido por su ubicación y está alimentado a través de una clavija y tomacorriente tipo de seguridad y con polo a tierra, 4) sólo se instalen los tomacorrientes necesarios y 5) el tomacorriente lleve una etiqueta que advierta “no desenchufar bajo carga”.

El monitoreo debe realizarse con un Analizador de Redes Eléctricas, el cual es capaz de medir y registrar parámetros de circuitos monofásicos, bifásicos y trifásicos en alta y baja tensión, con corriente hasta de 2,000 amperes.

Se recomienda realizar el monitoreo a circuitos alimentadores y derivados anualmente o cuando se presenten problemas de sobrecalentamiento, cargos por bajo factor de potencia, cargos inesperados por consumo de energía, entre otros.

Figura 3. Medidor de Energía.



Fuente: Autores.

3.2.2.9. Métodos de alambrado:

Los métodos de alambrado deben cumplir los requisitos a) y b):

a) Clase I División 1.

1) Alambrado Fijo. En los lugares Clase I División 1, el alambrado se debe hacer en tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid) roscado NPT, tubo conduit intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT o cables tipo MI con accesorios de terminación aprobados para esos lugares. Todas las cajas, accesorios y juntas de unión deben ser roscados para conectarlos a los tubos o terminaciones de los cables y deben ser a prueba de explosión. Las juntas roscadas deben tener por lo menos cinco hilos que queden completamente metidos. Los cables tipo MI se deben instalar y soportar de modo que se eviten esfuerzos de tensión en sus accesorios terminales.

Excepciones:

1) En establecimientos industriales con acceso restringido al público, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que sólo acceden a la instalación personas calificadas, se permite utilizar cables tipo MC certificados para su uso en lugares Clase I División 1, con blindaje continuo de aluminio corrugado hermético al gas y al vapor, una chaqueta externa de un polímero adecuado, conductores independientes de puesta a tierra que cumplan lo establecido en el Artículo 250-95 y dotados de accesorios terminales certificados para esa aplicación.

2) En establecimientos industriales con acceso restringido al público, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que solamente personal calificado atenderá las instalaciones, se permite el uso de cable tipo ITC, certificado para uso en lugares Clase I, División 1, con una cubierta continua de

aluminio corrugado hermética al gas y al vapor y chaqueta total adecuada de material polimérico, conductores) separado(s) de puesta a tierra y dotado con accesorios terminales certificados para esa aplicación.

2) Conexiones Flexibles. Cuando sea necesario emplear conexiones flexibles, como en los terminales de motores, se deben utilizar accesorios flexibles certificados para lugares Clase I.

Excepción. Se permite cable o cordón flexible instalado según las disposiciones del Artículo 3.2.2.11.

b) Lugares Clase I División 2. En los lugares Clase I División 2 está permitido emplear como métodos de alambrado: tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid) roscado NPT, tubo conduit intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT, conductos de barras empaquetados, conductos de alambres empaquetados, cables tipo PLTC que cumplan lo establecido en la Sección 725 de la norma, cables tipo ITC en bandejas portacables, en canalizaciones, soportados por cables mensajeros o directamente enterrados, cuando el cable esté certificado para ese uso; o cables tipo MI, MC, MV o TC con accesorios terminales aprobados. Se permite instalar cables tipo ITC, PLTC, MI, MC, MV o TC en bandejas portacables de modo que se eviten esfuerzos de tracción en los accesorios terminales. No es necesario que las cajas, accesorios y juntas sean a prueba de explosión, excepto si lo exigen las disposiciones de los Artículos 3.2.2.3.b).1), 3.2.2.6.b).1) y 3.2.2.14.b).1). Cuando se requiera una flexibilidad limitada, como en los terminales de motores, se deben usar accesorios metálicos flexibles, tubo metálico flexible con accesorios aprobados, tubo metálico flexible y hermético a los líquidos con accesorios aprobados, tubo no metálico flexible hermético a los líquidos con accesorios aprobados o cables flexibles aprobados para uso extrapesado y provisto con accesorios pasacables aprobados. En el cable flexible debe estar incluido un conductor adicional para puesta a tierra.

Nota. Para los requisitos de puesta a tierra cuando se use tubería conduit flexible, véase el Artículo 3.2.2.16.b).

Excepción. En alambrado de circuitos no incendiarios se permite utilizar cualquiera de los métodos de alambrado adecuados para lugares no clasificados.

3.2.2.10. Sellado y Drenaje:

El sellamiento de sistemas de tubería conduit y cables debe cumplir las siguientes disposiciones a) hasta f). El compuesto sellante debe ser de un tipo aprobado para la aplicación y condiciones correspondientes. Se debe aplicar sellante a los accesorios terminales de los cables tipo MI para evitar que entre humedad o algún líquido en el aislante del cable.

Notas:

- 1) El sellante se aplica en los tubos y cables para minimizar el paso de gases y vapores y evitar el posible paso de llamas de una parte de la instalación a otra a través de la tubería conduit. La previsión del paso de vapores a través del cable tipo MI es inherente gracias a su construcción. A menos que sean diseñados y ensayados específicamente para el propósito, los sellos de tubos conduit y cables no están destinados para prevenir el paso de líquidos, gases o vapores a una presión diferencial continua a través del sello. Incluso aunque haya diferencias de presión a través del sellante, equivalentes a algunos centímetros de agua, puede producirse el paso lento de gases o vapores a través del sello y a través de los conductores que pasan por él. Véase el Artículo 3.2.2.5.e).2). Las temperaturas extremas y los líquidos y vapores muy corrosivos pueden afectar a la capacidad del sello para cumplir su función. Véase el Artículo 3.2.2.5.c).2).
- 2) A través de los intersticios entre los hilos de los conductores trenzados normalizados de sección transversal superior a 33,62 mm² (2 AWG) se pueden producir fugas de gases o vapores y propagarse las llamas. Un medio para reducir

las fugas y evitar la propagación de las llamas es utilizar cables de construcción especial, por ejemplo conductores compactados o sellamiento del conductor individual.

3) El uso de cintas de Teflón o compuestos para unión en las roscas del conduit pueden debilitar el sello cortafuegos e interrumpir el trayecto de puesta a tierra de equipos. Durante las pruebas hidrostáticas de los accesorios se han presentado grietas donde se han utilizado estos materiales.

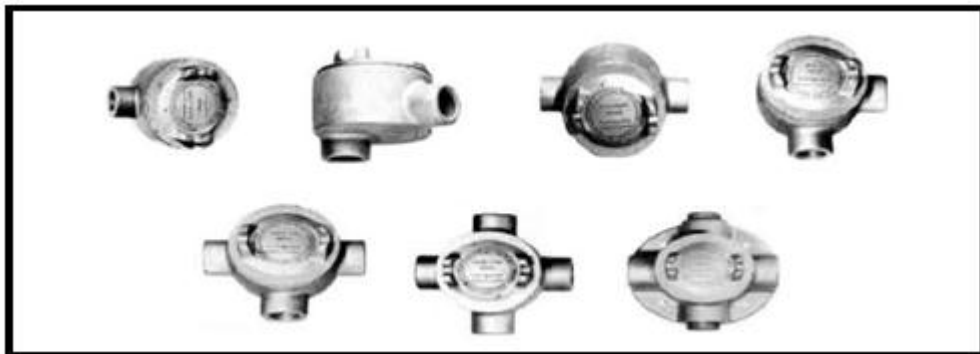
a) Sellos cortafuego para tubería en lugares Clase I División 1. En los lugares Clase I División 1, los sellos cortafuego para tubería se deben ubicar como se indica a continuación:

1) En cada tramo de tubo conduit que entre en un encerramiento para interruptores, interruptores automáticos, fusibles, relés, resistencias u otros equipos que puedan producir arcos eléctricos, chispas o altas temperaturas en condiciones normales de funcionamiento. Los sellos cortafuego se deben instalar a menos de 0,5 m de dichos encerramientos. Los únicos encerramientos o accesorios permitidos entre el sello y el encerramiento son las uniones, acoples, reducciones, codos, codos con tapa y conduletas a prueba de explosión, de tipo similar a los “L”, “T” y “X”. Las conduletas no deben ser de mayor diámetro que la tubería conduit.

Las cajas de paso (también conocidos como Conduletas) son utilizadas en instalaciones eléctricas de cañerías para proteger a los conductores eléctricos. Una de las mayores ventajas que proporcionan, es poder realizar la desviación de los cables de manera fácil en zonas de difícil ingreso, sin aumentar el diámetro de la misma. Proveen fácil acceso a los conductores para un mejor mantenimiento futuro.

Las cajas (condulets) para sellar tubería impiden el paso de los gases de combustión y flamas de una parte de la instalación eléctrica a otra a través del tubo conduit.

Figura 4. Conduletas



Fuente:http://www.coelvictoria.com.mx/tuberias_conexionesyaccesorios/crouse_hinds.pdf

Excepción. No es necesario sellar los tubos conduit con diámetro comercial de 41 mm (VA”) o menos, que entren en encerramientos a prueba de explosión para interruptores, interruptores automáticos, fusibles, relés u otros equipos que puedan producir arcos o chispas, si los contactos de corte de corriente estén:

- a. Encerrados dentro de una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases o vapores.
- b. Sumergidos en aceite según lo establecido en el Artículo 3.2.2.6.b).1).2),
- c. Encerrados en una cámara a prueba de explosión sellada en fábrica dentro de un encerramiento aprobado para ese lugar y rotulado con las palabras “sellado en fábrica” (“Factory sealed”) o equivalente.
- d. En circuitos no incendiarios

Nota. Los encerramientos sellados en fábrica no sirven como sellamiento de otros encerramientos a prueba de explosión adyacentes y que deban ir sellados.

2) En los tubos conduit de 53 mm de diámetro comercial (2 ") o más que entren en los encerramientos o accesorios que alberguen terminales, empalmes o derivaciones, a menos de 0,5 m de dicho encerramiento o accesorio.

3) Cuando dos o más de los encerramientos deban ir sellados de acuerdo con las anteriores disposiciones a).1) y a). 2), conectados con boquillas roscadas o por tramos de tubo de máximo 0,9 m, se considera suficiente un solo sello en cada conexión de la boquilla o del tramo si se ubica a menos de 0,5 m de cada encerramiento.

4) En cada tramo de tubo conduit que saiga del lugar de Clase 1 División 1, se debe colocar un sello a cada lado del límite de dicho lugar, ubicado a menos de 3,0 m de dicho límite y debe estar diseñado e instalado para minimizar la cantidad de gas o vapor que pueda haber entrado en el tubo en el lugar de la División 1 desde donde se comunica con el tubo más allá del suelo. En el tramo comprendido entre el sello y el punto en el que el tubo conduit sale del lugar de División 1, no debe haber uniones, acoples, cajas ni accesorios, excepto las reducciones aprobadas como a prueba de explosión, en el sello.

Excepciones:

1) No es necesario sellar los tubos conduit metálicos que no contengan uniones, acoples, cajas o accesorios que atraviesen completamente un lugar de Clase I División 1 y que no tengan accesorios a menos de 0,30 m después del límite de dichos lugares, si los puntos de terminación de esos tubos continuos están en lugares no clasificados.

2) Para tubo conduit subterráneo instalado donde el límite del área clasificada estopor debajo de la tierra se permite que el sello se instale después de que el tubo conduit salga de la tierra, pero no debe haber unión, acople, caja o accesorio, excepto reducciones aprobadas como a prueba de explosión en el sello, en el tubo conduit entre el sello y el punto en el cual el tubo sale de la tierra.

b) Sellos cortafuego para tubería en lugares Clase I División 2. En los lugares Clase I División 2, los sellos cortafuegos para tubos se deben ubicar como se indica a continuación:

1) En las conexiones con encerramientos a prueba de explosión que deban estar aprobados para lugares Clase I, deben instalarse sellos según los anteriores apartados a).1), a).2) y a).3). Todos los tramos de tubos conduit o boquillas roscadas entre el sello y dicho encerramiento deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.2.4.a).

2) En cada tramo de tubo conduit que pase de lugares Clase I División 2 a lugares no clasificados, se debe colocar un sello a cada lado del límite de dicho lugar a menos de 3,0 m de dicho límite y debe estar diseñado e instalado para minimizar la cantidad de gas o vapor que pueda haber entrado en el conduit en el lugar de División 2 y que pase más allá del sello. Se debe instalar un tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid) o un tubo conduit intermedio de acero roscado (tipo IMC) entre el sello y el punto en el que el tubo sale del lugar de Clase I División 2; el sello se debe instalar con una conexión roscada. En el tramo comprendido entre el sello y el punto en el que el tubo sale del lugar de División 2, no debe haber uniones, acoples, cajas ni accesorios, excepto las reducciones aprobadas como a prueba de explosión, en el sello.

Excepciones:

1) No es necesario sellar los tubos conduit metálicos que no contengan uniones, acoples, cajas o accesorios que atraviesen completamente un lugar de

Clase I División 2 y que no tengan accesorios a menos de 0,30 m después del límite de dichos lugares, si los puntos de terminación de esos tubos continuos están en lugares no clasificados.

2) La terminación del sistema de tubo conduit en un lugar no clasificado, donde la transición del método de alambrado se hace a bandeja portacables, bus de cables, dudo ventilado de barras, cable tipo MI o alambrado a la vista, no requiere sellarse cuando pase desde un lugar de Clase I División 2 hasta un lugar no clasificado. El lugar no clasificado debe ser exterior, o se permite que sea interior si el sistema de tubo conduit está todo en un cuarto. Los tubos conduit no deben terminar en un encerramiento que contenga fuentes de ignición en condiciones normales de funcionamiento.

3) No es necesario un sello en el límite del sistema de tubo conduit que pase desde un encerramiento o cuarto no clasificado, por tener presurización tipo 2, hacia un lugar de Clase I División 2.

4) No es necesario sellarlos segmentos del sistema de tubo conduit sobre el piso cuando pasen desde un lugar de Clase I División 2 a un lugar no clasificado, si se cumplen todas las siguientes condiciones:

a. Ninguna parte del segmento del sistema conduit pase por un lugar de Clase I División 1, donde el conduit tenga uniones, acoples, cajas o accesorios a menos de 0,30m del lugar de Clase I División 1.

b. El segmento del sistema conduit esté localizado completamente al exterior.

c. El segmento del sistema conduit no esté directamente conectado a bombas encapsuladas, conexiones de proceso o servicio para medidas de análisis de presión o caudal, etc., que dependan de un solo sello de compresión, diafragma o tubo para evitar la entrada de fluidos inflamables o combustibles al sistema conduit.

d. El segmento del sistema conduit contenga únicamente en el lugar no clasificado tubos metálicos, uniones, acoples, conuletas o accesorios roscados.

e. El segmento del sistema conduit esté sellado en su entrada a cada encerramiento o accesorio que contenga terminales, empalmes o derivaciones en lugares Clase I División 2.

c) Clase I Divisiones 1 y 2. Donde se requieran sellos en los lugares Clase I Divisiones 1 y 2 deben cumplir con lo siguiente:

1) Accesorios. Los encerramientos para conexiones o equipos deben estar provistos con medios integrales aprobados para sellar o se deben utilizar sellos aprobados para lugares Clase I. Los sellos deben ser accesibles.

2) Compuesto sellante. El compuesto sellante debe estar aprobado y debe proporcionar un sellamiento contra el paso de gases o vapores a través del sello, no debe verse afectado por las condiciones atmosféricas o por los líquidos y su punto de fusión no debe ser menor a 93 °C.

3) Espesor del compuesto sellante. En un sello completo, el espesor mínimo del compuesto sellante no debe ser menor al diámetro comercial del sello y en ningún caso menor a 16 mm.

Excepción. No es necesario que los sellos certificados para cables tengan un espesor mínimo igual al del diámetro comercial del sello.

4) Empalmes y derivaciones. No se deben hacer empalmes ni derivaciones en los accesorios destinados únicamente para sellamiento con compuesto y los accesorios en los que se hayan hecho empalmes y conexiones no se deben rellenar con sellante.

5) Ensamblajes. En un ensamble en el que haya equipos que puedan producir arcos, chispas o altas temperaturas, ubicados en un compartimiento independiente del que contenga los empalmes o derivaciones y exista un sello integral por donde

los conductores pasan de un compartimento al otro, todo el ensamble debe estar aprobado para lugares Clase I. En las conexiones de los tubos conduit con los compartimientos que contengan empalmes o conexiones instaladas en lugares Clase I División 1, se deben instalar sellos cuando lo exija el anterior apartado a).2).

6) Espacio ocupado por los conductores. La sección transversal total de todos los conductores permitidos dentro de un sello no debe superar el 25 % de la sección transversal del conduit metálico rígido del mismo diámetro comercial, excepto si está específicamente aprobado para un porcentaje de ocupación mayor.

d) Sellos para cables en lugares Clase I División 1. En los lugares Clase I División 1, los sellos para cables se deben ubicar como sigue:

1) El cable debe estar sellado en todas sus terminaciones. El sello debe cumplir la anterior condición c). Los cables multiconductores tipo MC con recubrimiento de aluminio corrugado continuo hermético a los gases y vapores y chaqueta externa de un material polímero adecuado, se deben sellar con accesorios aprobados después de quitar la chaqueta y cualquier otro recubrimiento, de modo que el compuesto sellante rodee cada conductor individual aislado para minimizar el paso de gases y vapores.

Excepción. No se necesita remover el material de blindaje de los cables blindados o el separador de los cables de pares trenzados, siempre que la terminación esté hecha por medios aprobados para minimizarla entrada de gases o vapores y evitarla propagación de llama dentro del núcleo del cable.

2) En los lugares Clase I División 1, los cables en conduit con recubrimiento continuo hermético a los gases y vapores a través de cuyo núcleo central se puedan transmitir gases y vapores, se deben sellar después de quitar la chaqueta

y cualquier otro recubrimiento, de modo que el compuesto sellante rodee cada conductor individual aislado y la chaqueta externa.

Excepción. Los cables multiconductores con recubrimiento continuo hermético a los gases y vapores a través de cuyo núcleo central se puedan transmitir gases y vapores, se pueden considerar como un solo conductor, sellando el cable en el tubo a menos 0,5 m del encerramiento y el extremo del cable dentro del mismo por un medio aprobado para minimizarla entrada de gases o vapores y prevenga la propagación de las llamas a través del núcleo del cable, o por otros métodos aprobados. En cables blindados y de pares trenzados no es necesario quitar el material de blindaje o separar el par trenzado.

3) Si el cable no puede transmitir gases o vapores a través de su núcleo central, cada cable multiconductor en conduit se debe considerar como un solo conductor. Estos cables se deben sellar según el anterior apartado a).

e) Sellos para cables en lugares Clase I División 2. En lugares Clase I División 2, los sellos para cables se deben ubicar como sigue:

1) Los cables que entren en encerramientos que deban estar aprobados para lugares Clase I, se deben sellaren el punto de entrada. El sello debe cumplir el anterior requisito b).1). Los cables multiconductores con recubrimiento continuo hermético a los gases y al vapor capaces de transmitir gases o vapores a través del núcleo del cable, se deben sellar en un accesorio aprobado para lugares de División 2 después de quitar la chaqueta y cualquier otro recubrimiento de modo que el compuesto sellante rodee cada conductor aislado para minimizar el paso de gases y vapores. Los cables multiconductores en conduit se deben sellar como establece el anterior apartado d).

Excepciones:

- 1) Los cables que pasen desde un encerramiento o cuarto, los cuales no sean clasificados como resultado de una presurización tipo Z, hasta un lugar de Clase I, División 2, no necesitan un sello en el límite.
- 2) No se necesita remover el material de blindaje de los cables blindados o el separador de los cables de pares trenzados, siempre que la terminación esté hecha por medios aprobados para minimizar la entrada de gases o vapores y evitar la propagación de llama dentro del núcleo del cable
- 2) No es necesario 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, excepto lo exigido en el anterior apartado e). 1). El tramo mínimo de dichos cables no debe ser menor a la longitud que limite el flujo de gases o vapores por el núcleo del cable a la cantidad permitida para los sellos de aire por hora (198 cm³ por hora) a una presión de 1.493 Pa (6 pulgadas de agua).

Notas:

- 1) Véanse las normas NTC 3229⁷ Cajas de salida y accesorios que se utilizan en sitios de alto riesgo.
- 2) El núcleo del cable no incluye los intersticios entre los hilos trenzados de los conductores.
- 3) No es necesario sellar los cables con una chaqueta continua hermética al vapor y a los gases, que puedan transmitir gases o vapores a través del núcleo, excepto lo exigido en el anterior apartado e). 1), a no ser que el cable esté conectado a dispositivos o equipos de procesos que puedan causar una presión superior a 1493 Pa (6 pulgadas de agua), en cuyo caso se debe instalar un sello,

⁷ Electrotécnica: cajas de Salidas y Accesorios en Sitios de Alto Riesgo: NTC-3229. Noviembre 20 de 1991. Primer Edición. Bogotá D.C. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC.

barrera u otro medio que evite el paso de vapores o gases inflamables aun área no clasificada.

Excepción Se permite que los cables con chaqueta continua hermética al gas y a los vapores pasen a través de lugares Clase I División 2 sin sellos.

4) Los cables que no tengan una chaqueta continua hermética al gas y al vapor se deben sellar en los límites de los lugares de División 2 y los no clasificados, de modo que se minimice el paso de gases o vapores al lugar no clasificado.

Nota. La chaqueta mencionada en los anteriores apartados d) y e) puede ser tanto de material metálico como no metálico.

f) Drenaje

1) Equipo de control. Cuando haya la posibilidad de que puedan quedar atrapados líquidos u otros vapores condensados dentro de los encerramientos para equipos de control o en cualquier punto de un sistema de canalización, se deben proporcionar medios adecuados y aprobados que eviten la acumulación o permitan drenar periódicamente dichos líquidos o vapores condensados.

2) Motores y generadores. Cuando la autoridad con jurisdicción estime que existe la posibilidad que se acumulen líquidos o vapores condensados dentro de los motores o generadores, los sistemas conduit y uniones se deben instalar de forma que se reduzca al mínimo la entrada de líquidos. Si se juzga necesario un medio para evitar la acumulación o para permitir el drenaje periódico, dicho medio debe instalarse durante la fabricación y se debe considerar como parte integral de la máquina.

3) Bombas encapsuladas, conexiones para proceso o servicio, etc. Las bombas encapsuladas o conexiones de proceso o servicio para medida de presión o caudal para análisis de procesos, etc., que dependan de un solo sello de

compresión, diafragma o tubo para evitar la entrada de fluidos inflamables o combustibles a la canalización o sistema de cables capaz de transmitir los fluidos, deben ir dotadas de un sello, barrera u otro medio aprobado que evite la entrada de fluidos inflamables o combustibles en la canalización o sistema de cables que puedan transmitir esos fluidos más allá de esos dispositivos o medios adicionales, si falla el sello primario.

El sello o barrera adicional aprobada y el encerramiento de interconexión deben cumplir las condiciones de temperatura y presión a las que se van a ver sujetas si falla el sello primario, a menos que exista otro medio aprobado que cumpla la anterior finalidad.

Se deben proporcionar drenajes, orificios de ventilación u otros dispositivos que hagan evidente la fuga del sello primario.

Nota. Véanse también las Notas al Artículo 3.2.2.5.

Los sellantes deben ser instalados en todas las tuberías, cumpliendo con las medidas de seguridad de las cajas de registro que contengan equipos que produzcan arcos o chispas eléctricas en áreas peligrosas.

Compuesto para sellar: para sellar, se emplea un compuesto, que debe ser un polvo soluble en agua que después de mezclarse con agua puede ser vaciado para efectuar un sello que solidifica expandiéndose y que puede ser usado en áreas peligrosas.

Figura 5. Sellantes.



3.2.2.11. Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles:

- a) Lugares Clase I División 1. Los interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles, incluidos los pulsadores, relés y dispositivos similares instalados en los lugares Clase I División 1, deben ir dotados de encerramientos y en cada caso el encerramiento y los equipos que contenga deben estar aprobados como un conjunto completo para uso en lugares Clase I.
- b) Lugares Clase I División 2. Los interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles instalados en lugares Clase I División 2, deben cumplir los siguientes requisitos:
- 1) Tipo requerido. Los interruptores automáticos, controladores de motores e interruptores destinados para interrumpir la corriente en el desempeño normal de la función para la que se instalaron, deben estar dotados de encerramientos aprobados para lugares Clase I División 1 de acuerdo con el Artículo 3.2.2.3.a), a menos que se provean de encerramientos de propósito general y además: 1) la interrupción de la corriente se produzca dentro de una cámara herméticamente cerrada a los gases y vapores o 2) los contactos para corrientes de cierre y apertura estén sumergidos en aceite y sean tipo de propósito general con una inmersión mínima de 50 mm para los contactos de fuerza (potencia) y de 25 mm para los contactos de control o 3) la interrupción de corriente se produzca dentro de una cámara a prueba de explosión sellada en fábrica, aprobada para el lugar o 4) el dispositivo de interrupción sea de estado sólido, dispositivo de control sin contactos, cuya temperatura superficial no supere el 80 % de la temperatura de auto ignición en °C del gas o vapor involucrado.

2) Interruptores de separación (seccionadores). Se permite instalar interruptores o seccionadores, con o sin fusibles, en encerramientos de propósito general, para transformadores o grupos de condensadores siempre y cuando no estén destinados para interrumpir la corriente en la operación normal de la función para la cual se instalaron.

3) Fusibles. Se permite instalar fusibles normales de casquillo o de cartucho para la protección de los motores, artefactos y bombillas, diferente de lo establecido en el siguiente apartado b) .4), siempre que se instalen en encerramientos aprobados para esos lugares. Se permite instalar fusibles si están dentro de encerramientos de propósito general y si son de un tipo cuyo elemento funcional esté sumergido en aceite u otro líquido aprobado o esté encerrado en una cámara herméticamente sellada contra la entrada de vapores y gases o el fusible sea de tipo limitador de corriente, relleno y sin indicador.

4) Fusibles internos de aparatos de alumbrado. Se permiten fusibles de cartucho aprobados como protección suplementaria dentro de aparatos de alumbrado.

3.2.2.12. Transformadores y resistencias de control:

Los transformadores, bobinas y resistencias utilizadas como, o junto con, equipos de control de motores, generadores y artefactos, deben cumplir las siguientes condiciones a) y b):

a) Lugares Clase I División 1. Los transformadores, bobinas y resistencias junto con sus mecanismos de conmutación asociados, instalados en los lugares Clase I División 1, deben estar dotados de encerramientos aprobados para dichos lugares, según establece el Artículo 3.2.2.3.a).

b) Lugares Clase I División 2. Los transformadores y resistencias de control instalados en lugares Clase I División 2, deben cumplir las siguientes condiciones:

- 1) Mecanismos de conmutación. Los mecanismos de conmutación utilizados con transformadores, bobinas y resistencias, deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.2.6.b).
- 2) Bobinas y devanados. Se permite que los encerramientos para devanados de transformadores, solenoides o bobinas sean de propósito general.
- 3) Resistencias. Las resistencias deben ir instaladas en encerramientos. El conjunto debe estar aprobado para lugares Clase I División 1, a no ser que la resistencia sea fija y su temperatura máxima de funcionamiento, en °C, no supere el 80 % de la temperatura de auto ignición de los gases o vapores involucrados, o que se haya ensayado y encontrado que es incapaz de dar ignición a los gases o vapores.

3.2.2.13. Motores y generadores:

- a) Lugares Clase I División 1. Los motores, generadores y otras máquinas eléctricas rotativas en lugares Clase I División 1, deben: 1) estar aprobados para lugares Clase I División 1; o 2) ser del tipo totalmente cerrado, con ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio con salida a un área segura y dispuestos de modo que no se puedan poner en marcha hasta que no funcione la ventilación y se haya purgado el encerramiento con al menos de 10 volúmenes de aire y además dispuestos de modo que, si falla la ventilación, el motor se desenergice automáticamente; o 3) ser de tipo totalmente encerrado lleno de gas inerte, dotado con una fuente confiable de este gas para presurizar el encerramiento, con elementos provistos para asegurar una presión positiva en el encerramiento y dispuestos para Desenergizar automáticamente el equipo cuando falle el suministro de gas; o 4) de un tipo diseñado para funcionar sumergido en un líquido que sólo sea inflamable cuando se vaporice y mezcle con el aire, o en un gas o vapor a una presión mayor que la atmosférica y sean inflamables únicamente cuando se mezclen con el aire; y que la máquina esté dispuesta de modo que no se pueda energizar hasta que esta haya sido purgada con el líquido

0 el gas para desplazar el aire, y además se desenergice automáticamente cuando se interrumpa el suministro de líquido, gas o vapor, o su presión se reduzca hasta la presión atmosférica.

Los motores totalmente cerrados Tipos 2 o 3 no deben tener superficies externas cuya temperatura en °C supere el 80 % de la temperatura de auto ignición de los gases o vapores presentes. Deben instalarse dispositivos que detecten cualquier aumento de temperatura del motor sobre los límites establecidos y desenergicen automáticamente el motor y produzcan una alarma adecuada. Los equipos auxiliares y dispositivos de detección deben ser de un tipo aprobado para el lugar en el que estén instalados.

b) Lugares Clase I División 2. Los motores, generadores y otras máquinas eléctricas rotativas instaladas en lugares Clase 1 División 2 y en los que se utilicen contactos deslizantes o mecanismos de conmutación centrífugos o de otro tipo (incluidos los dispositivos de protección de los motores contra 'Sobrecorriente, sobrecargas y recalentamiento) o mecanismos de resistencia integrados que funcionen durante el arranque y durante la marcha, deberán estar aprobados para lugares Clase I División 1 a menos que tales contactos deslizantes, mecanismos de conmutación y dispositivos de resistencia estén dotados de encerramientos aprobados para lugares Clase I División 2, según el Artículo 3.2.2.3.b). El punto más caliente del motor en condiciones normales del motor y las superficies expuestas de los calentadores de ambiente utilizados para evitar la condensación de humedad durante los periodos de parada de los motores, no deben superar el 80 % de la temperatura de auto ignición en °C de los gases o vapores que se produzcan cuando el motor funcione a la tensión nominal; la temperatura superficial máxima, basada en una temperatura ambiente de 40 °C, el grupo de clasificación y el número de identificación según el 3.2.1.5.a) y d), deben estar rotulados permanentemente en una placa de características visible, montada en el motor. Si no, los calentadores de ambiente deben estar aprobados para lugares Clase I División 2.

En los lugares Clase I División 2 se permite instalar motores abiertos, o cerrados que no sean a prueba de explosión, tales como motores de inducción de jaula de ardilla sin escobillas, sin mecanismos de conmutación ni otros dispositivos similares que produzcan arcos eléctricos. Las partes móviles del motor como ventiladores, deben ser de un material que en caso de rozamiento no produzca chispas.

Deben instalarse dispositivos que detecten cualquier aumento de temperatura del motor sobre los límites establecidos y desenergicen automáticamente el motor y produzcan una alarma adecuada. Los equipos auxiliares y dispositivos de detección deben ser de un tipo aprobado para el lugar en el que estén instalados.

Nota. Es importante tener en cuenta el riesgo de ignición debido a arcos de corriente a través de discontinuidades y el recalentamiento de algunas partes de las carcasas de motores y generadores. En tal caso, se pueden necesitar puentes equipotenciales a través de las uniones en la carcasa y desde la carcasa a tierra. Cuando se sospeche la presencia de gases o vapores inflamables, es necesario desplazarlos con aire limpio inmediatamente antes y durante el período de arranque de las máquinas.

3.2.2.14. Equipos de alumbrado:

Los equipos de alumbrado deben cumplir las siguientes condiciones a) o b), de acuerdo con la clasificación del lugar:

a) Lugares Clase I División 1. Los equipos de alumbrado en los lugares Clase I División 1 deben cumplir las condiciones siguientes:

1) Equipos aprobados. Cada equipo debe estar aprobado como un conjunto completo para lugares Clase I División 1 y debe llevar claramente rotulada la máxima potencia en vatios de la bombilla, para la cual está aprobado el equipo. Los equipos portátiles deben estar aprobados específicamente como un conjunto completo para ese uso.

2) Daños físicos. Cada equipo se debe proteger contra daños físicos bien sea por su ubicación o mediante la utilización de rejillas protectoras.

3) Equipos colgantes. Los equipos colgantes deben estar suspendidos y alimentados a través de tramos de tubo conduit metálico rígido roscado o tubo conduit intermedio de acero roscado y las juntas roscadas deben llevar tuercas de seguridad u otro medio eficaz para evitar que se aflojen. Los tramos de más de 0,30 m de largo se deben apuntalar eficaz y permanente, para evitar su desplazamiento lateral, a no más de 0,30 m sobre el extremo inferior del tramo, o hacerlo flexible mediante un accesorio o conectar aprobado para lugares Clase I División 1 ubicado a no más de 0,30 m del punto de unión de la caja de soporte o accesorio al que esté sujeto.

4) Soportes. Las cajas, conjuntos de cajas o accesorios utilizados como soporte de los equipos de alumbrado, deben estar aprobadas para su uso en lugares Clase I.

b) Lugares Clase I División 2. Los equipos de alumbrado instalados en lugares Clase I División 2 deben cumplir los siguientes requisitos:

1) Equipos portátiles de alumbrado. Los equipos portátiles de alumbrado deben cumplir el anterior requisito a). 1).

Excepción. Se permiten equipos de alumbrado portátiles montados, en cualquier posición, sobre bases móviles y conectadas con cables flexibles, como establece el Artículo 3.2.2.11, siempre que cumplan con el siguiente apartado 3.2.2.9.b).2):

2) Equipos fijos. Cada equipo fijos de alumbrado se debe proteger contra daños físicos bien sea por su ubicación o por la utilización de rejillas protectoras. Cuando exista peligro de que las chispas o el metal caliente de las bombillas o equipos de alumbrado puedan dar ignición a vapores o gases inflamables, se deben instalar encerramientos adecuados u otro medio de protección eficaz. Cuando las bombillas sean de un tamaño o tipo que, en condiciones normales de

funcionamiento, les haga alcanzar temperaturas superficiales superiores al 80 % de la temperatura de ignición en °C de los gases o vapores presentes, los equipos de alumbrado deben cumplir con el anterior apartado a).1) o ser de un tipo que haya sido ensayado para establecer su temperatura de operación rotulada o rango de temperatura.

3) Equipos colgantes. Los equipos colgantes deben estar suspendidos mediante tramos de tubo conduit metálico rígido roscado o tubo conduit intermedio de acero roscado u otros medios aprobados. Los tramos de más de 0,30 m de largo se deben apuntalar eficaz y permanente, para evitar su desplazamiento lateral, a no más de 0,30 m sobre el extremo inferior del tramo, o hacerlo flexible mediante un accesorio o conectar aprobado ubicado a no más de 0,30 m del punto de unión de la caja de soporte o accesorio

4) Interruptores. Los interruptores que formen parte de un conjunto ensamblado o de un portabombillas individual deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.2.6.b). 1).

5) Elementos de encendido. Los elementos de encendido y de control de las bombillas eléctricas de descarga (balastos, condensadores y arrancadores) deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.2.7.b).

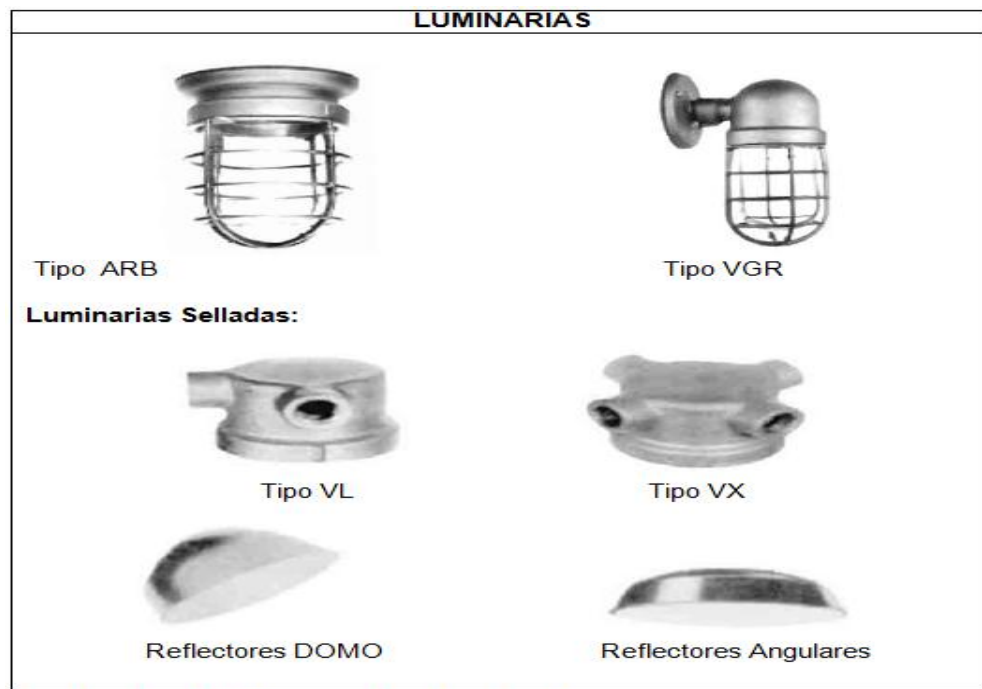
Excepción. Una protección térmica que haga parte del balasto de una lámpara fluorescente, siempre y cuando el conjunto esté aprobado para lugares de esa clase y división.

Las luminarias que se deben instalar para cumplir con las condiciones de seguridad son aquellas que cumplan con la aplicación de este tipo de luminarias es para accesos o superficies de montaje en techo, con o sin caja fundida de salida, colgantes o en sistema conduit.

Las lámparas que se deben utilizar en este tipo de lugares deben contar con unidades selladas a prueba de vapor. Las lámparas que se instalen deben ser

indicadas para soportar la existencia de polvo, humedad y la corrosión del ambiente.

Figura 6. Luminarias clasificadas para ser implementadas en las minas.



Fuente: http://www.coelvictoria.com.mx/tuberias_conexionesyaccesorios/_hinds.pdf

Existe una clase de lámparas: luminarias selladas a prueba de explosión. Esta clase de luminarias son ideales para ser usadas en lugares catalogadas como peligrosos, debido a la presencia de gases o vapores inflamables y donde la humedad y la corrosión están presentes. Estas lámparas se fabrican para montaje colgante.

Características:

- Juntas roscadas a prueba de flama, no se requiere sellos externos
- Facilidad para el cambio de lámparas
- Pero ligero
- Resistente a la corrosión

Figura 7. Luminarias selladas a prueba de explosión.



Fuente: http://www.coelvictoria.com.mx/tuberias_conexionesyaccesorios/_hinds.pdf.

3.2.2.15. Equipo eléctrico utilitario:

- a) Lugares Clase I División 1. Todos los equipos eléctricos utilitarios instalados en lugares Clase I División 1 deben estar aprobados para lugares Clase I División 1.
- b) Lugares Clase I División 2. Todos los equipos eléctricos utilitarios instalados en lugares Clase I División 2 deben cumplir las siguientes condiciones:
 - 1) Calentadores. Los equipos eléctricos utilitarios calentados eléctricamente deben cumplir las siguientes condiciones a. o b:
 - a. Cuando funcione continuamente a su máxima temperatura ambiente nominal, la temperatura del calentador no debe superar el 80 % de la temperatura de auto ignición en °C de los gases o vapores que puedan estar en contacto con cualquier superficie expuesta a ellos. Si no disponen de control de temperatura,

estas condiciones se deben aplicar suponiendo que el calentador funcione al 120 % de su tensión nominal.

Excepciones:

1) Para los calentadores de ambiente anticondensación de los motores, véase el Artículo 3.2.2.8.b).

2) Cuando se instale en el circuito de alimentación del calentador un dispositivo limitador de corriente que limite la corriente del calentador a un valor menor al necesario para aumentar su temperatura superficial hasta el 80 % de la temperatura de ignición.

b. El calentador debe estar aprobado para lugares Clase I División 1.

Excepción. Los registradores de calor por resistencia eléctrica aprobados para lugares Clase I División 2.

2) Motores, Los motores de los equipos eléctricos utilitarios deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.2.8.b).

3) Interruptores, interruptores automáticos y fusibles. Los interruptores, interruptores automáticos y fusibles deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.2.6.b).

3.2.2.16. Cables y cordones flexibles en lugares Clase I Divisiones 1 y 2.

Se permite instalar cables y cordones flexibles para conectar equipos de alumbrado portátiles u otros equipos eléctricos utilitarios portátiles a la parte fija de su circuito de suministro. También se permiten los cables y cordones flexibles para esa parte del circuito en donde los medios de instalación fijos del Artículo 3.2.2.4.a) no proporcionan el grado de la libertad necesario para el movimiento de los equipos eléctricos utilitarios fijos y móviles en una planta industrial cuyas condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que sólo atienden la

instalación personas calificadas y el cable flexible esté protegido contra daños físicos, bien sea por su ubicación o por una protección mecánica. El tramo de cable flexible debe ser continuo. Cuando se utilicen cables o cordones flexibles, deben: 1) ser de un tipo aprobado para uso extrapesado; 2) contener, además de los conductores del circuito, un conductor de puesta a tierra que cumpla lo establecido en el Artículo 400-23; 3) ir firmemente conectados a los terminales o conductores de suministro de manera que se eviten desconexiones accidentales; 4) estar sujetos por abrazaderas u otros medios de sujeción de modo que no causen tensión mecánica en las conexiones con los terminales, y 5) estar dotados de los sellos cortafuegos adecuados cuando entren en cajas, accesorios o encerramientos a prueba de explosión.

Se consideran equipos eléctricos utilitarios portátiles las bombas eléctricas sumergibles que se pueden sacar sin entraren el pozo. Se permite tender el cable flexible a través de una canalización adecuada, instalada entre el pozo y la fuente de alimentación. Se consideran equipos eléctricos utilitarios portátiles las mezcladoras eléctricas destinadas para viajar dentro y fuera de tanques de mezclado de tipo abierto.

Nota. Para los cables flexibles expuestos a líquidos que puedan tener efectos corrosivos sobre el aislamiento de los conductores, véase el Artículo 3.2.2.13.

3.2.2.17. Tomacorrientes y clavijas en lugares Clase I Divisiones 1 y 2.

Los tomacorrientes y clavijas deben ser de un tipo que ofrezca conexión con el conductor de puesta a tierra de un cordón flexible y estar aprobados para su uso en esos lugares.

Excepción. Lo establecido en el Artículo 3.2.2.3.b).6).

Las clavijas son utilizadas para alimentar equipo eléctrico portátil como pueden ser: compresoras, unidades de enfriamiento o calefacción, soldadoras, sistemas

de alumbrado. En áreas donde se requiera energía eléctrica en forma temporal. Áreas donde la humedad y la corrosión están presentes.

Figura 8. Clavija clasificada para minas.



Fuente:http://www.coelvictoria.com.mx/tuberias_conexionesyaccesorios/crouse_hinds.pdf.

3.2.2.18. Aislamiento de los conductores en lugares Clase I Divisiones 1 y 2:

Cuando puedan acumularse líquidos o vapores condensados o entrar en contacto con el aislamiento de los conductores, dicho aislamiento debe ser de un tipo resistente a tales líquidos o vapores o debe estar protegido por un blindaje de plomo u otros medios aprobados.

3.2.2.19. Sistemas de señalización, alarma, comunicaciones y control remoto:

- a) En lugares Clase I División 1. Todos los aparatos y equipos de señalización, alarma, comunicaciones y control remoto en lugares Clase I División 1, independientemente de su tensión, deben estar aprobados para lugares Clase I División 1 y su instalación debe cumplir lo establecido en los Artículos 3.2.2.4.a) y 3.2.2.5.a) y c).
- b) En lugares Clase I División 2. Los sistemas de señalización, alarma, comunicaciones y control remoto en lugares Clase I División 2 deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Contactos. Los interruptores, interruptores automáticos y contactos de cierre y apertura de los pulsadores, relés, campanas de alarma y sirenas, deben estar en encerramientos aprobados para lugares Clase I División 1 según el Artículo 3.2.2.3.a).

Excepción. Se permite utilizar encerramientos de propósito general si los contactos de corte de corriente están a) sumergidos en aceite, o b) metidos en una cámara herméticamente cerrada contra la entrada de gases o vapores, o c) en circuitos no incendiarios, o d) parte de un conjunto no incendiario certificado.

2) Resistencias y equipos similares. Las resistencias, dispositivos con resistencias, tubos termoiónicos, rectificadores y equipos similares deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.2.3.b).2).

3) Fusibles y pararrayos. Los dispositivos de protección contra rayos y los fusibles deben ir instalados en encerramientos. Se permite que esos encerramientos sean de propósito general.

4) Alambrado y sellado. Todo el alambrado debe cumplir lo establecido en los Artículos 3.2.2.4.b) y 3.2.2.5.b) y c).

3.2.2.20. Partes energizadas expuestas en lugares Clase I Div. 1 y 2.

En los lugares Clase I Divisiones 1 y 2 no debe haber partes energizadas expuestas.

3.2.2.21. Puesta a tierra en los lugares Clase I Divisiones 1 y 2.

El alambrado y los equipos en los lugares Clase I Divisiones 1 y 2 se deben poner a tierra según se establece en la Sección 250 de ésta norma y además cumplir los siguientes requisitos:

a) Conexiones equipotenciales. Las conexiones equipotenciales se deben hacer mediante accesorios u otros medios adecuados para ese propósito. Como

medio de conexión equipotencial no se debe depender del contacto de las boquillas de tipo con contratuerca o con doble contratuerca. Los medios para conexiones equipotenciales se deben aplicar a todas las canalizaciones, accesorios, cajas, armarios, etc. involucrados entre los lugares Clase I y el punto de puesta a tierra del equipo de acometida o de un sistema derivado independiente.

Excepción. Los medios específicos para conexión equipotencial sólo se requieren hasta el punto más cercano donde el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor del electrodo de puesta a tierra se conectan juntos en el lado de la red de los medios de desconexión de la edificación o estructura, como se especifica en los Artículos 250-24. a), b) y e), siempre que la protección contra sobrecorriente del circuito ramal esté ubicada del lado de la carga de los medios de desconexión.

Nota. Para otros requisitos de las conexiones equipotenciales en lugares peligrosos (clasificados), véase el Artículo 250-78 de la norma.

b) Tipos de conductores para puesta a tierra de equipos. Cuando se utilice tubo metálico flexible o tubo metálico flexible hermético a los líquidos, como permite el Artículo 3.2.2.4.b) y se empleen esos tubos como el único medio de puesta a tierra de los equipos, se deben instalar puentes de conexión equipotencial internos en paralelo con cada tubo conduit y que cumplan lo establecido en el Artículo 250-79.

3.2.2.22. Protección contra impulsos de tensión.

a) En lugares Clase I División 1. Los descargadores de sobre tensión, incluyendo su instalación y conexión deben cumplir lo establecido en la Sección 280. Los descargadores de sobre tensión y condensadores se deben instalar en encerramientos aprobados para lugares Clase I División 1. Los condensadores de

protección contra impulsos de tensión deben ser de un tipo diseñado y fabricado para ese servicio específico.

b) En lugares Clase I División 2. Los descargadores de sobre tensión, como los varistores de óxidos metálicos (MOV), tipo sellado, no deben producir arcos; los condensadores de protección contra impulsos de tensión deben ser de un tipo diseñado y fabricado para ese servicio específico. Su instalación y conexiones deben cumplir con lo establecido en la Sección 280.

Se permite que los encerramientos sean de propósito general. Las protecciones contra impulsos de tensión de tipo distinto al anteriormente descrito, se deben instalar en encerramientos aprobados para lugares Clase I División 1.

3.2.2.23. Circuitos ramales multiconductores.

No están permitidos los circuitos ramales multiconductores en los lugares Clase I División 1.

Excepción. Cuando el(los) dispositivo(s) de desconexión del circuito abra(n) de forma simultánea todos los conductores no puestos a tierra del circuito multiconductor.

3.2.3. Lugares clase II

3.2.3.6. Generalidades:

Al alambrado y equipos eléctricos en lugares clasificados como de Clase II en el Artículo 3.2.1.7, se les aplican las normas generales de este Código.

Excepción 1. Las modificaciones de esta Sección.

Para efectos de esta Sección, “a prueba de ignición de polvos” quiere decir cerrado en un lugar que evite la entrada de polvo y que, cuando está instalado y protegido de acuerdo con las disposiciones de este Código, no permite 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.

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.

Nota. El polvo carbonizado o excesivamente seco es altamente susceptible de producir autoignición espontánea.

Los equipos y alambrado del tipo definido en la Sección 100 como a prueba de explosión no son necesarios y no son aceptables en lugares Clase II, a menos que estén aprobados para ello.

Cuando haya presentes polvos de Clase II Grupo E en cantidades peligrosas, estos lugares se deben clasificar en la División 1.

3.2.3.7. Transformadores y condensadores:

a) Clase II División 1. En los lugares Clase II División 1, los transformadores y condensadores deben cumplir los siguientes requisitos:

1) Los que contengan un líquido inflamable. Los transformadores y condensadores que contengan un líquido inflamable se deben instalar sólo en bóvedas aprobadas que cumplan lo establecido en los Artículos 450-41 a 450-48 y, además: 1) los vanos de las puertas u otras aberturas que comuniquen con el lugar de División 1 deben tener a ambos lados de la pared puertas cortafuegos que se cierran solas y las puertas deben estar montadas con cuidado y dotadas de sellos adecuados (por ejemplo, de intemperie) para reducir al mínimo la entrada de polvo en el bóveda; 2) las aberturas y ductos de ventilación deben comunicar únicamente con el aire exterior (ambiente no clasificado); y 3) se deben

proporcionar aberturas adecuadas para alivio de presión que comuniquen con el aire exterior (ambiente no clasificado).

2) Los que no contengan un líquido inflamable. Los transformadores y condensadores que no contengan un líquido inflamable deben: 1) instalarse en bóvedas que cumplan lo establecido en los Artículos 450-41 a 450-48o 2) estar aprobados como un ensamble completo, incluidas sus conexiones terminales, para lugares Clase II.

3) Polvos metálicos. No se deben instalar transformadores ni condensadores en lugares donde puedan estar presentes polvos de magnesio, aluminio, bronce aluminio u otros polvos metálicos de características peligrosas similares.

b) Clase II División 2. En los lugares Clase II División 2, los transformadores y condensadores deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Los que contengan líquido inflamable. Los transformadores y condensadores que contengan líquido inflamable se deben instalar en bóvedas que cumplan lo establecido en los Artículos 450-41 a 450-48.

2) Que contengan Askarel. El uso de transformadores que contengan Askarel está prohibido en Colombia. Véase definición de "Askarel" en la Sección 100 de la norma analizada.

3) Transformadores tipo seco. Los transformadores tipo seco se deben instalar en bóvedas o deben: 1) tener sus devanados y conexiones terminales encerrados en carcasas metálicas herméticas sin ventilación ni otras aberturas y 2) operar a no más de 600 V nominales.

3.2.3.8. Métodos de alambrado:

Los métodos de alambrado deben cumplir los requisitos a) y b):

a) Clase II División 1. En los lugares Clase II División 1, el método de alambrado utilizado debe ser tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid) roscado NPT, tubo conduit de acero intermedio (tipo IMC) roscado NPT o cables tipo MI con accesorios de terminación aprobados para esos lugares. Los cables tipo MI se deben instalar y soportar de modo que se eviten los esfuerzos mecánicos en los accesorios de sus terminaciones.

Excepción. En establecimientos industriales con acceso restringido al público, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que sólo acceden a la instalación personas calificadas, se permite utilizar cables tipo MC certificados para su uso en lugares Clase II División 1, con blindaje continuo de aluminio corrugado hermético a gases y vapores y una chaqueta externa de material polímero adecuado, con conductores separados de puesta a tierra que cumplan lo establecido en el Artículo 250-95 de la norma y dotados de accesorios terminales certificados para esa aplicación.

1) Accesorios y cajas. Los accesorios y cajas deben estar dotados de salientes roscadas para conectar las terminaciones de los tubos conduit o los cables, deben tener tapa con accesorio de cierre y no tener aberturas (como agujeros para los tornillos de fijación) a través de las cuales pudiera entrar polvo, salir chispas o material ardiendo. Los accesorios y cajas en los que se hagan derivaciones, uniones o conexiones con los terminales o que se utilicen en lugares donde haya polvos combustibles o de naturaleza conductiva de electricidad, deben estar aprobados para lugares Clase II.

2) Conexiones flexibles. Cuando sea necesario utilizar conexiones flexibles, se deben utilizar conectores flexibles herméticos al polvo, tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos con accesorios aprobados, tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos con accesorios aprobados o cordones flexibles aprobados para uso extrapesado y provistos de accesorios con pasacables. Cuando se utilicen cordones flexibles, deben cumplir lo establecido en

el Artículo 3.2.3.11. Cuando las conexiones flexibles estén expuestas a aceite u otras condiciones corrosivas, el aislamiento de los conductores debe ser de un tipo aprobado para esas condiciones o estar protegido por una chaqueta adecuada.

Nota. Para puesta a tierra cuando se usa tubo conduit flexible, véase el Artículo 3.2.3.15.b).

b) En lugares Clase II División 2. En lugares Clase II División 2, el método de alambrado empleado debe ser tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid), tubo conduit metálico intermedio (tipo IMC), tuberías eléctricas metálicas (tipo EMT), canalizaciones herméticas al polvo o cables tipo MC o MI con terminales aprobados o cables tipo PLTC o ITC en bandejas portacables o tipo MC, MI o TC instalados en bandeja portacables en escalera, ventilada o de canal ventilado en una sola capa con un espacio entre dos cables adyacentes no menor al diámetro del cable más grueso.

Excepción. Se permite que el alambrado en circuitos no incendiarios se haga utilizando cualquiera de los métodos adecuados para lugares no clasificados.

1) Canalizaciones, accesorios y cajas. Las canalizaciones, accesorios y cajas en las que haya derivaciones, uniones o conexiones con los terminales, deben estar diseñadas para minimizar la entrada de polvo y además 1) estar dotadas de tapas telescópicas, con accesorio de cierre o de otro medio eficaz que evite la salida de chispas o material ardiendo y 2) no deben tener aberturas (como agujeros para tornillos de fijación) a través de las cuales, una vez terminada la instalación, puedan salir chispas, material ardiendo o a través de las cuales materiales combustibles adyacentes puedan comenzar la ignición.

2) Conexiones flexibles. Cuando sea necesario hacer conexiones flexibles, se aplican las disposiciones del anterior apartado a).2)

3.2.3.9. Sellado, lugares Clase II Divisiones 1 y 2.

Cuando una canalización comunique a un encerramiento a prueba de ignición de polvos con otro que no deba estarlo, se deben instalar los medios adecuados para evitar la entrada de polvo por la canalización en el encerramiento a prueba de ignición. Se permite utilizar uno de los siguientes medios: 1) un sello eficaz y permanente; 2) una canalización horizontal no menor a 3,0 m de largo o 3) una canalización vertical no menor a 1,50 m de largo que se prolongue hacia abajo desde el encerramiento a prueba de ignición.

Cuando una canalización comunique a un encerramiento que deba ser a prueba de ignición de polvos con otro ubicado en un lugar no clasificado, no serán necesarios sellos.

Los accesorios de sellado deben ser accesibles. No se requiere que los sellos sean a prueba de explosión.

Nota. La masilla eléctrica se considera un método de sellado.

3.2.3.10. Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles.

a) En lugares Clase II División 1. Los interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles instalados en los lugares Clase II División 1 deben cumplir los siguientes requisitos:

1) Tipo requerido. Los interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles, incluidos pulsadores, relés y dispositivos similares instalados para interrumpir el paso de la corriente durante el funcionamiento normal o donde pueda haber polvos combustibles de una naturaleza eléctricamente conductiva, deben estar instalados en encerramientos aprobados a prueba de ignición de polvos.

2) Seccionadores (interruptores de separación). Los interruptores de separación y desconectares que no contengan fusibles y no estén destinados para interrumpir el paso de corriente ni donde pueda haber polvos eléctricamente conductivos, deben estar dotados de encerramientos metálicos herméticos, diseñados para minimizar la entrada de polvo y que además: 1) deben estar equipados con tapas telescópicas, con accesorio de cierre o con otro medio eficaz que evite el escape de chispas o de material ardiendo y 2) no deben tener aberturas (como agujeros para tornillos de fijación) a través de las cuales, una vez terminada la instalación, puedan escapar chispas o material ardiendo o a través de las cuales se puedan comenzar la ignición de materiales combustibles adyacentes.

3) Polvos metálicos. En lugares donde pueda haber polvos de magnesio, aluminio y bronce-aluminio u otros metales peligrosos de características similares, los fusibles, interruptores, controladores de motores e interruptores automáticos deben estar en encerramientos aprobados específicamente para esos lugares.

b) En lugares Clase II División 2. Los encerramientos de fusibles, interruptores, interruptores automáticos y controladores de motores instalados en lugares Clase II División 2, incluidos los pulsadores, relés y dispositivos similares, deben ser herméticos al polvo.

3.2.3.11. Transformadores y resistencias de control:

a) En lugares Clase II División 1. Los transformadores de control, solenoides, bobinas, resistencias y cualquier dispositivo de protección contra sobrecorriente o mecanismo de conmutación asociado con ellos, instalados en lugares Clase II División 1, deben estar en encerramientos a prueba de ignición de polvos aprobados para lugares Clase II. No se debe instalar ningún transformador de control, bobina o resistencia en lugares donde pueda haber polvos de magnesio, aluminio y bronce-aluminio u otros metales peligrosos de características similares, si no están protegidos por un encerramiento aprobado para ese lugar específico.

b) En lugares Clase II División 2. Los transformadores y resistencias instalados en lugares Clase II División 2 deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Mecanismos de conmutación. Los mecanismos de conmutación (incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente) asociados con los transformadores de control, solenoides, bobinas y resistencias, deben estar instalados en encerramientos herméticos al polvo.

2) Bobinas y devanados. Cuando no estén instalados en el mismo encerramiento de los mecanismos de conmutación, los transformadores de control, solenoides y bobinas, deben estar dotados de encerramientos metálicos herméticos sin aberturas de ventilación.

3) Resistencias. Las resistencias y dispositivos con resistencias deben instalarse en encerramientos a prueba de ignición de polvo aprobados para lugares Clase II.

Excepción. Cuando la temperatura máxima en funcionamiento normal de una resistencia no supere los 120 °C, se permite que las resistencias no ajustables o las que formen parte de un dispositivo de arranque automático estén en encerramientos que cumplan la anterior condición b). 2).

3.2.3.12. Motores y generadores.

a) En lugares Clase II División 1. Los motores, generadores y otros equipos eléctricos rotativos instalados en lugares Clase II División 1, deben estar:

1) Aprobados para lugares Clase II División 1, o

2) Totalmente encerrados ventilados por ductos, que cumplan las limitaciones de temperatura del Artículo 3.2.3.1.

b) En lugares Clase II División 2. Los motores, generadores y otros equipos eléctricos rotativos instalados en lugares Clase I División 2 deben estar totalmente

cerrados sin ventilar, totalmente cerrados ventilados por ductos, totalmente cerrados refrigerados por aire y agua, totalmente cerrados refrigerados por ventilador o en encerramientos a prueba de ignición de polvos cuya temperatura máxima exterior a plena carga cumpla lo establecido en el Artículo 3.2.1.5.f) en funcionamiento normal al aire libre (sin que se haya depositado una capa de polvo) y no deben tener aberturas externas.

Excepción. Si la autoridad con jurisdicción estima que la acumulación de polvo no conductor y no abrasivo va a ser moderada, que las máquinas son fácilmente accesibles para su limpieza y mantenimiento rutinarios y que su temperatura máxima de funcionamiento no supera los 120"ó, puede permitir instalar alguno de los siguientes equipos:

- a. Máquinas normalizadas tipo abierto sin contactos deslizantes ni mecanismos de interrupción centrífugos ni de otros tipos de interrupción, incluyendo dispositivos de protección contra sobrecorrientes, sobrecargas o sobrecalentamientos, o dispositivos de resistencia integrados.
- b. Máquinas normalizadas tipo abierto con contactos deslizantes, mecanismos de interrupción o dispositivos de resistencia, instalados dentro de encerramientos herméticos al polvo sin aberturas de ventilación u otras aberturas.
- c. Máquinas autolimpiantes con motor tipo jaula de ardilla, para uso textil.

3.2.3.13. Ductos de ventilación:

Los ductos de ventilación para motores, generadores u otras máquinas eléctricas rotativas o para encerramientos de equipos eléctricos, deben ser metálicos de un espesor no menor a 0,5 mm (0,021 pulgadas) o de un material no combustible y deben cumplir las siguientes condiciones: 1) estar conectados directamente a una fuente de aire limpio fuera del edificio; 2) tener rejillas en sus extremos exteriores para evitar la entrada de pájaros o de animales pequeños y 3) estar protegidos contra daños físicos, oxidación u otras influencias corrosivas.

Los ductos de ventilación deben cumplir además las siguientes condiciones a) y b):

a) En lugares Clase II División 1. En los lugares Clase II División 1, los ductos de ventilación, incluidas sus conexiones con los motores o con los encerramientos a prueba de ignición de polvos para otros equipos, deben ser herméticos al polvo en toda su longitud. En las tuberías metálicas, los cordones (costuras) y uniones deben cumplir con una de las siguientes condiciones: 1) estar gratados y soldados; 2) estar sujetos con pernos y soldados; 3) estar soldados o 4) estar protegidos contra la entrada del polvo por cualquier otro medio igualmente efectivo.

b) En lugares Clase II División 2. En los lugares Clase II División 2, los ductos de ventilación y sus conexiones deben ser suficientemente herméticos como para evitar la entrada de cantidades apreciables de polvo en los equipos o encerramientos ventilados y para evitar la salida de chispas, llamas o material ardiendo que pueda incendiar el polvo acumulado o los materiales combustibles que pueda haber a su alrededor. En los ductos metálicos se permiten las costuras de cierre y uniones gratadas o soldadas; cuando sea necesaria cierta flexibilidad, como en la conexión con los motores, se permiten juntas de dilatación herméticamente ajustadas.

3.2.3.14. Equipos eléctricos utilitarios:

a) En lugares Clase II División 1. Todos los equipos eléctricos utilitarios instalados en lugares Clase II División 1 deben estar aprobados para lugares Clase II. Cuando pueda haber polvos de magnesio, aluminio, bronce aluminio u otros metales peligrosos de características similares, tales equipos deben estar aprobados para ese lugar específico.

b) En lugares Clase II División 2. Todos los equipos eléctricos utilitarios instalados en lugares Clase II División 2 deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Calentadores. Los equipos eléctricos utilitarios calentados eléctricamente deben estar aprobados para lugares Clase II.

Excepción. Los paneles radiadores de calefacción en encerramientos metálicos deben ser herméticos al polvo y estar rotulados según establece el Artículo 3.2.1.5.
d)

2) Motores. Los motores de equipos eléctricos utilitarios deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.3.7.b).

3) Interruptores, interruptores automáticos y fusibles. Los encerramientos de los interruptores, interruptores automáticos y fusibles, deben ser herméticos al polvo.

4) Transformadores, solenoides bobinas y resistencias. Los transformadores, solenoides, bobinas y resistencias deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.3.6.b).

3.2.3.15. Equipos de alumbrado:

Los equipos de alumbrado deben cumplir las condiciones a) y b):

a) En lugares Clase II División 1. Los equipos de alumbrado, en los lugares Clase II División 1, deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Equipos aprobados. Cada equipo debe estar aprobado para lugares Clase II División 1 y debe llevar claramente rotulada la potencia máxima de la bombilla, en vatios, para la cual está aprobado. En lugares donde pueda haber polvos de magnesio, aluminio y bronce aluminio u otros metales peligrosos de características similares, todos los equipos fijos o portátiles de alumbrado y sus equipos auxiliares deben estar aprobados para esos lugares específicos.

2) Daños físicos. Cada equipo se debe proteger contra daños físicos bien sea por su ubicación o mediante la utilización de rejillas protectoras.

3) Equipos colgantes. Los equipos colgantes deben estar suspendidos de tramos de tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid) roscado NPT, de tramos de tubo conduit intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT, de cadenas con accesorios aprobados o por cualquier otro medio aprobado. Los tramos rígidos de más de 0,30 m de largo se deben apuntalar eficaz y permanente para evitar su desplazamiento lateral, a no más de 0,30 m sobre el extremo inferior del tramo o tener cierta flexibilidad en forma de un accesorio o conectar flexible aprobado para ese lugar, instalado a no más de 0,30 m del punto de unión a la caja o accesorio de soporte. Las uniones roscadas deben llevar tomillos de ajuste u otros medios eficaces para impedir que se aflojen. Cuando el alambrado ubicado entre la caja de salida o accesorio y el equipo colgante r o esté encerrado en un tubo conduit, se debe utilizar un cordón flexible aprobado para uso pesado e instalar sellos adecuados en el lugar por donde el cable entre en el equipo y en la caja de salida o accesorio. El cable o cordón flexible no se debe utilizar como medio de soporte del equipo.

4) Soportes. Las cajas, conjuntos de cajas o accesorios utilizados como soporte de los equipos de alumbrado, deben estar aprobados para su uso en lugares Clase II.

b) Lugares Clase II División 2. Los equipos de alumbrado instalados en lugares Clase II División 2 deben cumplir los siguientes requisitos:

1) Equipos portátiles de alumbrado. Los equipos portátiles de alumbrado deben estar aprobados para usarlos en lugares Clase II y estar claramente rotulados con la potencia máxima, en vatios, de las bombillas para las cuales están aprobados.

2) Equipos fijos. Los equipos fijos de alumbrado, cuando no son de un tipo aprobado para lugares Clase II, deben proporcionar encerramientos para bombillas y portabombillas que deben estar diseñados para reducir al mínimo el depósito de polvo sobre las bombillas y para evitar que escapen chispas, material

ardiendo o metal caliente. Cada equipo debe estar claramente rotulado con la potencia máxima, en vatios, de la bombilla que se permite sin superar una determinada temperatura en sus superficies expuestas bajo condiciones normales de uso, de acuerdo con el Artículo 3.2.1.5.f).

3) Daños físicos. Los equipos de alumbrado fijos deben estar protegidos contra daños físicos bien sea por su ubicación o por medio de protectores adecuados.

4) Equipos colgantes. Los equipos colgantes deben estar suspendidos de tramos de tubo conduit de metal rígido (tipo Rigid) roscado NPT, de tramos de tubo intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT, de cadenas con accesorios aprobados o por cualquier otro medio aprobado. Los tramos rígidos de más de 0,30 m de largo se deben apuntalar eficaz y permanente para evitar su desplazamiento lateral, a no más de 0,30 m sobre el extremo inferior del tramo o debe tener cierta flexibilidad en forma de accesorio aprobado o un conector flexible para ese lugar, instalado a no más de 0,30 m del punto de unión a la caja o accesorio de soporte. Cuando el alumbrado ubicado entre la caja de salida o accesorio y el artefacto colgante no esté encerrado en tubo conduit, se debe utilizar un cordón flexible aprobado para uso pesado. El cable o cordón flexible no se debe utilizar como medio de soporte para un artefacto.

5) Bombillas de descarga. Los equipos de encendido y control de las bombillas de descarga deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.1.6.b).

3.2.3.16. Cables y cordones flexibles en lugares Clase II Div. 1 y 2.

Los cables y cordones flexibles utilizados en lugares Clase II deben cumplir las siguientes condiciones: 1) ser de un tipo aprobado para uso extrapesado; 2) contener, además de los conductores del circuito, un conductor de puesta a tierra que cumpla lo establecido en el Artículo 400-23; 3) estar conectados a los terminales o conductores de suministro de manera aprobada; 4) estar soportados

por abrazaderas u otro medio adecuado que evite la tensión mecánica en las conexiones de los terminales; y 5) estar dotados de sellos adecuados que eviten la entrada de polvo por los puntos donde el cable o cordón flexible entre en cajas o accesorios que se requiere sean a prueba de ignición de polvos.

3.2.3.17. Tomacorrientes y clavijas.

a) En lugares Clase II División 1. En los lugares Clase II División 1, los tomacorrientes y clavijas deben ser de un tipo que permita conectar el conductor de puesta a tierra del cable o cordón flexible y estar aprobada para lugares Clase II.

b) En lugares Clase II División 2. En los lugares Clase II División 2, los tomacorrientes y clavijas deben ser de un tipo que permita conectar el conductor de puesta a tierra del cable o cordón flexible y estar diseñados de tal modo que no se pueda conectar o desconectar al circuito de suministro mientras estén expuestas partes energizadas.

3.2.3.18. Sistemas de señalización, alarma, comunicaciones y control remoto; medidores, instrumentos y relés.

Nota. Para las normas sobre instalación de los circuitos de comunicaciones, véase la Sección 800.

a) En lugares Clase II División 1. Los equipos de señalización, alarma, comunicaciones y control remoto, medidores, instrumentos y relés, instalados en lugares Clase II División 1, deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Métodos de alambrado. Los métodos de alambrado deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.3.3.a).

2) Contactos. Los interruptores, interruptores automáticos, relés, contactores, fusibles y dispositivos de interrupción del paso de corriente para campanas,

timbres, bocinas, sirenas y otros dispositivos que puedan producir chispas o arcos, deben ir dentro de encerramientos aprobados para lugares Clase II.

Excepción. Cuando los contactos de corte de corriente estén sumergidos en aceite o la interrupción de la corriente se produzca dentro de una cámara sellada contra la entrada de polvo, se permite que los encerramientos sean de propósito general.

3) Resistencias y equipos similares. Las resistencias, transformadores, bobinas, rectificadores, tubos termoiónicos y otros equipos que generen calor, deben ir dentro de encerramientos aprobados para lugares Clase II.

Excepción. Cuando las resistencias o equipos similares estén sumergidos en aceite o encerradas en una cámara sellada contra la entrada de polvo, se permite que los encerramientos sean de propósito general.

4) Maquinaria rotativa. Los motores, generadores y otras máquinas eléctricas rotativas deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.3.7.a).

5) Polvos combustibles eléctricamente conductivos. Cuando los polvos sean combustibles y eléctricamente conductivos, todos los equipos y el alambrado deben estar aprobados para lugares Clase II.

6) Polvos metálicos. En lugares donde pueda haber polvos de magnesio, aluminio, bronce aluminio u otros metales peligrosos de características similares, todos los aparatos y equipos deben estar aprobados para esas condiciones específicas.

b) En lugares Clase II División 2. Los equipos de señalización, alarma, comunicaciones y control remoto, medidores, instrumentos y relés, instalados en lugares Clase II División 2, deben cumplir las siguientes condiciones:

1) Contactos. Los encerramientos deben cumplir la anterior condición a).2) o los contactos deben estar en encerramientos metálicos herméticos diseñados para evitar la entrada de polvo; deben tener tapas telescópicas (encajadas) o con

accesorio hermético y sin aberturas a través de las cuales, después de la instalación, pudieran escapar chispas o material ardiendo.

Excepción. En circuitos no incendiarios se permite que los encerramientos sean de propósito general.

Nota. Una tapa telescópica o encajada es aquella que cubre la abertura de un encerramiento, traslapando el borde del perímetro de la abertura y cubriendo parte de los lados de dicho encerramiento.

2) Transformadores y equipos similares. Los devanados y las conexiones terminales de los transformadores, bobinas y equipos similares deben estar en encerramientos metálicos herméticos sin aberturas de ventilación.

3) Resistencias y equipos similares. Las resistencias, dispositivos a base de resistencias, tubos termoiónicos, rectificadores y equipos similares deben cumplir la anterior condición a).3).

Excepción. Se permite que sean de propósito general los encerramientos para tubos termoiónicos, resistencias fijas ajustables o rectificadores cuya máxima temperatura de funcionamiento no supere los 120 °C.

4) Maquinaria rotativa. Los motores, generadores y otras máquinas eléctricas rotativas deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.3.7.D).

5) Métodos de alambrado. Los métodos de alambrado deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.3.3.b).

3.2.3.19. Partes energizadas en lugares Clase II Divisiones 1 y 2.

En estos lugares no debe haber partes energizadas expuestas.

3.2.3.20. Puesta a tierra en lugares Clase II Divisiones 1 y 2.

El alambrado y equipos de los lugares Clase II Divisiones 1 y 2 se deben poner a tierra como se especifica en la Sección 250 y además cumplir las siguientes condiciones:

a) Conexiones equipotenciales. Las conexiones equipotenciales se deben hacer mediante accesorios u otros medios adecuados para ese propósito. Como medio de conexión equipotencial no se debe depender del contacto de las boquillas del tipo con contratuerca o con doble contratuerca. Los medios para conexiones equipotenciales se deben aplicar a todas las canalizaciones, accesorios, cajas, armarios, etc. involucrados entre los lugares Clase II y el punto de puesta a tierra del equipo de acometida o de un sistema derivado independiente.

Excepción. Los medios específicos para conexión equipotencial sólo se requieren hasta el punto más cercano donde el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor del electrodo de puesta a tierra se conectan juntos en el lado de la red de los medios de desconexión de la edificación o estructura, como se especifica en los Artículos 250-24.a), b) y e), siempre que la protección contra sobrecorriente del circuito ramal esté ubicada del lado de la carga de los medios de desconexión.

Nota. Para otros requisitos de las conexiones equipotenciales en lugares peligrosos (clasificados), véase el Artículo 250-78 de esta norma.

b) Tipos de conductores de puesta tierra de equipos. Cuando se utilice tubo conduit metálico flexible como permite el Artículo 3.2.3.3, se deben instalar puentes de conexión equipotencial internos, en paralelo con cada tubo y que cumplan con lo establecido en el Artículo 250-79.

3.2.3.21. Protección contra impulsos de tensión en lugares Clase II Divisiones 1 y 2.

Los descargadores de sobre tensión, incluyendo su instalación y conexión deben cumplir lo establecido en la Sección 280. Además, cuando estén instalados en lugares Clase 11 División 1, los descargadores de sobre tensión se deben instalar en encerramientos aprobados. Los condensadores de protección contra impulsos de tensión deben ser de un tipo diseñado y fabricado para ese servicio específico.

3.2.3.22. Circuitos ramales multiconductores.

No están permitidos los circuitos ramales multiconductores en los lugares Clase II División 1.

Excepción. Cuando el(los) dispositivo(s) desconexión del circuito abra(n) simultáneamente todos los conductores no puestos a tierra (conductores de fase) del circuito multiconductor.

3.2.4. Lugares clase III

3.2.4.6. Generalidades:

Al alambrado y equipos eléctricos en lugares clasificados como de Clase III en el Artículo 3.2.1.8, se les aplican las normas generales de este Código, exceptuando las modificaciones que se hagan dentro de esta sección.

Los equipos instalados en lugares Clase III deben ser capaces de funcionar a plena potencia sin que la temperatura en su superficie suba lo suficiente para causar una excesiva deshidratación o una carbonización gradual de las fibras o pelusas acumuladas, puesto que la materia orgánica carbonizada o excesivamente seca es muy susceptible de ignición espontánea. La temperatura máxima superficial de los equipos en condiciones normales de funcionamiento no debe superar 165 °C para equipos que no están expuestos a sobrecargas y 120

°C para equipos que se puedan sobrecargar (como los motores o transformadores).

3.2.4.7. Transformadores y condensadores en lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

Los transformadores y condensadores deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.3.2.b).

3.2.4.8. Métodos de alambrado:

Los métodos de alambrado deben cumplir las condiciones a) y b):

a) En lugares Clase III División 1. En los lugares Clase III División 1, el método de alambrado debe ser tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid), tubo conduit rígido no metálico, tubo conduit metálico intermedio (tipo IMC), tuberías eléctricas metálicas (tipo EMT), canalizaciones de cables herméticas al polvo o cables tipo MC o MI con accesorios terminales aprobados.

Nota. Véase el Capítulo 3 de esta norma para los diferentes tipos de tubos conduit, tuberías y cables.

1) Cajas y accesorios. Todas las cajas y accesorios deben ser herméticos al polvo.

2) Conexiones flexibles. Cuando sea necesario utilizar conexiones flexibles, se deben utilizar conectores flexibles herméticos al polvo, tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos con accesorios aprobados, tubo conduit flexible no metálico hermético a los líquidos con accesorios aprobados, cables o cordones flexibles de acuerdo con el Artículo 3.2.4.10.

Nota. Para los requisitos de puesta a tierra cuando se emplea tubo conduit flexible, véase el Artículo 3.2.4.16.D). Véase el Capítulo 3 para los tubos conduit flexibles metálicos y no metálicos.

b) En lugares Clase III División 2. En los lugares Clase III División 2, los métodos de alambrado deben cumplir el anterior apartado a).

Excepción. En secciones, áreas o compartimientos utilizados únicamente para almacenaje que no contengan maquinaria, se permite instalar alambrado a la vista sobre aisladores siempre que cumplan lo establecido en la Sección 320, siempre y cuando los conductores no vayan por espacios entre la cubierta y el cielo raso, estén lejos de fuentes que puedan dar lugar a daños físicos y estén protegidos según exige el Artículo 320-14.

3.2.4.9. Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles en lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

Los interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles, incluyendo pulsadores, relés y dispositivos similares, instalados en los lugares Clase III Divisiones 1 y 2, deben ir dentro de encerramientos herméticos al polvo.

3.2.4.10. Transformadores y resistencias de control en lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

Los transformadores de control, bobinas y resistencias utilizadas como equipo de control, o como parte de este, para motores, generadores y artefactos, deben estar en encerramientos herméticos al polvo y cumplir las limitaciones de temperatura del Artículo 3.2.4.1.

3.2.4.11. Motores y generadores en lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

Los motores, generadores y otras máquinas eléctricas rotativas instaladas en lugares Clase III Divisiones 1 y 2, deben ser de los tipos totalmente cerrados no ventilados, totalmente cerrados ventilados por ductos o totalmente cerrados refrigerados con ventilador.

Excepción. Si la autoridad con jurisdicción estima que la acumulación de pelusa o partículas va a ser moderada, que las máquinas son fácilmente accesibles para su limpieza y mantenimiento rutinarios y que su temperatura máxima de

funcionamiento no supere los 120 °C, puede permitir instalar alguna de las siguientes máquinas:

- a. Máquinas autolimpiantes con motores tipo jaula de ardilla, para uso en textiles.
- b. Máquinas normalizadas tipo abierto sin contactos deslizantes ni mecanismos de interrupción centrífugos ni de otros tipos de interrupción, incluyendo dispositivos de protección contra sobrecarga).
- c. Máquinas normalizadas tipo abierto con contactos deslizantes, mecanismos de interrupción o dispositivos de resistencia, instalados dentro de encerramientos herméticos y sin aberturas de ventilación ni otras aberturas.

3.2.4.12. Ductos de ventilación en lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

Los ductos de ventilación para motores, generadores u otras máquinas rotativas o para encerramientos de equipos eléctricos, deben ser metálicos de un espesor no menor a 0,5 mm (0,021 pulgadas) o de un material no combustible y deben cumplir las condiciones siguientes: 1) estar conectados directamente a una fuente de aire limpio fuera del edificio; 2) tener rejillas en sus extremos exteriores para evitar la entrada de pájaros o de animales pequeños y 3) estar protegidos contra daños físicos, oxidación u otras influencias corrosivas.

Los ductos de ventilación y sus conexiones deben ser suficientemente herméticos como para evitar la entrada de cantidades apreciables de fibras o pelusas en los equipos o encerramientos ventilados y para evitar la salida de chispas, llamas o material ardiendo que pueda incendiar las fibras o pelusas acumuladas o los materiales combustibles a su alrededor. En los ductos metálicos se permiten costuras o uniones grafadas o soldadas. Cuando sea necesaria cierta flexibilidad, como en la conexión con los motores, se permiten juntas de dilatación herméticamente ajustadas.

3.2.4.13. Equipo eléctrico utilitario: lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

- a) Calentadores. Los equipos eléctricos utilitarios calentados eléctricamente deben estar aprobados para lugares Clase III.
- b) Motores. Los motores o equipos eléctricos utilitarios a motor deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.4.6.
- c) Interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles. Los interruptores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles deben cumplir lo establecido en el Artículo 3.2.4.4.

3.2.4.14. Equipos de alumbrado en lugares Clase III Divisiones 1y2.

- a) Equipos fijos. Los equipos fijos de alumbrado deben tener encerramientos para las bombillas y portabombillas, diseñados para evitar la entrada de fibras y pelusas y la salida de chispas, material ardiendo o metal caliente. Cada equipo debe estar claramente rotulado con la potencia máxima, en vatios, permitida de la bombilla y de esta manera evitar que la temperatura de las superficies expuestas exceda el límite de 165 °C, bajo condiciones normales de uso.
- b) Daños físicos. Cada equipo se debe proteger contra daños físicos bien sea por su ubicación o mediante la utilización de rejillas protectoras.
- c) Equipos colgantes. Los equipos colgantes deben estar suspendidos por tramos de tubo conduit metálico rígido roscado (tipo Rígido), tubo conduit metálico intermedio roscado (tipo IMC), tubería metálica roscada de espesor equivalente o cadenas con accesorios aprobados. Los tramos de más de 0,30 m de largo se deben apuntalar eficaz y permanente para evitar su desplazamiento lateral, a no más de 0,30 m sobre el extremo inferior de la barra o tener cierta flexibilidad en forma de un accesorio o conector flexible aprobados para ese lugar, instalado a no más de 0,30 m del punto de unión a la caja de o accesorio de soporte.

d) Equipo portátil de alumbrado. Los equipos portátiles de alumbrado deben estar dotados con agarraderas y resguardados con protectores fuertes. Los portabombillas deben ser del tipo sin interruptor y sin tomacorriente incorporado. No deben tener partes metálicas expuestas energizadas y todas las partes metálicas no portadoras de corriente se deben conectar a tierra. En todos los demás aspectos, el equipo portátil de alumbrado debe cumplir la anterior condición a).

3.2.4.15. Cables y cordones flexibles en lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

Los cables y cordones flexibles utilizados en lugares Clase III deben cumplir las siguientes condiciones: 1) ser de un tipo aprobado para uso extrapesado; 2) contener, además de los conductores del circuito, un conductor de puesta a tierra que cumpla lo establecido en el Artículo 400-23 de esta norma; 3) estar conectados a los terminales o conductores de suministro de manera aprobada; 4) estar sujetos por abrazaderas u otro medio adecuado que evite la tensión en las conexiones de los terminales y 5) estar dotados de prensaestopas que eviten la entrada de fibras o pelusa por los puntos donde el cable o cordón entre en las cajas o accesorios.

3.2.4.16. Tomacorrientes y clavijas: en lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

Los tomacorrientes y clavijas deben tener polo a tierra y estar diseñados y fabricados de modo que eviten la acumulación o entrada de fibras o pelusa y la salida de chispas o partículas incandescentes.

3.2.4.17. Sistemas de señalización, alarma, control remoto e intercomunicación local por altavoces lugares Clase III Div. 1 y 2.

Los equipos de señalización, alarma, control remoto e intercomunicación local por altoparlantes deben cumplir los requisitos de la Sección 3.2.4. en cuanto a métodos de alambado, interruptores, transformadores, resistencias, motores, equipos de alumbrado y componentes relacionados.

3.2.4.18. Grúas, montacargas, elevadores eléctricos y equipos similares en lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

Las grúas móviles, montacargas y elevadores para la manipulación de materiales, limpiadoras móviles de maquinaria textil y equipos similares instalados para funcionar en ambientes con fibras combustibles o con acumulaciones de pelusas, deben cumplir las siguientes condiciones a) hasta d):

- a) Fuente de alimentación. La fuente de alimentación a los conductores de contacto o escobillas, debe estar aislada de todos los demás sistemas y estar equipada con un detector de puesta a tierra que emita una alarma y corte automáticamente la corriente a los conductores de contacto o escobillas en caso de falla a tierra o produzca una alarma visual y sonora, la cual debe mantenerse hasta que los conductores se hayan desenergizado y se haya despejado la falla a tierra.
- b) Conductores de contacto o escobillas. Los conductores de contacto o escobillas deben estar ubicados y protegidos de modo que sean inaccesibles a personas no autorizadas y estén protegidos contra el contacto accidental con objetos extraños.
- c) Colectores. Los colectores en máquinas rotativas deben estar dispuestos o protegidos de modo que se produzca la menor cantidad de chispas posible, evitando la salida de estas o de partículas calientes. Para reducir las chispas, cada conductor de contacto debe estar dotado de dos o más superficies o contactos independientes. Debe haber medios adecuados para que los conductores y colectores de corriente se mantengan libres de acumulación de fibras o pelusa.
- d) Equipo de control. El equipo de control debe cumplir lo establecido en los Artículos 3.2.4.4.y3.2.4.5.

3.2.4.19. Cargadores de baterías: lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

Los cargadores de baterías deben estar ubicados en cuartos separados construidos o recubiertos con una buena capa de material no combustible y de modo que se puedan ventilar para quitar las fibras o pelusas.

3.2.4.20. Partes energizadas en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. No debe haber partes energizadas expuestas en estos lugares.

Excepción. Lo que permite el Artículo 3.2.4.13.

3.2.4.21. Puesta a tierra en lugares Clase III Divisiones 1 y 2.

El alambrado y equipos de los lugares Clase III Divisiones 1 y 2 se deben poner a tierra como se especifica en la Sección 250 y además cumplir las siguientes condiciones:

a) Conexiones equipotenciales. Las conexiones equipotenciales se deben hacer mediante accesorios u otros medios adecuados para ese propósito. Como medio de conexión equipotencial no se debe depender del contacto de las boquillas del tipo con contratuerca o con doble contratuerca. Los medios para conexiones equipotenciales se deben aplicar a todas las canalizaciones, accesorios, cajas, armarios, etc. involucrados entre los lugares Clase III y el punto de puesta a tierra del equipo de acometida o de un sistema derivado independiente.

Excepción. Los medios específicos para conexión equipotencial sólo se requieren hasta el punto más cercano donde el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor del electrodo de puesta a tierra se conectan juntos del lado de la red de los medios de desconexión de la edificación o estructura, como se especifica en los Artículos 250-24. a),b) y c), siempre que la protección contra sobrecorriente del circuito ramal esté ubicada del lado de la carga de los medios de desconexión.

b) Tipos de conductores para puesta a tierra de equipos. Cuando se utilice tubo conduit metálico flexible como permite el Artículo 3.2.4.3. se deben instalar puentes de conexión equipotencial internos, en paralelo con cada tubo y que cumplan con lo establecido en el Artículo 250-79.

3.2.5. Sistemas de seguridad intrínseca

3.2.5.6. Alcance:

Esta Sección trata de la instalación de los equipos, sistemas y alambrados de seguridad intrínseca para lugares Clase I, II y III.

3.2.5.7. Aplicación de otras Secciones.

Todas las Secciones de este Código son aplicables a estos equipos, excepto lo modificado por esta.

3.2.5.8. Aprobación de los equipos.

Todos los equipos de seguridad intrínseca y equipos asociados deben estar aprobados.

Excepción. No es necesario que estén aprobados los equipos definidos en los planos de control como equipos sencillos.

3.2.5.9. Instalación de los equipos.

a) Plano de control. Todos los equipos de seguridad intrínseca, equipos asociados y otros, se deben instalar de acuerdo con el plano o planos de control

Excepción. Los equipos sencillos que no conecten entre sí circuitos de seguridad intrínseca.

Nota. La referencia al plano de control debe estar rotulada en el equipo.

b) Ubicación. Se permiten instalar equipos de seguridad intrínseca y equipos asociados en cualquier lugar peligroso (clasificado) para el que estén aprobados.

Nota. Los equipos asociados se pueden instalar en lugares peligrosos (clasificados) si están protegidos por otros medios permitidos en las Secciones 3.2.2 a 3.2.4 y 3.2.6.

Se permite instalar equipos de seguridad intrínseca en encerramientos de propósito general.

3.2.5.10. Métodos de alambrado.

Se permite instalar los equipos e interconexiones de seguridad intrínseca con cualquiera de los métodos adecuados para lugares no clasificados. Los equipos deben ir sellados como se indica en el Artículo 3.2.5.10, con la separación que se indica en el Artículo 3.2.5.7.

3.2.5.11. Separación de los conductores de seguridad intrínseca.

3.2.5.11.1. De los conductores de circuitos que no sean de seguridad intrínseca.

1) Alambrado a la vista. Los conductores y cables de circuitos de seguridad intrínseca que no estén en canalizaciones o bandejas portacables, deben ir separados 50 mm como mínimo y sujetos de modo que no entren en contacto con conductores y cables de circuitos que no sean de seguridad intrínseca.

Excepción. Dónde:

- Todos los conductores del circuito de seguridad intrínseca sean cables tipo MI o MC, o

- Todos los conductores del circuito que no sean de seguridad intrínseca vayan instalados en canalizaciones o sean cables tipo MI o MC cuya chaqueta o revestimiento sea capaz de conducir toda la corriente de falla a tierra.

2) En canalizaciones, bandejas portacables y cables. Los conductores de los circuitos de seguridad intrínseca no se deben instalar en canalizaciones, bandejas portacables o cables con conductores que no sean de circuitos de seguridad intrínseca.

Excepciones:

1) Donde los conductores de circuitos de seguridad intrínseca estén separados de los que no sean de seguridad intrínseca por una distancia mínima de 50 mm y estén bien sujetos, o mediante un tabique metálico puesto a tierra o un tabique aislante aprobado.

Nota. Se consideran generalmente aceptables los tabiques de lámina metálica de 0,9 mm (calibre 20 MSG).

2) Donde: 1) todos los conductores del circuito de seguridad intrínseca o 2) todos los conductores del circuito que no sea de seguridad intrínseca, estén en cables con revestimiento metálico o con forro metálico puesto a tierra, con capacidad para transportarla corriente de falla a tierra.

3) Dentro de encerramientos.

a. Los conductores de los circuitos de seguridad intrínseca deben estar separados 50 mm como mínimo de los conductores de cualquier circuito que no sea de seguridad intrínseca, o según se especifica en el Artículo 3.2.5.7.a)2).

b. Todos los conductores deben ir sujetos de modo que cualquier conductor que se pueda aflojar de su terminal no pueda entrar en contacto con otro terminal.

Notas:

1) El método más adecuado para cumplir este requisito es usar dos compartimientos separados para los terminales de los circuitos de seguridad intrínseca y de los que no lo son.

2) Para asegurar la separación del alambrado se pueden utilizar barreras físicas, como tabiques metálicos puestos a tierra o tabiques aislantes aprobados o conductos de alambrado de acceso restringido separados de otros conductos un mínimo de 19 mm.

3.2.5.11.2. De los conductores de circuitos de seguridad intrínseca diferentes.

Los circuitos de seguridad intrínseca diferente deben ir en cables separados o estar separados entre sí por alguno de los siguientes medios:

1) Los conductores de cada circuito deben ir dentro de un blindaje metálico puesto a tierra.

2) Los conductores de cada circuito debe tener un aislante con un espesor mínimo de 0,25 mm.

3.2.5.12. Puesta a tierra.

a) Equipos de seguridad intrínseca, equipos asociados y canalizaciones. Se deben poner a tierra los equipos de seguridad intrínseca, equipos asociados, blindajes de los cables, los encerramientos y canalizaciones si son de metal.

Nota. En algunos equipos asociados puede ser necesario conectar equipotencialmente el equipo al electrodo de tierra: por ejemplo, las barreras de diodos zener, si lo especifica así el plano de control.

b) Conexión a los electrodos de puesta a tierra. Cuando sea necesario conectarlos al electrodo de puesta a tierra. Este electrodo debe cumplir con todas las exigencias de seguridad.

c) Blindajes. Cuando se utilicen cables o conductores blindados, el blindaje se debe poner a tierra, de acuerdo con las disposiciones de la Sección 250 de esta norma.

Excepción. Cuando el blindaje forme parte del equipo de seguridad intrínseca.

3.2.5.13. Conexión equipotencial:

a) Lugares peligrosos. En lugares peligrosos (clasificados), los equipos de seguridad intrínseca se deben conectar equipotencialmente.

b) En lugares no peligrosos. En lugares no peligrosos, cuando se utilicen canalizaciones metálicas para el sistema de alambrado de seguridad intrínseca en lugares peligrosos, se deben conectar equipotencialmente los equipos asociados según lo establecido en los Artículos 3.2.2.16.a), 3.2.3.15.a), 3.2.4.16.a) o 3.2.6.14, el que sea aplicable.

3.2.5.14. Sellado:

Los tubos conduit y cables que se requieran que vayan sellados, según lo indican los Artículos 3.2.2.5 y 3.2.3.4, deben ir así para reducir al mínimo el paso de gases, polvos o vapor. No se requiere que dicho sellado sea a prueba de explosión o a prueba de llama.

Excepción. No se requiere sellar los encerramientos que contengan únicamente equipos de seguridad intrínseca, excepto lo que exige el Artículo 3.2.2.5.f).3).

3.2.5.15. Identificación:

Las etiquetas que exige este artículo deben ser adecuadas para los lugares donde estén instalados los equipos, teniendo en cuenta su exposición a los productos químicos y a la luz solar.

a) Terminales. Los equipos de seguridad intrínseca se deben identificar en los terminales y cajas de bornes de modo que se evite la interferencia accidental con otros circuitos durante los ensayos y revisiones.

b) Alambrado. Las canalizaciones, bandejas portacables y cables a la vista de sistemas de seguridad intrínseca, se deben identificar mediante etiquetas permanentes que lleven la inscripción “Alambrado de seguridad intrínseca”, “Intrinsic Safety Wiring” o equivalente. Las etiquetas deben estar ubicadas de modo que queden visibles después de la instalación y de tal manera que se puedan localizar fácilmente a lo largo de todo el cable en el que estén instaladas. El espacio entre etiquetas no debe ser mayor a 7,5 m.

Excepción. Se permite identificarlos circuitos subterráneos donde sean accesibles después de salir de la tierra.

Notas:

1) Se pueden aplicar los métodos de alambrado permitidos en lugares no clasificados en los equipos de seguridad intrínseca de los lugares peligrosos (clasificados). Sin las etiquetas que identifiquen la aplicación de esa instalación, la autoridad con jurisdicción no podrá saber si la instalación cumple los requisitos de este Código.

2) En lugares no clasificados es necesario identificar los circuitos para asegurar que en fechas posteriores los de seguridad intrínseca no se vayan a mezclar inadvertidamente con canalizaciones existentes.

c) Códigos de color. Se permite identificar los conductores de los sistemas de seguridad intrínseca con azul claro y no haya otros conductores con este color. Del mismo modo, se permite identificar con color azul claro las canalizaciones, bandejas portacables y cajas de unión que contienen únicamente alambrado de seguridad intrínseca.

3.2.6. Lugares Clase 1, Zonas 0, 1 Y 2

3.2.6.6. Alcance.

Esta Sección cubre los requisitos para el sistema de clasificación por zona como una alternativa al sistema de clasificación por división cubierto por la Sección 3.2.1 para equipo eléctrico y electrónico y alambrado a todas las tensiones en lugares peligrosos (clasificados) de Clase I, Zonas 0,1 y 2, en donde puede existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores o líquidos inflamables.

Nota. Véanse las Secciones 3.2.1 a 3.2.5 para los requisitos de equipo eléctrico y electrónico y alambrado para todas las tensiones en lugares peligrosos (clasificados) de Clase I, Divisiones 1 o 2, Clase II, Divisiones 1 o 2 y Clase III, Divisiones 1 o 2, en donde puede existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores o líquidos inflamables, o polvos o fibras combustibles.

3.2.6.7. Otras Secciones:

Todas las demás reglas aplicables contenidas en este código se deben aplicar al alambrado y equipo eléctrico instalados en lugares peligrosos (clasificados).

Excepción. Lo modificado por esta Sección y por la Sección 3.2.5.

3.2.6.8. Lugares y requisitos generales.

a) Clasificación de lugares. Los lugares se deben clasificar dependiendo de las propiedades de los vapores, gases o líquidos inflamables que pueden estar presentes y de la posibilidad de que esté presente una concentración o cantidad inflamable o combustible. Donde solamente se usan o manipulan materiales pirofóricos, estos lugares no deben ser clasificados. Cada cuarto, sección o área se debe considerar individualmente para determinar su clasificación.

Notas:

1) Véase el artículo 3.2.6.6 para restricciones sobre clasificación de áreas.

2) Aplicando el ingenio en el diseño de las instalaciones eléctricas de los lugares peligrosos (clasificados), frecuentemente se pueden ubicar la mayor parte de los equipos en lugares menos peligrosos o no peligrosos, con lo que se reduce el número de equipos especiales necesarios.

b) Roscado. Todos los tubos roscados de los que trata esta sección deben llevar rosca normalizada NPT hecha con una máquina de roscar que produzca una conicidad de 62,5 mm por metro lineal (3/4 de pulgada por pie). Dichos tubos se deben apretar firmemente con llave para: 1) evitar las chispas cuando pase por la tubería conduit una corriente de falla y 2) garantizar la integridad a prueba de explosiones o prueba de llamas de la tubería conduit donde sea aplicable.

El equipo dotado con entradas roscadas para conexiones de alambrado en sitio se debe instalar de acuerdo con los siguientes numerales 1) o 2):

1) Equipo dotado con entradas roscadas para accesorios o conduit con rosca NPT. Para estos equipos se deben utilizar conduit, accesorios para conduit o accesorios para cables; todos estos elementos o accesorios deben ser certificados.

2) Equipo dotado con entradas roscadas para accesorios o conduit con rosca métrica. Para estos equipos se deben utilizar adaptadores certificados que permitan la conexión a conduit con rosca NPT, accesorios para conduit o para cable certificados, o accesorios para cables certificados que tengan rosca métrica.

Nota. Las especificaciones de roscado para las roscas métricas se encuentran en las normas NTC 2195⁸ Rosca métrica ISO para uso general.

⁸ Norma Técnica Colombiana. NTC 2195: Elementos de fijación. Rosca métrica ISO para uso general. Octubre 15 de 1986. Primera Edición. Editado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC Bogotá DC.

3.2.6.9. Técnicas de protección:

A continuación se indican las técnicas de protección aceptables para los equipos eléctricos y electrónicos instalados en lugares peligrosos (clasificados).

a) A prueba de llama “d”. Esta técnica de protección se permite para los equipos instalados en lugares Clase I, Zona 1 para los que estén aprobados.

b) Purgado y presurizado “p”. Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en lugares Clase I Zonas 1 o 2 para los cuales estén aprobados.

1) En algunos casos se pueden reducir los riesgos o limitar e incluso eliminar los lugares peligrosos (clasificados) mediante una adecuada ventilación forzada desde una fuente de aire limpio junto con otros medios de seguridad eficaces por si falla la ventilación.

2) Presurizado “p” es un tipo de protección de equipo eléctrico que utiliza la técnica de resguardo contra el ingreso de atmósferas externas, que pueden llegar a ser explosivas, dentro de un encerramiento manteniendo un gas de protección en su interior a una presión superior a la de la atmósfera externa.

a) Seguridad intrínseca. Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en lugares Clase I Zonas 0 o 1 para los cuales estén aprobados.

Notas:

1) La “Seguridad Intrínseca” se designa como tipo de protección “ia” por la norma IEC 79-11⁹ para uso en lugares de Zona 0. La “Seguridad Intrínseca” se designa como tipo de protección “ib” por la norma IEC 79-11 para uso en lugares de Zona 1.

⁹Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres, Classification of Hazardous Areas: IES 60079-10. May 1995.

2) Un aparato asociado de seguridad intrínseca, designado por ia o ib se conecta a equipo intrínsecamente seguro (“ia”, o “ib” respectivamente) pero que este ubicado fuera del lugar peligroso (clasificado) a menos que también esté protegido por otro tipo de protección (como por ejemplo a prueba de llama).

d) Tipo de Protección “n”. Se permite esta técnica de protección en equipos instalados en lugares Clase I Zona 2 para los que estén aprobados. El tipo de protección “n” también esta subdividida en nA, nC y nR.

Notas:

1) Véase la Tabla 3.2.6.10.b).1), para la descripción de las subdivisiones del tipo de protección “n”.

2) El tipo de protección “n” es un tipo de protección aplicada a equipo eléctrico tal que, en operación normal, el equipo no es capaz de dar ignición a una atmósfera explosiva de gas circundante y no hay posibilidad de que una falla sea capaz de causar ignición.

e) Inmersión en aceite “o”. Se permite aplicar esta técnica de protección a los contactos de corte de corriente en lugares Clase I Zona 2 para los cuales está aprobado.

1) La inmersión en aceite es un tipo de protección en la cual el equipo eléctrico o parte de él, está sumergido en un líquido de protección, de manera tal que una atmósfera explosiva que pueda estar sobre el líquido o fuera del encerramiento, no pueda dar ignición.

f) Seguridad aumentada “e”. Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en lugares Clase I Zona 1 para los cuales está aprobada.

Notas:

1) La seguridad aumentada es un tipo de protección aplicada a equipo eléctrico que no produce arcos o chispas en servicio normal y bajo condiciones

anormales específicas, en el cual se aplican medidas adicionales para incrementar la seguridad contra la posibilidad de temperaturas excesivas y de la ocurrencia de arcos y chispas.

g) Encapsulado “m”. Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en lugares Clase I Zona 1 para los cuales está aprobada.

Notas:

1) El encapsulado es un tipo de protección en el cual las partes que podrían dar ignición a una atmósfera explosiva tanto por chispa como por calentamiento, están encerradas en un compuesto de manera tal que a la atmósfera explosiva no se le puede dar ignición.

h) Relleno con polvo “q”. Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en lugares Clase I Zona 1 para los cuales está aprobada.

Nota: El relleno con polvo es un tipo de protección en el cual las partes capaces de dar ignición a una atmósfera explosiva están fijadas en una posición y completamente rodeadas por un material de relleno (polvo de vidrio o cuarzo) para evitar la ignición de una atmósfera explosiva externa.

3.2.6.10. Precaución especial:

La sección 3.2.6. Exige construcción e instalación de equipo que garanticen un desempeño seguro bajo condiciones adecuadas de uso y mantenimiento.

Notas:

1) Es importante que las autoridades con jurisdicción, los ingenieros especializados y los usuarios pongan un cuidado mayor del normal con respecto a instalación y mantenimiento del equipo eléctrico en lugares peligrosos (clasificados).

2) Las bajas condiciones ambientales requieren una consideración también especial. Dependiendo de las técnicas de protección descritas en 3.2.6.4.a), puede que el equipo eléctrico no sea adecuado para uso a temperaturas menores a -20 °C, a menos que esté aprobado para uso a esas temperaturas. No obstante, es posible que a bajas temperaturas del ambiente no se produzcan concentraciones inflamables de vapores en lugares Clase I Zonas 0,1 o 2 a temperatura ambiente normal.

a) Supervisión de trabajos. La clasificación de áreas, selección de equipos, selección de métodos de alambrado e instalaciones, deben estar bajo la supervisión de personal calificado.

b) Clasificación dual. En casos de áreas dentro de la misma instalación clasificada separadamente, se permite que los lugares Clase I Zona 2 linden, pero no se traslapen, con lugares Clase I División 2. Los lugares Clase I Zonas 0 o 1 no deben lindar con lugares Clase I Divisiones 1 o 2.

c) Reclasificación permitida. Se permite que un lugar de Clase I Divisiones 1 o 2 se reclasifique como lugar de Clase I Zonas 0,1 o 2, siempre que todo el espacio que está clasificado debido a la presencia de una fuente de un sólo gas o vapor inflamable se reclasifique bajo los requisitos de esta Sección.

3.2.6.11. Agrupación y clasificación.

Para efectos de los ensayos, aprobación y clasificación por áreas, las distintas mezclas de aire (en atmósferas no enriquecidas con oxígeno) se deben agrupar como se exige en a), b) y c) a continuación:

Nota. El Grupo I se destina para uso en tipos de atmósferas que contienen grisú (una mezcla de gases, compuesta principalmente por metano, que se encuentran bajo tierra, usualmente en minas). Este Código no se aplica a instalaciones subterráneas en minas. Véase el Artículo 90-2.b) de esta norma.

El Grupo II se subdivide según la naturaleza de la atmósfera de gas o vapor, en los siguientes subgrupos IIC, IIB y HA, para técnicas de protección “d”, “h”, “ib”, (ia) e (ib) y, donde sea aplicable, “n” y “o”.

Nota: Es necesario que los significados de los diferentes rotulados de equipos y la clasificación del Grupo II se observen cuidadosamente para evitar confusión con la Clase I, Divisiones 1 y 2, Grupos A, B, C y D.

a) Grupo IIC. Atmósferas que contengan acetileno, hidrógeno o gases o vapores de riesgo equivalente.

Nota. Este grupo equivale a una combinación de Clase I Grupos A y Clase I Grupo B, como se describió en el Artículo 3.2.3.a).1)

b) Grupo IIB. Atmósferas que contengan acetaldehído, etileno o gases o vapores de riesgo equivalente.

Nota. Este grupo equivale al Grupo C de la Clase I, como se ha descrito en el Artículo 3.2.1.5.a).3).

c) Grupo II A. Atmósferas que contengan acetona, amoníaco, alcohol etílico, metano, propano o gases o vapores de riesgo equivalente.

Nota. Este grupo equivale al Grupo D de la Clase I, como se ha descrito en el Artículo 3.2.1.5.a).4).

d) Otros. Se permite que el equipo se certifique para un gas o vapor específico, mezcla de gases o vapores específicos o cualquier combinación de gases o vapores específicos.

Nota. Un ejemplo común es el equipo rotulado para “IIB + H₂”.

3.2.6.12. Temperatura de Clase I.

El rotulado de temperatura especificado en el Artículo 3.2.6.10.b) no debe exceder la temperatura de ignición del gas o vapor específico que se encuentre.

3.2.6.13. Clasificación por zonas.

La clasificación por zonas debe cumplir lo siguiente:

a) Clase I, Zona 0. Un lugar de Clase I, Zona 0 es un lugar: 1) en el que continuamente están presentes concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables o 2) en el que están presentes durante mucho tiempo concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables.

Notas:

1) Esta clasificación incluye el interior de tanques o vasijas ventilados que contengan líquidos inflamables volátiles; en el interior de encerramientos de pintura por rociado o aplicación mal ventiladas en las que se utilicen disolventes volátiles inflamables; la parte entre el exterior y el interior del techo de un tanque de techo flotante que contenga líquidos volátiles inflamables; el interior de vasijas, fosos y tanques abiertos que contengan líquidos volátiles inflamables; el interior de un conducto de extracción de los gases o vapores inflamables de los lugares donde se concentren y el interior de encerramientos mal ventilados que contengan normalmente instrumentos de venteo para el uso o análisis de fluidos inflamables y venteados al interior de encerramientos.

2) No se recomienda instalar equipos eléctricos en lugares de la Zona 0 excepto cuando el equipo sea esencial para el proceso o cuando no sean viables otros lugares (véase el Artículo 3.2.6.3.a) Nota 2). Si fuera necesario instalar sistemas eléctricos en lugares de Zona 0, se recomienda instalar sistemas de seguridad intrínseca como los descritos en la Sección 3.2.5.

b) Clase I, Zona 1. Un lugar de Clase I Zona 1 es un lugar: 1) en el que es probable que haya concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables en condiciones normales de funcionamiento o 2) en el que frecuentemente puede haber concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables debido a operaciones de reparación o mantenimiento o por fugas, o 3) en el que se opera equipo o se llevan a cabo procesos de tal naturaleza que la avería o funcionamiento defectuoso de ellos podría producir la fuga de concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables y causar además la falla simultánea de los equipos eléctricos de modo que éstos pudieran convertirse en fuente de ignición, o 4) que está al lado de un lugar de Clase I, Zona 0 desde el que podrían trasladarse concentraciones combustibles de vapores, excepto si ese traslado se evitara mediante una ventilación forzada adecuada desde una fuente de aire limpio y se provean de medios eficaces de salvaguarda contra fallas de la ventilación.

Notas:

1) Se consideran como operaciones normales las situaciones en que el equipo de planta está operando dentro de sus parámetros de diseño. Las fugas menores de materiales inflamables pueden ser parte de operaciones normales. Las fugas menores incluyen aquellas provenientes de los empaques o sellos mecánicos de las bombas. No se consideran como operaciones normales las fallas que involucran reparación o parada total (como las rupturas de los empaques de las bombas y de las bridas y los derrames producidos por accidentes).

2) Esta clasificación suele incluir los lugares en los que se trasvasan líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables de un recipiente a otro; las áreas cercanas a las operaciones de pintura y rociado en las que se utilizan solventes inflamables; las cámaras o salas de secado adecuadamente ventiladas en las que se evaporan disolventes inflamables; los lugares adecuadamente ventilados que contengan equipo de extracción de grasas y aceites que utilicen

solventes volátiles inflamables; las áreas de las plantas de limpieza y tinte que utilizan líquidos inflamables; los cuartos de generadores y otras áreas de las plantas de fabricación de gas en las que se puedan producir fugas de gases inflamables; los cuartos de bombas de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables que estén inadecuadamente ventilados; el interior de refrigeradores y congeladores en los que se guardan materiales volátiles inflamables en recipientes abiertos, ligeramente tapados o que se puedan romper; y todos los demás lugares donde exista la probabilidad de que se produzcan concentraciones combustibles de vapores o gases inflamables durante su funcionamiento normal, pero no clasificados como Zona 0.

c) Clase I, Zona 2. Un lugar de Clase I Zona 2 es un lugar: 1) en el que no es probable que haya concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables en condiciones normales de funcionamiento o, si las hay, es durante un corto tiempo, o 2) en el que se manipulan, procesan o utilizan líquidos volátiles inflamables, gases inflamables o vapores inflamables pero los líquidos, gases o vapores están normalmente contenidos en recipientes o sistemas cerrados de los que sólo pueden escapar como resultado de una rotura o avería accidental del recipiente o sistema o como consecuencia del funcionamiento anormal del equipo dentro del que los líquidos o gases se manipulan, procesan o utilizan, o 3) en el que normalmente las concentraciones de gases o vapores inflamables se evitan mediante ventilación mecánica forzada pero que pueden resultar peligrosos como consecuencia del fallo o funcionamiento anormal del equipo de ventilación, o 4) que está al lado de un lugar de Clase I, Zona 1 desde el que podrían trasladarse concentraciones combustibles de vapores, excepto si ese traslado se evitara mediante una ventilación forzada adecuada desde una fuente de aire limpio y dotada de medios eficaces de salvaguarda contra fallos de la ventilación.

Nota. La clasificación Zona 2 incluye normalmente los lugares donde se utilizan líquidos volátiles inflamables o gases o vapores inflamables pero que podrían

resultar peligrosos sólo en caso de accidente o en alguna condición de operación inusual.

3.2.6.14. Certificación, rotulación y documentación.

a) Certificación. Se permite utilizar un equipo certificado para la Zona 0 en la Zona 1 o Zona 2 para el mismo gas o vapor. Se permite que el equipo que esté certificado o sea aceptable para usar en un lugar de la Zona 1 se utilice en un lugar de la Zona 2 para el mismo gas o vapor.

b) Rotulación. Los equipos se deben rotular como se indica en 1) y 2) a continuación:

1) Equipo de división. Se permite que el equipo aprobado para Clase I División 1 o Clase I División 2, además de estar rotulado de acuerdo con el Artículo 3.2.1.5.d), esté rotulado con la siguiente información:

a) Clase I, Zona 1 o Clase I, Zona 2 (la que sea aplicable).

b) Grupo(s) de clasificación de gas aplicable, de acuerdo con la Tabla 3.2.6.10.b).2).

c) Clasificación de temperatura de acuerdo con el Artículo 3.2.6.10.b).3).

Tabla 3. Designación de tipos de protección

| Designación | Técnica | Zona* |
|-------------|--|--------------|
| D | Encerramiento a prueba de llama | 1 |
| E | Seguridad aumentada | 1 |
| ia | Seguridad intrínseca | 0 |
| jb | Seguridad intrínseca | 1 |
| (ia) | Aparatos asociados de seguridad intrínseca | No peligrosa |

| (ib) | Aparatos asociados de seguridad intrínseca | No peligrosa |
|------|---|--------------|
| m | Encapsulado | 1 |
| nA | Equipos sin chispas | 2 |
| nC | Equipos con chispa en los cuales los contactos están protegidos adecuadamente, diferentes de los encerramientos con respiración restringida | 2 |
| nR | Encerramientos con respiración restringida | 2 |
| 0 | Inmersión en aceite | 1 |
| P | Purgado y presurizado | 1 o 2 |
| q | Relleno con polvo | 1 |

* Fuente: Código Eléctrico Colombiano,

No se considera el uso cuando se utiliza una combinación de técnicas.

2) Equipo de zona. El equipo que cumple una o más de las técnicas de protección descritas en el Artículo 3.2.6.2.C) se debe rotular con la siguiente información, en el orden mostrado:

- a. Clase.
- b. Zona.
- c. Símbolo “AEx”.
- d. Técnica(s) de protección de acuerdo con la Tabla 3.
- e. Grupo(s) clasificación de gas aplicable, de acuerdo con la Tabla 3.
- f. Clasificación de temperatura de acuerdo con el Artículo 3.2.6.10.b).3).

Excepción. Se requiere que los aparatos asociados de seguridad intrínseca sólo estén rotulados con c, d, y e. anteriores.

Nota. Un ejemplo de ese rotulado requerido es “Clase I, Zona 0, AExia IIC T6”.

El equipo eléctrico con tipo de protección “e”, “m”, “p” o “q” se debe rotular como Grupo II. El equipo eléctrico con tipo de protección “d”, “ia”, “ib”, (ja) o (ib) se debe rotular como Grupo HA, IIB o IIC o para un gas o vapor específico. El equipo eléctrico con tipo de protección “n” se debe rotular como Grupo II a menos que contenga dispositivos de corte encerrados, componentes no incendiarios o equipos o circuitos de energía limitada, en cuyo caso se debe rotular como Grupo HA, IIB o IIC o para un gas o vapor específico. Los equipos eléctricos de otro tipo de protección se deben rotular como Grupo II, a menos que el tipo de protección utilizado por el equipo requiera que se deba rotular como Grupo HA, IIB o IIC o para un gas o vapor específico.

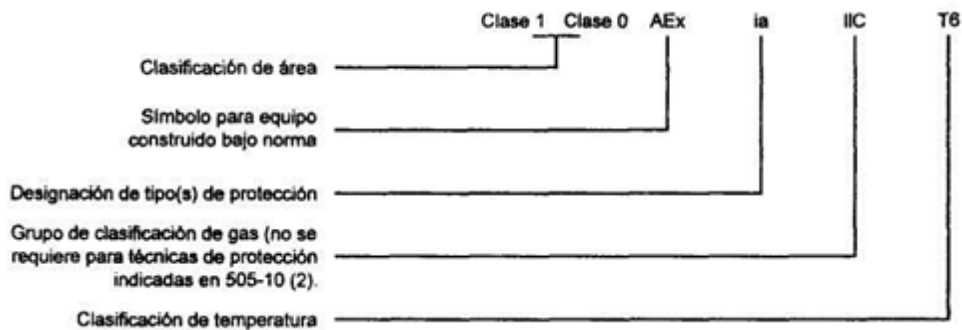
Tabla 4. Grupos de clasificación de gas

| Grupo de gas | Comentario |
|--------------|--------------------------------|
| IIC | Véase Artículo <u>505-7.a)</u> |
| IIB | Véase Artículo 505-7.b) |
| IIA | Véase Artículo 505-7.C) |

Fuente: CódigoEléctrico Chileno.

Nota. A continuación se muestra una explicación del rotulado exigido:

Figura 9. Clasificación de los lugares.



Fuente: Código Eléctrico Colombiano.

3) Clasificación de temperatura. El equipo aprobado debe llevar rótulos que indiquen la temperatura o rango de temperatura de operación referenciada para un ambiente a 40 ° C Si se da el rango de temperatura, se debe indicar con los códigos de identificación que se incluyen en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de la temperatura superficial máxima para equipos eléctricos del Grupo II

| Clase de temperatura | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura superficial máxima (°C) | <450 | <300 | <200 | <135 | < 100 | <85 |

El equipo eléctrico diseñado para uso dentro de un rango de temperatura ambiente que esté entre -20 °C y + 40 °C no necesita de rotulado adicional de temperatura.

El equipo eléctrico diseñado para uso dentro de un rango de temperatura ambiente que no esté entre -20 °C y + 40 °C se considera que es especial, y su rango de temperatura ambiente se debe entonces rotular en el equipo, incluyendo el símbolo “Ta” o “Tamb” junto con el rango especial de temperatura ambiental. El rotulado puede ser por ejemplo “-30 °C Ta +40 °C”.

El equipo eléctrico adecuado para temperaturas ambientales superiores a 40 °C debe estar rotulado tanto con la temperatura ambiente máxima, como con la temperatura o rango de temperatura a esa temperatura ambiente.

Excepciones:

1) No se requiere que los equipos del tipo no generadores de calor, como por ejemplo los accesorios de conduit, y los de tipo generador de calor que tengan una temperatura máxima no mayor a 100 °C lleven rotulada la temperatura de operación o el rango de temperatura.

2) Se permite que los equipos aprobados para lugares Clase I Divisiones 1 o 2 de acuerdo con los Artículos 3.2.6.12. b) y c) estén rotulados de acuerdo con el Artículo 3.2.1.5. d) y la Tabla 1.

c) Documentación para ocupaciones industriales. Todas las áreas en ocupaciones industriales designadas como, lugares peligrosos (clasificados), deben estar documentadas apropiadamente. Esta documentación debe estar disponible a quienes están autorizados a diseñar, instalar, inspeccionar, dar servicio u operar el equipo eléctrico en el lugar.

3.2.6.15. Métodos de alambrado.

a) En lugares de la Zona 0. En lugares Clase I Zona 0 sólo se permiten los siguientes métodos de alambrado:

1) Alambrado de seguridad intrínseca, según la Sección 3.2.5.

Nota. La Sección 3.2.5. solamente incluye técnica de protección "ia".

2) Cable no conductor de fibra óptica o sistemas con suministro aprobado de energía limitada.

3) Se deben proporcionar sellos a menos de 3,0 m del sitio por donde el tubo conduit abandona un lugar de Zona 0. No debe haber uniones, acoples, cajas o accesorios, excepto reducciones en el sello, en el tramo de tubo conduit entre el sello y el punto por el cual el conduit sale del lugar.

Excepción. No es necesario que esté sellado un conduit rígido continuo, que pase completamente a través del lugar de Zona 0 sin accesorios a menos de 30 cm más allá de cada límite, si los puntos de terminación en el tubo conduit continuo están en lugares no clasificados.

4) Se deben proporcionar sellos en los cables en el primer punto de terminación después de entrar en el lugar de Zona 0.

5) No se requiere que los sellos sean a prueba de explosión o a prueba de llama.

b) Zona 1. En lugares Clase I Zona 1 se permiten todos los métodos de alambrado autorizados para lugares Clase I, División 1.

Cuando se utilicen métodos de alambrado para lugares Clase I, División 1, se debe proporcionar sellante y drenaje de acuerdo con el Artículo 3.2.2.5.a), c), d) y f), con la excepción que donde se utilice el término “División 1”, este se debe sustituir por “Zona 1”.

Los métodos de alambrado deben mantener la integridad de las técnicas de protección.

Notas:

1) Por ejemplo, equipo con tipo de protección “e” requiere que los accesorios de cable y conduit incorporen métodos adecuados para mantener la protección de ingreso del encerramiento.

2) Encerramientos eléctricos diferentes proporcionan diferentes grados de protección contra el ingreso. Las medidas aplicadas a los encerramientos de aparatos eléctricos incluyen: 1) Protección de las personas contra el contacto o aproximación con partes energizadas y contra el contacto con partes móviles dentro del encerramiento (diferentes a ejes rotativos suaves y similares). 2) La protección de los aparatos dentro de los encerramientos contra el ingreso de cuerpos sólidos extraños.

3) La protección de los aparatos dentro de encerramientos contra ingreso dañino de agua. Véase la norma NTC 3279, Grados de protección dados por encerramientos de equipo eléctrico e IEC 529-1989¹⁰.

¹⁰Degrees of Protection Provided by Enclosures: IEC 529. Reference Number CEI/IEC 529:1989. November 1989. Second Edition.

c) Zona 2. En lugares Clase I, Zona 2 se permiten todos los métodos de alambrado autorizados para lugares Clase I, División 1 o Clase I División 2. Cuando se utilicen métodos de alambrado para Clase I, División 1 o Clase I, División 2, se debe proporcionar sellante y drenaje de acuerdo con el Artículo 3.2.2.5.b), c), e) y f), con la excepción que donde se utilice el término “División 2”, este se debe sustituir por “Zona 2”. Los métodos de alambrado deben mantener la integridad de la técnica de protección.

Nota. Por ejemplo, equipo con tipo de protección “nR” requiere que los accesorios de cable y conduit incorporen métodos de sellado adecuado para mantener la técnica de respiración restringida.

d) Obstáculos sólidos. El equipo a prueba de llama con juntas bridadas no se debe instalar de forma tal que las aberturas bridadas estén más cerca que las distancias mostradas en la Tabla 6 a cualquier obstáculo sólido que no sea parte del equipo (como objetos de acero, paredes, resguardos de intemperie, abrazaderas de montaje, tubería u otro equipo eléctrico) a menos que el equipo esté certificado para una distancia de separación menor.

Tabla 6. Distancia mínima de obstrucciones desde aberturas bridadas a prueba de llamas "d".

| Grupo de Gas | Distancia mínima (mm) |
|---------------------|------------------------------|
| IIC | 40 |
| IIB | 30 |
| IIA | 10 |

Fuente: Código Eléctrico Colombiano.

3.2.6.16. Equipos.

a) Zona 0. En lugares Clase I Zona 0 sólo se permiten equipos específicamente certificados y rotulados como adecuados para uso en esos lugares,

b) Zona 1. En lugares Clase I Zona 1 sólo se permiten equipos específicamente certificados y rotulados como adecuados para “se en esos lugares.

Excepción. Se permite usar equipos de seguridad intrínseca certificados para uso en lugares Clase I División 1 para el mismo gas o como se permite por el artículo 3.2.6.5.d) y con temperatura nominal adecuada.

c) Zona 2. En lugares Clase I Zona 2 sólo se permiten equipos específicamente certificados y rotulados como adecuados para uso en esos lugares.

Excepciones:

1) Se permite usar equipos certificados para uso en lugares clase I, Zona 0 o Zona 1 para el mismo gas o como se permite por el artículo 3.2.6.5.d) y con temperatura nominal adecuada.

2) Se permite usar equipos aprobados para su uso en lugares Clase I División 1 o Clase I División 2, para el mismo gas o como se permite por el Artículo 3.2.6.5.d) y con temperatura nominal adecuada.

3) En lugares Clase I Zona 2 se permite la instalación de motores abiertos, en encerramientos no a prueba de explosión o no a prueba de llamas, como los motores de inducción de jaula de ardilla sin escobillas, mecanismos de interrupción o dispositivos similares que generen arcos, siempre que en

condiciones de operación normal cumpla con los niveles de temperatura establecidos en la Tabla 5 y el motor esté dotado de elementos sensores y de protección de temperatura (termistores o termorresistencias).

d) Instrucciones del fabricante. El equipo eléctrico instalado en lugares peligrosos (clasificados) se debe instalar de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante (si las hay).

3.2.6.17. Motores y generadores de seguridad aumentada “e”.

En lugares Clase I, Zona 1, los motores y generadores de seguridad aumentada “e” para todas las tensiones nominales se deben certificar para lugares Clase I, Zona 1 y deben cumplir con o siguiente.

- 1) Los motores se deben rotular con la relación de corriente I_A / I_N y el tiempo t_E .
- 2) Los motores deben tener los controladores identificados con el número de modelo o de identificación, potencia nominal de salida (HP o kW), corriente a plena carga (A), relación de corriente de arranque (I_A / I_N) y tiempo (IE) de los motores que van a proteger; el rotulado del controlador también debe incluir el tipo específico de protección contra sobrecarga (y ajuste, si es aplicable) que está certificado con el motor o generador.
- 3) Las conexiones se deben hacer con los terminales específicos certificados con el motor o generador.
- 4) Se permite que las cajas de los terminales sean de un material en esencia no metálico y no incendiario, dotado de medios internos para puesta a tierra, entre la carcasa del motor y la conexión de puesta a tierra de equipo, incorporados dentro de la caja.
- 5) Las disposiciones de la parte C de la Sección 430 se deben aplicar independientemente de la tensión nominal del motor.

- 6) Los motores se deben proteger contra sobrecarga por un dispositivo separado que sea sensible a la corriente del motor. Este dispositivo se debe seleccionar para que dispare o tenga una capacidad nominal de acuerdo con la certificación del motor y su protección contra sobrecarga.
- 7) Los Artículos 430-34 y 430-44 no se deben aplicar a estos motores.
- 8) La protección contra sobrecarga del motor no se debe puentear o quitar durante el período de arranque.

3.2.6.18. Puesta a tierra y conexión equipotencial.

La puesta a tierra y las conexiones equipotenciales de estas instalaciones deben cumplir lo establecido en la Sección 250 y en el Artículo 3.2.2.16

En el sector minero encontramos diferentes tipos de minas, antes mencionadas, y de acuerdo a estas definiciones, y a las condiciones encontradas en cada tipo de mina las cuales dependen del material a explotar, se define que los ambientes serán:

Clase 1, División 1, Grupos A, B, C, D.

Clase 2, División 1, Grupo F

Clase 1, ZONA CERO

Como se pudo observar la NTC-2050¹¹ no dedica un capítulo o sección de su contenido a las instalaciones eléctricas en minas específicamente, por lo que no se encontró en esta normativa una clasificación concreta, por lo que fué necesario recurrir a las características y a las condiciones propias encontradas en las minas para adaptar la información suministrada por esta norma.

¹¹Norma Técnica Colombiana. NTC. Noviembre 11 de 1998. Primera Actualización. Bogotá DC. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia.

Según la clasificación que hace la NTC 2050 de los ambientes especiales, se va a enfocar el análisis a los lugares Clase I, División 1, Zonas 0,1 y 2, mencionados anteriormente.

También cabe mencionar que los literales que se mencionan por estar relacionados con las instalaciones eléctricas para ambientes especiales: lugares peligrosos, específicamente en minas, conservan la numeración original que tienen en la Norma NTC 2050 ya que alguno de ellos no se incluyeron dentro de la recopilación, aun cuando hacemos referencia en algunas ocasiones a ellos, se sugiere remitirse a la norma.

4. **NORMATIVACHILENA**

Chile es un país minero. Posee grandes recursos minerales distribuidos a lo largo de su territorio. Como resultado de la abundancia de minerales, la minería ha sido desde siempre una de las actividades más productivas del país.

Por esta razón este país se encuentra a la vanguardia de las exigencias en lo que al tema de seguridad en el desarrollo de la actividad minera se refiere ya que posee códigos técnicos, normativa y legislación dirigida única y exclusivamente a garantizar que se logren los máximos estándares de seguridad, lo cual refleja el gran avance que éste país tiene en éste ámbito.

Es esto lo q da mérito para que Chile, y sus normas en el ámbito minero-eléctrico sean tenidos en cuenta para este proyecto.

4.1. CÓDIGO ELÉCTRICO CHILENO

Este código Eléctrico Chileno tiene por objetivo fijar condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas de consumo en Baja Tensión, con el fin de salvaguardar a las personas que operan o hacen uso de ellas, así mismo preservar el medio ambiente en que han sido construidas.

Este código establece requerimientos necesarios a tener en cuenta al momento de realizar un diseño, en el que se pretenda minimizar al máximo cualquier riesgo de origen eléctrico y además hacer uso de la electricidad de manera eficiente.

A continuación se muestra el resumen que se realizó de la normativa chilena donde propone algunas pautas básicas a tener en cuenta en el diseño de instalaciones eléctricas en las minas.

En el **CÓDIGO ELECTRICO CHILENO**, solo hacen referencia a un tipo de conductor a utilizar:

Tabla 7. Características y condiciones de uso de conductores aislados. Secciones AWG

| | |
|-------------------------------|---|
| Características constructivas | Conductor cableado, mono o multipolar |
| Letras de Identificación | EVA |
| Condiciones de uso | En interiores, tuberías, bandejas, escalerillas, muy retardante a la llama, autoextinguente, se quema sin emitir gases tóxicos ni corrosivos, libre de materias halógenas. Indicado para uso en ambientes de trabajo cerrados como minas o túneles, o lugares de reunión de personas. |
| Máxima Temperatura [° C] | 90 °C |
| Tensión de servicio [V] | 1000 [V] |
| Chaqueta | EVA (Etil Vinil Acetato; etileno acetato) |

Fuente: código Eléctrico Chileno.

Pero encontramos que manejan el **REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA**, y en sus apartes encontramos lo siguiente (el contenido mostrado a continuación fué extraído textualmente del **REGLAMENTO TÉCNICO DE SEGURIDAD MINERA**):

4.2.1. Título I - Objetivos, campo de aplicación y atribuciones del servicio.

4.2.1.6. Propósito y Alcances

Artículo 1.- El presente reglamento tiene como objetivo establecer el marco regulatorio general al que deben someterse las faenas de la Industria Extractiva Minera Nacional para:

- a) Proteger la vida e integridad física de las personas que se desempeñan en dicha Industria y de aquellas que bajo circunstancias específicas y definidas están ligadas a ella.
- b) Proteger las instalaciones e infraestructura que hacen posible las operaciones mineras, y por ende, la continuidad de sus procesos.

Artículo 2.- Las disposiciones de este Reglamento son aplicables a todas las actividades que se desarrollan en la Industria Extractiva Minera.

Artículo 3.- Sin perjuicio de las disposiciones contenidas en este Reglamento, serán igualmente aplicables a la Industria Extractiva Minera aquellas normas de seguridad contenidas en la reglamentación nacional, en tanto sean compatibles con éstas.

Artículo 4.- De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 2º, Título I del Decreto Ley N° 3.525 de 1980, corresponderá al Servicio Nacional de Geología y Minería, la competencia general y exclusiva en la aplicación y fiscalización del cumplimiento del presente Reglamento.

4.2.2. Título III – Explotación de minas subterráneas.

4.2.2.6. Sistemas Eléctricos

Artículo 216.- Serán aplicables, en lo concerniente, las disposiciones del Título IX, Capítulo V, de este Reglamento.

Artículo 217.- Todos los equipos eléctricos que se necesite introducir en la mina deben ser aprobados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Artículo 218.- El administrador dará oportuno aviso al Servicio sobre:

- a) Las características de equipos eléctricos diferentes a los aprobados que se desee introducir en el interior de la mina, y
- b) Las modificaciones mayores que se introduzcan al proyecto original, en cuanto al cambio y reubicación de subestaciones principales, cambios de voltaje, frecuencia y, en general, todo cambio de tecnología, consumos y distribución que altere lo previamente autorizado.

Artículo 219.- Los cables multiconductores instalados en galerías deberán estar identificados de acuerdo a codificación de colores y a lo dispuesto por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Cada cien metros de longitud o mayores distancias según se determine se colocarán marcas identificatorias que permitan su individualización.

Artículo 220.- Todo tendido eléctrico en una mina subterránea debe ir ubicado en cajas, opuesto a la ubicación de las redes de agua y de aire. En caso que esto no sea factible deberá ir ubicado en el techo o en un lugar más alto que las redes antes mencionadas.

Artículo 221.- No podrán emplearse tensiones mayores a seiscientos (600) volts en máquinas portátiles que vayan a usarse en sectores inmediatos a los frentes de trabajo o en los frentes mismos, o en galerías que sirvan de tránsito a las personas. Las tensiones superiores a seiscientos (600) volts solo se usarán para la transmisión de energía al interior de la mina, o para la alimentación de transformadores, motores estacionarios o aparatos en los cuales los enrollamientos que reciben dicha tensión sean fijos.

Artículo 222.- Los alimentadores de tensión superior a seiscientos (600) volts deben ser del tipo "armado", con cubierta metálica protectora. Esta armadura deberá conectarse a tierra. Adicionalmente podrán usarse cables no armados siempre y cuando sus especificaciones técnicas controlen el riesgo de incendio (retardante de llama, gases no clorados, baja opacidad de los humos y no corrosivos) y garanticen plena aislación de la energía. En estos casos deberá solicitarse la autorización del Servicio. El Servicio tendrá un plazo de treinta (30) días para responder la solicitud, desde la fecha de presentación de ella en la Oficina de Parte. Los cables armados podrán instalarse bajo tierra o suspenderse en los costados de las galerías, en soportes diseñados para tal efecto. Se aceptarán cables alimentadores de tensión superior a seiscientos (600) volts., del tipo flexible, que lleven una malla metálica protectora concéntrica en cada fase. Dicha malla deberá conectarse a tierra.

Artículo 223.- En cada nivel electrificado deberá tenderse un cable de tierra, conectado eléctricamente al cable de tierra general de la faena minera. Las subestaciones (transformadores) y centros de distribución de energía del nivel deberán conectarse a este cable de tierra del nivel, configurando la red o malla de tierra de éste. Toda maquinaria fija, línea férrea (ferrocarril no electrificado), cañerías de aire y de agua instaladas en el nivel, las estructuras metálicas y artefactos metálicos, deberán ir conectados eléctricamente al cable de tierra.

Artículo 224.- Las carcasas de los motores, de los generadores, de los transformadores y de los equipos de maniobras y las estructuras y bases en que estén montadas, deberán conectarse eléctricamente a la malla de tierra del nivel. La línea de tierra del nivel deberá ser eléctricamente independiente del retorno usado, donde exista tracción eléctrica.

Artículo 225.- Las canalizaciones que cruzan áreas de tránsito deben estar a lo menos a dos metros diez centímetros (2,10 m) sobre el nivel del piso, o deben ser

instaladas bajo tierra. Todas las redes eléctricas que deban pasar bajo tierra deben quedar debidamente protegidas y señalizadas.

Artículo 226.- En centros de distribución eléctrica, atendidos por personal, deberán mantenerse máscaras autónomas que permitan la inmediata y segura acción del operador, en caso de incendio.

Artículo 227.- Las subestaciones subterráneas deberán ser construidas de materiales incombustibles y estar provistas de elementos apropiados para extinción de incendios.

Artículo 228.- No deben instalarse, en minas subterráneas, transformadores con devanados sumergidos en aceites u otros líquidos aislantes cuya combustión genere humos o gases tóxicos. Instalaciones especiales, en cámaras herméticas y/o aisladas, podrán ser específicamente aprobadas y autorizadas por el Servicio. El Servicio tendrá un plazo de treinta (30) días para responder la solicitud, desde la fecha de presentación de ella en la Oficina de Parte.

Artículo 229.- El voltaje nominal en circuito de trole reglamentado en esta parte (ferrocarriles eléctricos subterráneos), no podrá exceder los trescientos (300) volts. Sistemas con voltajes superiores a trescientos (300) volts deben ser autorizados por el Servicio. El Servicio tendrá un plazo de treinta (30) días para responder la solicitud, desde la fecha de presentación de ella en la Oficina de Parte.

Artículo 230.- No podrán usarse, como vías de retorno de Ferrocarriles eléctricos subterráneos, cañerías de agua o de aire, estructuras, blindajes de cables eléctricos ni los cables de tierra.

Artículo 231.- Se deben colocar avisos visibles o señales luminosas para prevenir la existencia de línea de contacto en los cruces y bifurcaciones de las galerías con Ferrocarril eléctrico subterráneo.

Artículo 232.- Los cables eléctricos cuya falla pueda generar humo, no deben tenderse por labores de ingreso de aire y, si no fuere posible aplicar esta norma, los cables deberán ser confinados en canalizaciones que eviten la propagación del humo.

Artículo 233.- En las galerías de tracción con Ferrocarril eléctrico subterráneo se desviará el agua procedente del techo, evitando que caiga sobre los hilos de contacto o los alimentadores. La misma medida deberá tomarse cuando existan redes eléctricas en la galería, evitando el mojado de los cables e instalaciones.

Artículo 234.- Los conductores utilizados para la línea de trole o para los alimentadores, deberán instalarse aislados de modo tal que no puedan provocar incendio en la madera de fortificación.

Artículo 235.- Deben adoptarse todas las medidas necesarias para proteger el material eléctrico durante determinadas operaciones, como cachorro, reparación de galerías y otras semejantes.

Artículo 236.- Cuando se emplee electricidad para la señalización, la tensión no deberá exceder de doscientos veinte (220) volts en cualquier circuito donde haya riesgos de contacto con personas. Los dispositivos de contacto que se empleen en la señalización deberán construirse en forma que se evite el cierre accidental del circuito. Los conductores de las instalaciones telefónicas y de señalización deberán estar protegidos contra cualquier contacto con otras canalizaciones y aparatos, y contra todo efecto de inducción.

4.2.3. Título IV – Explotación de minas a cielo abierto

4.2.3.6. Servicios Eléctricos

Artículo 261.- Serán aplicables, en lo concerniente, las disposiciones del Título IX, Capítulo V, de este Reglamento.

Artículo 262.- Todos los cables eléctricos utilizados para la transmisión de energía a las palas, grúas, perforadoras y maquinarias o equipos mayores, en general, deben contar con las aislaciones y protecciones estándares diseñadas para tales fines. Dichos cables no deben ser expuestos a ser pisados o estropeados por vehículos. Los cables enterrados, deberán ser convenientemente señalizados e indicados en un plano para evitar dañarlos o entrar en contacto accidental con ellos.

Artículo 263.- Al inicio de cada turno y cada vez que sea necesario su manipulación, el personal que utiliza tendidos eléctricos deberá revisar el estado de cables, conexiones e interruptores. Cualquier desperfecto detectado debe ser comunicado de inmediato al supervisor. Se debe suspender la operación del equipo o instalación dañada, cuando aquella represente un alto riesgo a personas o equipos.

Artículo 264.- Los transformadores y distribuidores de energía, sean fijos o móviles, deberán ser de fácil acceso y estar resguardados de las operaciones inherentes al avance de la explotación.

Artículo 265.- Se prohíbe la manipulación, disposición y traslado de cables de alimentación a palas, perforadoras y en general de alta tensión, con equipos que no sean los adecuados para esa operación.

4.2.4. Título V Explotación minera del carbón

4.2.4.6. Electricidad

Artículo 306.- No deberá usarse la energía eléctrica de los circuitos de alumbrado o de fuerza para iniciar detonadores eléctricos. La corriente eléctrica de prueba para ensayar detonadores eléctricos en el circuito será, a lo más, de cincuenta (50) mili amperes. Los equipos y circuitos que tengan posibilidad de generar una explosión en ambiente grisutoso, serán a prueba de llamas (flame proof). Esta condición del equipo o del circuito es equivalente a la capacidad que tienen dichas instalaciones eléctricas para operar sin inflamación en una mezcla de control, en un ambiente creado en el túnel de pruebas, con dieciséis por ciento (16%) de oxígeno, sesenta y cuatro por ciento (64%) de nitrógeno, catorce por ciento (14%) de hidrogeno y seis por ciento (6%) de metano; y ejecutable con ochenta por ciento (80%) de aire comprimido y veinte por ciento (20%) de una mezcla compuesta de setenta por ciento (70%) de hidrógeno y treinta por ciento (30%) de metano. La condición detallada que se indica en este artículo, será definida como "condición eléctrica intrínsecamente segura" (flama proof).

Artículo 307.- No debe instalarse ningún aparato eléctrico, si no cumple con la "condición eléctrica intrínsecamente segura" en lugares cuya atmósfera pueda alcanzar un contenido de grisú superior a dos por ciento (2%). Todo aparato eléctrico debe instalarse en un lugar donde exista circulación de aire fresco. El sistema de alumbrado eléctrico en el interior de una mina de carbón, debe ser protegido para evitar que eventuales cortocircuitos y otros contactos imprevistos generen calor y originen riesgo en un ambiente en que el gas metano se encuentre sobre los límites permisibles.

Artículo 308.- Se deben desconectar todas las instalaciones eléctricas que pudieren ser alcanzadas por una corriente de ventilación cuyo contenido de

grisúsea circunstancialmente superior al dos por ciento (2%). También se debe desconectar inmediatamente:

- a) Toda instalación cuyas condiciones antigrisú acusan fallas por cualquier causa, y
- b) Toda instalación o canalización en que se produzca un desprendimiento de chispas al medio ambiente, excepto en tráficos principales donde existan instalaciones de "trole"

Artículo 309.- No debe instalarse la línea de conductores de "trole" en los siguientes lugares:

- a) En galerías de retorno de ventilación;
- b) A menos de cincuenta metros (50mt) de cualquier frente de explotación en actividad; y
- c) En galerías o zonas donde puedan producirse, a causa de grietas, o de explotaciones antiguas, emanaciones anormales de grisú.

Artículo 310.- No debe introducirse modificación alguna a las cubiertas protectoras de equipo eléctrico antigrisú. Cada equipo eléctrico de seguridad contra grisú debe ser examinado minuciosamente por personal autorizado, al inicio de cada turno, tomando todas las precauciones contra el riesgo de incendio o explosión. A su vez, sólo personal autorizado podrá efectuar la reconexión de equipos o instalaciones, y luego que se hayan tomado las precauciones apropiadas.

Artículo 311.- Para la puesta en marcha de un ventilador auxiliar que se instale o reubique en un avance de carbón, debe existir un procedimiento escrito que detalle esta operación.

4.2.5. Título IX – Instalaciones y servicios de apoyo

4.2.5.6. Sistemas Eléctricos.

Artículo 395.- Serán aplicables a las instalaciones, equipos, materiales y dispositivos, como asimismo a la operación de sistemas eléctricos de las faenas mineras, las normas nacionales dictadas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, y las normas específicas que establecen el presente reglamento. En caso de conflicto en el alcance de las citadas normas, prevalecerán las más exigentes.

Artículo 396.- En toda faena minera donde se utilice energía eléctrica se deberán mantener planos y registros actualizados de todos los equipamientos y sistemas instalados, como asimismo, la información necesaria y detallada, referida a:

- a) Potencias instaladas, consumos y distribución de la energía por áreas o centros de operación.
- b) Descripción y características de los equipos de generación y distribución y también de aquellos de consumo como, motores, palas, ferrocarriles eléctricos y demás aparatos utilizados.
- c) Descripción de los sistemas y redes de alumbrado.
- d) Descripción de los sistemas de protección y control, incluido pararrayos.

Artículo 397.- En cada faena minera que utilice energía eléctrica se deberán mantener en las oficinas que corresponda, disponibles al Servicio:

- Registros de las inspecciones, control y mantenimiento de los equipos e instalaciones principales; y
- Registros del personal autorizado para intervenir en instalaciones y equipos eléctricos y del personal autorizado para operar equipo eléctrico.

Artículo 398.- En cada local o recinto destinado a contener equipos o instalaciones eléctricas energizadas, se debe mantener disponible un diagrama unilineal de los circuitos eléctricos que le son propios.

Artículo 399.- El administrador deberá adoptar las medidas pertinentes para que en las faenas mineras se elaboren los procedimientos específicos que se requieren para ejercer un eficiente control sobre los riesgos operacionales. Se deberá regular entre otros aspectos:

- a) Procedimiento de trabajo ante detección de fallas o desperfectos de instalaciones y/o equipos.
- b) Procedimientos de intervención de equipos, ya sea por razones de reparación o mantenimiento, en el que se estipule claramente el concepto de intervención en Estado de Energía Cero.
- c) Procedimientos de puesta en marcha.
- d) Instrucciones para actuar ante casos de emergencias, provocados por aparatos eléctricos y sus riesgos inherentes.
- e) Instalación y operación de equipos generadores ante emergencias.
- f) Otros, según se estime necesario.

Artículo 400.- No se debe utilizar el material o equipo eléctrico en tensiones más elevadas, ni someterlo permanentemente a corrientes más intensas que las indicadas por el fabricante. Cualquiera modificación de algún elemento del equipo eléctrico debe ser realizada por personal capacitado y autorizado para el efecto.

Artículo 401.- Después de la desconexión de un interruptor automático a consecuencia de un cortocircuito, no se debe reponer su servicio antes de descubrir y eliminar la causa que la originó. Su reposición sólo debe realizarla personal facultado para ello.

Artículo 402.- Sólo personal autorizado podrá poner en servicio el equipo eléctrico desconectado a causa de la reparación o de la mantención, y únicamente después que los montadores hayan entregado el equipo y de cerciorarse que tal acción no involucra riesgo de accidentes personales o de equipos.

Artículo 403.- Toda instalación, equipos y recinto destinado a contener equipos, 0materiales, repuestos, etc., debe estar identificado de acuerdo a código de señales y/o colores especificados por la normativa nacional o internacionales aceptadas.

Artículo 404.- Los avisos de advertencia e instrucciones destinados a restringir y advertir al personal respecto de los riesgos presentes, las limitaciones de acceso a recintos energizados y las restricciones para la intervención de sistemas deberán ser instalados en lugares destacados.

Artículo 405.- Toda instalación que se canalice bajo tierra debe estar señalizada en superficie con letreros que adviertan su presencia y replantearse en un plano que estará disponible en las faenas.

Artículo 406.- En plantas generadoras, subestaciones, centros de distribución y otros lugares en que exista el riesgo de contacto con equipos energizados, se deberá disponer de instrucciones escritas para el rescate de personas electrocutadas y su reanimación, así como de los medios necesarios para ello.

Artículo 407.- Se establece como norma permanente y obligatoria el uso de sistemas de bloqueos y advertencia para la intervención de equipos y sistemas; lo que deberá estar regularizado por procedimientos internos.

Artículo 408.- Ninguna persona podrá instalar, operar, ajustar, reparar o intervenir equipos e instalaciones, sin haber sido instruida y autorizada por la Administración.

Artículo 409.- Las personas encargadas de la operación de equipos móviles o de máquinas portátiles eléctricas u otras similares, deberán:

- a) Desenergizar y/o desconectar el equipo cada vez que deban abandonarlo.
- b) En caso de desperfectos, dejar la información pertinente en el equipo y comunicar de ello a la supervisión respectiva.
- c) Por ningún motivo operar o utilizar equipos que estén con sistema de bloqueo y advertencia colocados, en tanto no sean expresamente autorizados por la supervisión; previa verificación de su estado y de cerciorarse que tal acción no involucra riesgo para la integridad de las personas, equipos e instalaciones.

Artículo 410.- Todo recinto, equipos, instalaciones y todos los sistemas de una faena minera deben ser sometidos a un riguroso plan de mantención, llevando registros actualizados de esta actividad, los que en cualquier momento podrán ser solicitados por el servicio.

En los planes de mantención, sin perjuicio de lo establecido en los textos legales y normas técnicas, se deberán considerar a lo menos los siguientes aspectos específicos:

- a) Orden, limpieza y disposición de los residuos o desechos.
- b) Requisitos y estado de la señalización de advertencia e identificación de comandos y controles.
- c) Identificación y estado de los diferentes equipos de maniobras.
- d) Protecciones y conexiones a tierra.
- e) Fundaciones, anclajes, estructuras soportantes y gabinetes de maniobras.
- f) Alumbrado y sistema de ventilación y presurización en aquellos casos que corresponda.
- g) Sistema de detección y control de incendios y de emergencia en general.

h) Vías de acceso.

Artículo 411.- Todo recinto o lugar destinado a contener instalaciones eléctricas, como asimismo las estructuras de transmisión deben proyectarse y construirse de manera tal que:

- a) Estén protegidas contra los riesgos propios de las operaciones mineras, como proyecciones de rocas, tronaduras, impactos, aguas ácidas, polvo, humedad u otro tipo de agentes con potencial de deterioro.
- b) Estén protegidos razonablemente contra los riesgos extra operacionales como, aludes, aluviones, movimientos de terreno, subsidencia u otros.

Artículo 412.- Los locales importantes que contengan equipo eléctrico en funcionamiento, tales como salas de bombas o estaciones de distribución, deben estar provistos de facilidades para efectuar la evacuación, en casos de emergencia, del personal que transitoria o permanentemente permanezca en el lugar, desde cualquier punto del recinto. Las puertas deben:

- a) Abrirse al exterior;
- b) Poder abrirse en todo momento desde el interior con facilidad; y
- c) Abrirse desde el exterior con llave especial de la que se mantendrá una copia en lugar accesible, para casos de emergencia.

Artículo 413.- Personal expresamente designado debe realizar:

- a) Por lo menos una vez dentro del turno o jornada de trabajo, la lectura de los aparatos de control permanente del aislamiento de las redes, cuando se disponga de tales elementos;
- b) Por lo menos una vez al mes, una inspección minuciosa de todos los equipos e instalaciones eléctricas estacionarias y semiestacionarias de la faena; y
- c) Por lo menos una vez a la semana, una inspección de todas las instalaciones móviles de la faena.

Artículo 414.- Los equipos y aparatos móviles y portátiles deberán ser llevados al taller de mantención, para su revisión técnica después de cumplir, en cada tipo, con una cantidad preestablecida de horas o carga de trabajo.

Artículo 415.- Se deben inscribir en los respectivos registros indicados en el artículo 397 todos los desperfectos notables detectados, y también las medidas adoptadas, al realizar las tareas de mantención.

Artículo 416.- Debe mantenerse correctamente el ajuste de los aparatos automáticos de ruptura, de los termostatos y de todos los dispositivos de protección y de control en general.

Artículo 417.- Al realizar una tarea de reparación, deben adoptarse las medidas de precaución necesarias, como retiro de los fusibles de control y poder, puesta en cortocircuito y a tierra de las fases, inhabilitación de mando a distancia, bloqueo por medio de tarjeta y otros elementos equivalentes, para impedir, mientras dure el trabajo, que puedan energizarse los elementos bajo intervención.

Artículo 418.- La aislación de los conductores y equipos eléctricos debe ser la adecuada al voltaje aplicado y mantenido en forma que no se produzcan fugas o cortocircuitos. Los cables de comunicación deben tenderse lo suficientemente alejados de los cables de fuerza o alta tensión, de acuerdo al reglamento de cruces y paralelismos de la Superintendencia de Electricidad y Combustible, aprobado por Resolución No 692 de 24 de septiembre de 1971, publicado en el Diario Oficial de 24 de septiembre de 1971.

Artículo 419.- Los cables flexibles deberán:

- a) Mantenerse constantemente apartados de las aristas cortantes y de las piezas en movimiento;
- b) Substraerse a toda tracción excesiva; y

c) Guardarse convenientemente en lugar seguro, cuando no se hallen en servicio.

Artículo 420.- Los enchufes o clavijas de conexión no deben retirarse de las tomas de corriente tirando del cable flexible, sino tomándolos del mismo enchufe o clavija.

Artículo 421.- Las vías y soportes de cables deberán revisarse anualmente, o con mayor frecuencia si las condiciones de trabajo lo exigen, efectuando las reparaciones necesarias a todos los elementos dañados, así como la limpieza y extracción de material extraño que pueda deteriorar los cables o afectar la disipación térmica.

Artículo 422.- Los materiales y equipamientos destinados a utilizarse en el interior de la mina o en cualquier lugar de las faenas deben ser de calidad certificada por algún organismo autorizado.

Artículo 423.- Toda reparación, de cables eléctricos debe hacerse de tal forma que se reconstituyan fielmente sus características de conductividad, sus aislaciones y cubiertas protectoras.

Artículo 424.- Las líneas y "mallas de tierra" deberán inspeccionarse a lo menos una (1) vez al año, revisando conductores, conexiones y efectuando las mediciones eléctricas correspondientes de cuyos resultados se deberá llevar un registro.

Artículo 425.- En los transformadores deben tomarse precauciones para impedir en el circuito de baja tensión toda sobretensión que pueda producirse a consecuencia de una derivación o inducción del circuito de alta tensión. Para tal efecto, se puede aplicar uno o varios de los siguientes procedimientos:

a) La puesta a tierra permanente de un punto del circuito de baja tensión.

- b) La puesta a tierra automática del punto neutro del circuito de baja tensión, mediante un dispositivo adecuado.
- c) La puesta a tierra de un cuerpo metálico intercalado entre los bobinados primario y secundario de los transformadores.
- d) La interrupción automática de la alimentación del transformador en caso de elevarse la tensión en el circuito de baja tensión; y
- e) Cualquier otro medio apropiado, aprobado por el Director.

Artículo 426.- Los lugares donde las personas deben permanecer mientras operan cualquier interruptor u otro dispositivo de control, instalaciones o equipos eléctricos y que tengan terminales expuestos al contacto, deben permitir el seguro y libre movimiento de dichas personas, debiendo su piso mantenerse seco en todo tiempo y estar provisto de material aislante.

Los desconectores de subestaciones o aparatos de maniobras que deben operarse en forma manual, a través de una transmisión mecánica solidaria a la estructura, deben tener una plancha metálica de operación donde debe pararse el operador. Esta plancha debe estar sólidamente conectada a la estructura y a tierra, para no someter al operador a una diferencia de potencial en caso de falla. Cuando se use una pértiga para una operación similar, la persona debe estar aislada de tierra.

Artículo 427.- Las cubiertas, rejillas de protección y envolventes deben ser de material incombustible, tener resistencia mecánica suficiente a los requerimientos y estar sólidamente fijados.

Artículo 428.- Se deberán adoptar las medidas para evitar todo contacto accidental de personas con elementos energizados de una instalación o equipo cuya tensión sea superior a cincuenta (50) volts. Se deben aplicar medidas tales como:

- a) Disponer en las instalaciones de espacios necesarios para ejecutar las tareas.
- b) Los terminales de conductores, deberán poseer sus sistemas de aislación y protección aprobados.
- c) En las instalaciones de toda faena minera, los sistemas eléctricos, deberán diseñarse e instalarse de tal forma de evitar todo contacto de cables energizados con tendidos de cañerías, rieles u otros elementos metálicos, como asimismo con eventuales focos de agua.
- d) La instalación de cables para los sistemas de comunicación o tendidos de otra naturaleza, deberán diseñarse e instalarse de tal forma que no exista posibilidad alguna de que estos entren en contacto con cables eléctricos energizados o que puedan recibir algún tipo de inducción de corriente.

Artículo 429.- Se deberá instalar en superficie equipos de interrupción general automática para desenergizar todas las instalaciones, tanto del interior como del exterior de la mina. Tales dispositivos deben ser accesibles, pero lo suficientemente mantenidos y resguardados para asegurar su óptimo funcionamiento, y su operación sólo por personal autorizado.

Artículo 430.- Los terminales de un conductor, que presenten riesgo de contacto accidental para personas o instalaciones, deberán protegerse con aislación equivalente, manteniendo la resistencia de aislación del conductor, a lo menos. Los terminales de un conductor expuestos a originar fallas en el circuito por contaminación del medio ambiente, deben ser protegidos con aislación apropiada, resistente al contaminante. La aislación de los terminales debe ser adecuada a la tensión máxima a que éstos estén conectados.

Artículo 431.- Toda instalación y equipo eléctrico en funcionamiento en una faena debe contar con los sistemas de protección que, en caso de sobrecarga, fallas a tierra, cortocircuitos, sobrecalentamiento u otra anomalía, actúen eficientemente, desenergizando los circuitos. Dichos sistemas que deben ser

regularmente conservados, responderán a especificaciones y diseños aprobados por la normativa legal y a normas técnicas reconocidas para ello.

Artículo 432.- Los aparatos utilizados en la protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos deben aislarse y mantenerse de manera tal que su estado asegure el corte de la corriente antes que los elementos alcance la temperatura máxima de diseño.

Artículo 433.- Se deben instalar dispositivos que desenergicen automáticamente los circuitos, con neutros conectados a tierra, en los que la corriente de tierra sobrepase los valores permitidos por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Artículo 434.- Se deberá proveer de "malla de tierra" individual a:

- a) Subestaciones que operen con tensiones superiores a seiscientos (600) volts en subestaciones móviles, la malla de tierra podrá ser reemplazada por barras metálicas enterradas.
- b) Los centros de distribución o maniobras y equipos que operen con tensiones superiores a seiscientos (600) volts.
- c) Los almacenes de explosivos e instalaciones anexas, estas mallas de tierra deberán estar conectadas eléctricamente al cable de tierra general de la faena minera.
- d) Contenedores de instalación de faenas y/o campamentos, y a las instalaciones de combustibles.

Artículo 435.- Se debe además conectar a tierra, en los aparatos o instalaciones con tensión superior a cincuenta (50) volts, lo siguiente:

- a) Las armaduras y las cubiertas metálicas exteriores de los cables.
- b) Las piezas metálicas exteriores que formen parte de un aparato eléctrico y que no se encuentren normalmente en tensión.

- c) Las piezas metálicas que se encuentren en la proximidad de los conductores en tensión.
- d) Las estructuras metálicas en que se instalen los dispositivos de control.
- e) Los equipos de comunicación o transmisión de datos deben contar con mallas de tierra exclusivas y unirse a la tierra general.

Artículo 436.- Se usará neutro aislado de tierra cuando se comprueben riesgos de que las corrientes de neutro puedan inducir tensiones en áreas en que se emplea disparo eléctrico.

Artículo 437.- Todas las conexiones entre los conductores de tierra, así como las conexiones a tierra de las cubiertas metálicas de los cables, deben ser ejecutadas con terminales apropiados, que permitan una conexión segura al conductor de tierra de protección.

Artículo 438.- En los conductores de tierra no debe colocarse ningún cuchillo, fusible, interruptor u otro mecanismo que pudiera interrumpir el enlace a tierra, excepto cuando se realicen las revisiones periódicas. La revisión de las condiciones eléctricas y mecánicas de los cables a tierra, de sus conexiones y remates se hará anualmente.

Artículo 439.- Todos los fusibles, interruptores y equipos de control deberán estar instalados en cajas herméticas al polvo y agua. Se exceptúan los desconectores fusibles tipo intemperie. Las bases aislantes que se utilicen para montaje de equipos de protección o control, deberán ser de material incombustible y no higroscópico.

Artículo 440.- No se deberá usar ningún tipo de fusible abierto. Sólo se permitirá el uso de fusibles encapsulados.

Artículo 441.- La capacidad de los fusibles empleados para proteger los circuitos alimentadores no debe exceder la corriente máxima permanente del conductor que protege. Esta capacidad debe estar claramente indicada en el cartucho, balín del fusible o en la placa del interruptor, así como también su tensión nominal de trabajo y si es de acción lenta o rápida.

Artículo 442.- Los interruptores, partidores u otros elementos de control instalados en terreno deberán montarse en forma tal que queden protegidos de daños mecánicos y humedad. El lugar debe mantenerse limpio y despejado. En caso de falla de contactos, debe ser reemplazado por otro de capacidad requerida por el sistema. Tales elementos deberán poseer un piso o plataforma de maniobras aislado, que obligue a operar desde allí, para así evitar una eventual descarga a tierra a través del operador.

Esta plataforma es innecesaria cuando el elemento es de una tensión menor de ciento quince (115) volts, o cuando está encerrado en una caja metálica efectivamente conectada a tierra.

Artículo 443.- Cada circuito debe estar provisto de un interruptor de capacidad nominal, instalado dentro del recinto y a no más de quince metros (15mt) del punto de derivación.

Cada circuito derivado debe protegerse con fusibles u otros dispositivos de sobrecarga de acuerdo a especificaciones técnicas al respecto.

Artículo 444.- Los interruptores de cuchillo deben ser instalados de modo que la manilla vaya hacia abajo cuando se corta la corriente. No podrán usarse tipos de interruptores que no hayan sido aprobados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Artículo 445.- Los generadores deben ser protegidos, por lo menos, con dispositivos de sobrecorriente. A su vez, los transformadores deben ser

protegidos, por lo menos, con dispositivos de sobrecorriente, tanto en el lado de alta tensión como en el de baja tensión.

Artículo 446.- Los motores deben ser protegidos con dispositivos de sobrecorriente y bajo voltaje, que impidan su involuntaria reenergización después de una interrupción de corriente. En los motores fraccionales, cuya reenergización involuntaria no origine riesgos, podrá omitirse la protección de bajo voltaje.

Artículo 447.- Todo equipo eléctrico debe protegerse apropiadamente de:

- a) La humedad, con cubiertas protectoras y calefactores si fuere necesario.
- b) La acumulación de polvo.
- c) La acción de los roedores, cerrando las aberturas con rejillas para no impedir su ventilación.
- d) Daños mecánicos por caída de piedras u otro motivo; y
- e) Sobrecarga, cortocircuito y fallas a tierra.

Artículo 448.- Las operaciones de reparación, conexión o desconexión, o cualquier intervención que se efectúe en los cables portátiles, como los utilizados en perforadoras, palas y equipos de levante, deben hacerse con la energía desconectada y los sistemas de bloqueo colocados.

Artículo 449.- Las estructuras utilizadas en el montaje de los tableros principales deben ser de material incombustible. Las partes metálicas que no transporten energía deben estar conectadas a tierra.

Artículo 450.- Deberá proveerse con pisos aislantes a ambos lados de cada tablero principal que contenga partes energizadas expuestas y accesibles. Estos pisos deberán ser de tamaño tal que imposibiliten alcanzar la parte energizada a cualquier persona que esté situada fuera del piso aislante.

Artículo 451.- El acceso a las áreas posteriores de los tableros descubiertos deberá ser restringido por barreras sólidas o puertas, ubicadas de tal manera que impidan el ingreso a personal no autorizado. Las entradas a estas áreas permanecerán siempre cerradas con llave, excepto cuando se realicen trabajos en el tablero.

Artículo 452.- Las salas de transformadores deben mantenerse bien ventiladas para evitar el sobrecalentamiento de los transformadores. La ventilación debe efectuarse con aire limpio y factible de ser suspendida en caso de incendio en la sala.

Artículo 453.- La iluminación de las salas de transformadores debe realizarse de acuerdo a las normas establecidas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Artículo 454.- Los transformadores de distribución instalados en superficie deben montarse sobre postes, a una altura mínima de cuatro metros cincuenta centímetros (4,50 m.) desde el suelo. Si lo anterior fuere impracticable, los transformadores serán protegidos por una defensa de un metro ochenta centímetros (1,80 m.) de alto, la que se mantendrá cerrada a fin de evitar el ingreso de personas no autorizadas. Con todo, el libre ingreso será permitido cuando se trate de subestaciones unitarias totalmente cerradas, en todo caso éstas deben protegerse de posibles daños producidos por vehículos o maquinarias en movimiento.

Artículo 455.- Las estaciones de transformadores deben estar equipadas con los dispositivos necesarios para efectuar rápidas y seguras maniobras de desconexión o conexión.

Artículo 456.- Todos los transformadores deben estar equipados con fusibles u otros dispositivos de desconexión automática, tanto en el circuito primario como en el secundario.

Artículo 457.- Las instalaciones de transformadores con devanados sumergidos en líquidos aislantes, deben regirse por las normas establecidas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, además de las establecidas en este Reglamento.

Artículo 458.- Los interruptores deberán:

- a) Tener capacidad de ruptura y de cierre que responda a las exigencias de su normal funcionamiento; y
- b) Llevar indicaciones visibles de sus características fundamentales. Además, los interruptores no deben poder abrirse ni cerrarse accidentalmente por efecto de la gravedad o de los choques mecánicos.

Artículo 459.- Debe existir un sólo dispositivo de partida de los equipos eléctricos, instalado tan cerca del equipo como sea posible. Se exceptúan las instalaciones con control centralizado, en las que debe existir elementos de detención junto al equipo y en otros lugares, si fuese necesario.

Artículo 460.- Los conductores enterrados, excepto los cables de tierra, deben poseer aislación apropiada contra la humedad y deben ser instalados en ductos metálicos o bajo otra cubierta protectora equivalente, a menos que estos estén especificados para ser directamente enterrados y cuenten con la aislación propia. Tal cubierta deberá ser reforzada en los lugares más expuestos a daños.

Artículo 461.- Al atravesar barreras, puertas de ventilación y otras instalaciones semejantes, los cables deberán estar protegidos contra el riesgo de aplastamiento.

Artículo 462.- Las herramientas portátiles eléctricas deben contar con un interruptor incorporado, que corte automáticamente la corriente cuando el operador suelte el interruptor de la herramienta.

Artículo 463.- Todo conductor debe poseer adecuada protección eléctrica y mecánica para que:

- a) Su aislación soporte la máxima tensión de operación, sin originar fugas ni cortocircuitos;
- b) Sus cubiertas protectoras soporten los esfuerzos mecánicos a que pueda estar sometido el conductor, sin dañar ni deformar la aislamiento, y
- c) Toda cubierta metálica de conductores debe ser eléctricamente continua.

Artículo 464.- La sección de todo conductor debe estar de acuerdo con las normas prescritas en las disposiciones de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Artículo 465.- Las líneas aéreas desnudas de transmisión y distribución en superficie, exceptuando las de trole, no deben estar a menos de seis metros veinte centímetros (6,20 m.) sobre la superficie, a través de todo su recorrido. Las instalaciones de esta naturaleza, deben cumplir con el Reglamento de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles. En los lugares en que se produce constante movimiento de equipos bajo las líneas eléctricas aéreas, se deberán adoptar a lo menos las siguientes medidas:

- a) Instalar avisos de advertencia sobre el riesgo eléctrico.
- b) Indicar altura o distancias de seguridad de modo que las personas y equipos queden fuera del campo eléctrico.
- c) Colocar esferas anaranjadas en los cables más bajos.

Artículo 466.- Los empalmes de los conductores deben ser asegurados por soldaduras o por conectores mecánicos, de modo que la unión a lo menos sea igual en conductividad y resistencia a la tracción del conductor. Tales empalmes deben ser adecuadamente cubiertos con una aislación equivalente a la del conductor de mayor aislación.

Artículo 467.- Los puntos por los cuales un conductor blindado entra a una carcasa de metal, deben estar provistos de un acoplamiento que afiance firmemente el conductor a la carcasa y asegure la continuidad eléctrica entre el blindaje y la carcasa. Los puntos por los cuales los conductores entran en una carcasa de madera, deberán estar provistos de una mordaza con boquilla aislada, de modo que la mordaza no dañe a los conductores.

Artículo 468.- No se podrán efectuar reparaciones en conductores eléctricos energizados. Sin embargo, cuando lo anterior deba ser excepcionalmente practicable, las personas que hacen estas reparaciones deberán estar debidamente capacitadas y usar los elementos de protección adecuados al voltaje del conductor (guantes de goma, herramientas aisladas, pértigas aisladas, etc.).

Artículo 469.- Los conductores de los cables multiconductores deberán identificarse por colores u otros medios.

Artículo 470.- Las conexiones de los conductores a tierra y las conexiones a la cubierta metálica de los cables deberán ser ejecutadas con terminales adecuados, que aseguren en forma permanente la correcta conexión electromecánica.

Artículo 471.- Las líneas eléctricas deberán suspenderse mediante aisladores diseñados y aprobados para tal efecto.

Artículo 472.- Toda nueva instalación de tracción con hilo de contacto o trole debe ser notificada previamente al Servicio.

Artículo 473.- Los conductores desnudos, utilizados para la línea de contacto o para los alimentadores, deben instalarse de forma tal:

a) Que estén protegidos al máximo posible contra el riesgo de cortaduras; y b) Que estén fijados a soportes aisladores convenientemente espaciados.

Artículo 474.- Los circuitos principales de trole se deben proteger con interruptores automáticos, que se desconecten por sobrecarga o cortocircuito. En toda derivación del circuito de trole deberá instalarse un interruptor seccionador que permita desenergizar dicha rama cuando se desee intervenir en ella. Los interruptores deben:

a) Ser perfectamente visibles.

b) Poderse bloquear en la posición de apertura mediante una llave especial o candado.

c) Tener un mecanismo que indique si están en posición abierta o cerrada.

Artículo 475.- Los conductores y demás elementos instalados en las locomotoras eléctricas, deben estar protegidos contra eventuales daños causados por agentes externos.

Artículo 476.- Toda máquina eléctrica debe estar dotada de un sistema de frenos complementario con la potencia requerida para detener el móvil y poseer los correspondientes sistemas de detección y extinción de incendios.

Artículo 477.- Los rieles se conectarán eléctricamente en cada juntura, conformando un conductor continuo. Estas conexiones deben inspeccionarse periódicamente, reacondicionando las uniones que se hayan soltado.

Artículo 478.- Cuando se use uno de los rieles de la vía, aislado, con fines de señalización u otros, debe instalarse un cable de retorno que lo reemplace. Este cable de retorno debe tener una sección equivalente a la del cable conductor, y debe conectarse al riel continuo, cada cien (100) metros.

Artículo 479.- Los conductores de trole serán de cobre duro estirado, de sección adecuada, pero no inferior a 1/0 AWG 53,5 mm² norma nacional o equivalente.

Artículo 480.- Los conductores de trole, deberán instalarse a un mínimo de dos metros cuarenta centímetros (2,40 m.) desde la superficie. Alturas menores serán autorizadas sólo por el Servicio, siempre que el trole se proteja con defensas aisladas del contacto accidental con personas, sus herramientas o equipos. El Servicio tendrá un plazo de treinta (30) días para responder la solicitud desde la fecha de presentación de ella en la oficina de parte.

Artículo 481.- Los trole de las locomotoras eléctricas deberán ser del tipo de arrastre (zapata o pantógrafo).

Artículo 482.- Los locales, estructuras, salas y bodegas destinadas a contener instalaciones, equipos o material eléctrico deben ser construidos con materiales incombustibles, a prueba de fuego. Deberán disponer de sistemas y procedimientos de rigor para la prevención y control de incendios y toda emergencia que pudiera producirse.

Artículo 483.- La zona inmediatamente circundante a cualquier subestación eléctrica debe mantenerse libre de hierba, césped o maleza que pueda incendiarse. La franja de servidumbre de las líneas eléctricas debe mantenerse libre de edificaciones y vegetación que puedan provocar incendios.

Artículo 484.- Los transformadores sumergidos en algún tipo de líquido, instalados dentro de alguna construcción en superficie, deben estar protegidos con materiales a prueba de fuego que impidan que éste se extienda si el aceite o líquido contenido llegara a inflamarse. Si tales transformadores están instalados en lugares que representen riesgo, como cerca de la entrada de la mina o cerca de construcciones inflamables, se deben disponer los medios necesarios para evacuar o represar el aceite si la cubierta del transformador llegara a romperse.

Artículo 485.- Se prohíbe la utilización de extintores, espumantes o soluciones acuosas en el combate de incendios en instalaciones, equipos y dispositivos eléctricos energizados, solo está permitido el uso de agua cuando ésta es atomizada mediante equipos especiales aprobados por el Servicio.

Artículo 486.- Se prohíbe mantener y almacenar materiales de todo tipo en subestaciones y salas eléctricas. Solo se podrá mantener en estos recintos, los equipos, herramientas y dispositivos que sean necesarios para las operaciones regulares.

Artículo 487.- Las mediciones eléctricas deben efectuarse con las precauciones necesarias para evitar los riesgos derivados de la producción de chispas.

Artículo 488.- En todos los lugares de superficie en que sea necesario, deben colocarse pararrayos adecuados para proteger las instalaciones de las sobretensiones debidas a la electricidad atmosférica.

5. NORMATIVA MÉXICANA

Se escogió este país para analizar su normatividad eléctrica debido a que se considera que la minería mexicana está altamente ubicada respecto a la de Latinoamérica, lo que le ha exigido a las autoridades encargadas de este sector desarrollar códigos de seguridad y normas con el fin de establecer exigencias y parámetros para que la actividad minera se realicen de una forma más segura.

5.1 NORMA OFICIAL MEXICANA¹²

La Norma Oficial Mexicana fué elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE), con el apoyo de la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía y la coordinación de la Asociación de Normalización y Certificación.

Esta norma expedida en el 2005, y responde a las necesidades técnicas que requiere la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional.

Al igual que las demás normativas mencionadas anteriormente, el objetivo de la NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas, animales, el medio ambiente y los equipos eléctricos que se utilizan en las minas.

La Norma Mexicana tiene gran similitud con la Norma Colombiana NTC- 2050, específicamente la clasificación de los lugares en su capítulo de Ambientes Especiales es igual, por lo que como antes ya se mencionó ampliamente la

¹² SECRETARIA DE ENERGIA, NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización).

información relacionada con ésta clasificación, a continuación se hace una mención más específica.

5.1.1 Ambientes Especiales: Áreas Peligrosas (Clasificadas) Clases I, II y III Divisiones 1 Y2.

5.1.1.1 Alcance.

Los artículos 5.1.1, 5.1.2 y 5.1.3 mencionan los requisitos para equipo eléctrico, electrónico y alambrado, para todas las tensiones eléctricas, en áreas Clase 1, Divisiones 1 y 2; Clase II, Divisiones 1 y 2 y Clase III, Divisiones 1 y 2, en donde pueda existir peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras o partículas combustibles o de fácil ignición dispersas en el aire.

NOTA: Véase el artículo 5.1.3 para los requisitos de los equipos eléctricos y electrónicos y para el alambrado a todas las tensiones eléctricas en áreas peligrosas (clasificadas) de Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2 en donde pueden existir riesgos de incendio o explosión debidos a gases, vapores o líquidos inflamables.

5.1.1.2 Otros Artículos.

Excepto como se modifica en los artículos 5.1.1. y 5.1.2. Todas las demás reglas aplicables contenidas en esta Norma deben aplicarse al equipo eléctrico y al alambrado instalado en áreas peligrosas (clasificadas).

5.1.1.3 Generalidades.

(a) Clasificación de áreas. Las áreas se clasifican dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables, o de polvos o fibras combustibles o de fácil ignición que puedan estar presentes, así como la posibilidad de que se encuentren en cantidades o concentraciones inflamables o combustibles.

Cuando los materiales pirofóricos son los únicos usados o manipulados, estas áreas no deben ser clasificadas.

Cada cuarto, sección o área debe ser considerada individualmente al determinar su clasificación.

NOTA 1: Los materiales pirofóricos son aquellos que se inflaman espontáneamente en el aire.

NOTA 2: Ejerciendo un juicio apropiado durante el diseño de las instalaciones eléctricas para áreas peligrosas (clasificadas), frecuentemente es posible situar la mayoría del equipo en áreas menos peligrosas y, por tanto, reducir la cantidad de equipo especial requerido.

(b) Documentación. Todas las áreas designadas como áreas peligrosas (clasificadas) deben estar documentadas por el usuario. Esta documentación debe estar disponible para quienes están autorizados para diseñar, instalar, inspeccionar, mantener u operar el equipo eléctrico en el lugar.

(c) Referencias.

NOTA 1: Para la evaluación de la conformidad de esta norma de Instalaciones Eléctricas las unidades de verificación deben estar familiarizadas con la experiencia de la industria y de la clasificación de las distintas áreas, la ventilación adecuada y la protección contra riesgos producidos por la electricidad estática y las descargas atmosféricas. Para la clasificación de áreas peligrosas debe realizarse un análisis de cada local, área o sección individualmente, atendiendo a la concentración de los gases, vapores y polvos y a sus características de explosividad. Este análisis debe realizarse bajo supervisión de ingeniería y de expertos en la materia, debidamente calificados. Es responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones que la clasificación de las áreas sea realizada con la mayor precisión.

NOTA 2: Para información adicional sobre la clasificación de áreas peligrosas; clasificación de materiales inflamables; requisitos de instalaciones que por su naturaleza son áreas peligrosas (clasificadas); protección contra riesgos producidos por la electricidad estática y las descargas atmosféricas en áreas peligrosas (clasificadas); ventilación en áreas peligrosas (clasificadas); sistemas eléctricos para áreas peligrosas (clasificadas) en plataformas marinas petroleras y de gas; véase Anexo 1.

d) Tubo (conduit) roscado. Todo tubo (conduit) roscado, a los que refiere la presente norma, deben llevar rosca cónica NPT hecha con una máquina de roscar que proporcione una rosca con una conicidad de 1 a 16 (0,625 mm por cada centímetro). El tubo (conduit) debe apretarse con llave, de modo que se evite la producción de chispas en caso de que una corriente eléctrica de falla fluya por el sistema de canalización y, donde sea aplicable, asegurar la integridad del sistema de canalización en caso de explosión o de ignición de polvo.

Para los equipos provistos con rosca métrica, tal entrada debe identificarse como métrica o utilizar adaptadores compatibles aprobados para permitir la conexión con tubo (conduit) con roscado NPT.

Nota 1: Para información adicional respecto a las especificaciones de entradas con rosca métrica, véase el Anexo 1.

(e) Conjuntos de cable de fibra óptica. Cuando un conjunto de cable de fibra óptica contenga conductores capaces de conducir corriente, dicho conjunto debe instalarse de acuerdo con los requisitos de los artículos 5.1.1, 5.1.2 según sean aplicables.

5.1.1.4 Técnicas de protección.

En los siguientes incisos se indican las técnicas de protección aceptables para equipo eléctrico y electrónico en áreas clasificadas como peligrosas.

a) Aparatos a prueba de explosión. Esta técnica de protección se permite para equipos instalados en áreas Clase I, División 1 y 2 para las cuales estén aprobados.

Nota 2: Para información adicional respecto a los aparatos a prueba de explosión, véase el Anexo 1.

b) Equipo a prueba de ignición de polvo. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase II, División 1 y 2 para las cuales estos equipos estén aprobados.

Nota: Los aparatos a prueba de ignición de polvo se definen en el capítulo 3: Normativa Colombiana NTC-2050.

c) Hermético al polvo. Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en áreas Clase II, División 2 y Clase III para los cuales Nota1: Los envolventes herméticos al polvo se construyen de manera que el polvo no entre en las carcasas del envolvente bajo condiciones específicas de prueba.

Nota 2: Para información adicional respecto a equipo no incendiario para uso en áreas Clase II, División 2 y Clase III, Divisiones 1 y 2, así como equipo para uso en áreas Clase I y II, División 2 y Clase III, véase el Anexo1.

NOTA 3: Para información adicional sobre condiciones de prueba para equipos diferentes de los rotatorios, véase el Anexo1.

d) Purgado y presurizado. Esta técnica de protección se permite para equipo en cualquier área peligrosa (clasificada) para la cual esté aprobado.

NOTA 1: En algunos casos pueden reducirse los riesgos o limitar e incluso eliminar las áreas clasificadas peligrosas, por medio de un adecuado sistema de ventilación forzada (presión positiva) desde una fuente de aire limpio, conjuntamente con un dispositivo eficiente para evitar fallas en la ventilación.

NOTA 2: Para información adicional sobre equipo eléctrico y envolventes presurizadas, véase el Anexo1.

e) Sistemas intrínsecamente seguros. El equipo y alambrados intrínsecamente seguros se permiten en cualquier área clasificada como peligrosa para la cual han sido aprobados. Las disposiciones de los artículos 5.1.2 y 5.1.3. no deben ser considerados aplicables a estas instalaciones.

NOTA: Para información adicional sobre aparatos intrínsecamente seguros y aparatos asociados para uso en Clase I, II y III, División 1, véase el Anexo1.

f) No incendiario. Técnica de protección en la cual, bajo condiciones normales de operación, ningún arco o efecto térmico tiene capacidad para encender la mezcla inflamable de aire con gas, vapor o polvo. Esta técnica de protección se permite en áreas Clase I, División 2, Clase II, División 2 y Clase III para las cuales el equipo esté aprobado.

(1) Circuito no incendiario. Circuito en el cual cualquier arco o efecto térmico producido, bajo condiciones de operación previstas del equipo o debido a la apertura, cortocircuito o puesta a tierra del alambrado en sitio, no tiene capacidad, bajo las condiciones de prueba especificadas, para encender gas, vapor o mezcla de polvo-aire, inflamables.

Nota: Para información adicional de las condiciones de prueba para equipo eléctrico para uso en áreas Clase I y II, División 2 y Clase III, División 1 y 2, véase el Anexo1.

(2) Equipo no incendiario. Equipo que tiene circuitos eléctricos/electrónicos y que, bajo condiciones normales de operación, no tiene capacidad para causar la ignición de un gas, vapor o mezcla de polvo-aire especificado inflamable, debido a arcos o medios térmicos.

NOTA: Para información adicional para equipo eléctrico para uso en áreas Clase I y II, División 2 y Clase III, División 1 y 2, véase el apéndice B2.

a. Componente no incendiario. Componente que tiene contactos para abrir o cerrar un circuito incendiario.

El mecanismo de contacto debe estar construido de modo que el componente no tenga capacidad para encender una mezcla inflamable específica de aire con gas o vapor. La carcasa de un componente no incendiario no está prevista para que evite la entrada de la atmósfera inflamable, o para que contenga una explosión.

Se permite aplicar esta técnica de protección a los contactos de interrupción de corriente en áreas Clase I, División 2, para los cuales el componente esté aprobado.

Nota: Para información adicional sobre equipo para uso en áreas Clase I y II, División 2 y áreas Clase III, véase el apéndice B2.

Inmersión en aceite. Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en áreas Clase I, División 2 como se describe en 5.1.2.6.(b)(1)(b).

NOTA 1: Véase las Secciones 501-3(b)(1), excepción (a); 5.1.2.5.(a)(1), excepción (b); 5.1.2.6.(b)(1); 5.1.2.14.(b)(1), excepción (a); excepción; y Excepción.

NOTA 2: Para información adicional sobre equipo de control en áreas peligrosas (clasificadas), véase el Anexo1.

h) Sellado herméticamente. Un dispositivo sellado herméticamente debe impedir la entrada de cualquier atmósfera externa y el sello debe ser por fusión, es decir, soldadura, cobre soldadura, soldadura eléctrica o por fusión de vidrio a metal. Esta técnica de protección se permite para contactos de interrupción de corriente eléctrica en áreas Clase I, División 2.

NOTA: Véase 5.1.2.3. (b)(1) Excepción b; 5.1.2.5.(a)(1) Excepción a; 5.1.2.6.b)(1)(a); y 5.1.2.14.(b)(1) Excepción b.

5.1.1.5 Precauciones especiales.

Los artículos 5.1.1 y 5.1.2 requieren que la construcción del equipo y de la instalación garantice un funcionamiento seguro bajo condiciones de uso y mantenimiento adecuados.

NOTA 1: Es importante que los usuarios ejerzan un cuidado mayor que el ordinario con respecto a este tipo de instalaciones y su mantenimiento.

NOTA 2: Las condiciones de bajas temperaturas ambientales requieren una consideración especial.

El equipo a prueba de explosión o a prueba de ignición de polvo puede no ser apropiado para usarse en temperaturas menores de -25 °C, a menos que esté aprobado para servicio en bajas temperaturas. Sin embargo, a bajas temperaturas ambientales, pueden no existir concentraciones inflamables de vapores en áreas clasificadas Clase I, División 1, a temperatura ambiente normal.

Excepción: Equipo aprobado para un gas, vapor o polvo específico.

NOTA 1: Esta agrupación está basada en las características de los materiales. El equipo que ha sido aprobado, está disponible para usarse en los diversos grupos de atmosfera.

Clasificación por grupos: Con el propósito de prueba, aprobación y clasificación de un área, se han clasificado mezclas con aire (no enriquecidas con oxígeno) las cuales deberán ser agrupadas de acuerdo con lo indicado en 5.1.1.5. (a) y 5.1.1.5 (b).

a) Clasificación por grupos Clase I. Los grupos Clase I deben ser los siguientes:

1) Grupo A: Acetileno.

2) Grupo B: Gas inflamable, líquido que produzca vapor, o líquido combustible que produzca vapor mezclado con aire que pueda incrementarse o explotar, que tiene

un valor de espacio máximo experimental seguro entre juntas menor o igual que 0,45 mm, o una relación de corriente mínima de ignición menor o igual que 0,40.

NOTA: Un material típico de áreas Clase I, Grupo B, es el hidrógeno.

Excepción 1: Se permite usar equipos del Grupo D en atmósferas con butadieno si todos los tubos (conduit) que llegan hasta el equipo a prueba de explosión están equipados con sellos a prueba de explosión instalados a una distancia no mayor que 450 mm del envolvente.

Excepción 2: Se permite usar equipos del Grupo C en atmósferas que contengan Alilglicidilo éter, n-butilglicidilo éter, óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína, si todos los tubos (conduit) que llegan hasta el equipo a prueba de explosión están equipados con sellos a prueba de explosión instalados a una distancia no mayor que 450 mm del envolvente.

3) Grupo C: Gas inflamable, líquido inflamable que produzca vapor, o líquido combustible que produzca vapor mezclado con aire que pueda incendiarse o explotar, que tiene un valor de espacio máximo experimental seguro entre juntas mayor que 0,45 mm y menor o igual que 0,75 mm o una relación de corriente mínima de ignición mayor que 0,40 y menor o igual que 0,80.

NOTA: Un material típico de áreas Clase I, Grupo C, es el etileno.

4) Grupo D: Gas inflamable, líquido inflamable que produzca vapor, o líquido combustible que produzca vapor mezclado con aire que pueda incendiarse o explotar que tiene un valor de espacio máximo experimental seguro entre juntas mayor que 0,75 mm o una relación de corriente mínima de ignición mayor que 0,80.

NOTA: Un material típico de áreas Clase I, Grupo D es el propano.

Excepción: Para atmósferas que contengan amoníaco, se permite reclasificar el área a una menos peligrosa o a una absolutamente no peligrosa.

NOTA 1: Para información adicional sobre las propiedades y clasificación por grupos de los materiales de Clase I, véase el apéndice B2.

NOTA 2: Las características de explosión de la mezcla de aire con gases o vapores, varían de acuerdo con el tipo de material involucrado. Para áreas Clase I, Grupos A, B, C y D, la clasificación involucra determinar la máxima presión de explosión y la máxima distancia de seguridad entre las juntas de unión de la envolvente. Entonces, es necesario que el equipo esté aprobado no sólo para esta clase, sino también para un grupo específico de gas o vapor que pueda estar presente.

NOTA 3: Algunas atmósferas químicas pueden tener características que requieren salvaguardas mayores, que aquéllas requeridas por cualquiera de los grupos antes mencionados. El bisulfuro de carbono es uno de estos productos químicos, debido a su baja temperatura de ignición (100 °C) y al pequeño intersticio de la junta permitido para detener su flama.

NOTA 4: Para información adicional de la clasificación de áreas con atmósfera de amoníaco, véase el Anexo 1.

b) Clasificación por grupos Clase II. Los grupos Clase II deben ser los siguientes:

1) Grupo E: Atmósferas que contengan polvos metálicos combustibles, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros polvos combustibles, donde el número de partículas, su abrasividad y conductividad, presenten peligro similar en la utilización del equipo eléctrico.

NOTA: Ciertos polvos metálicos pueden tener características que requieren salvaguardas mayores, a aquellas para atmósferas que contienen polvos de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales. Por ejemplo, los polvos de circonio, torio y uranio tienen temperaturas de ignición extremadamente bajas (tan bajas como 20 °C) y energías de ignición mínimas menores que cualquier otro material clasificado en cualquiera de los grupos de Clase I o de Clase II.

2) Grupo F: Atmósferas que contengan polvos carbonosos, combustibles con más del 8% del total de partículas volátiles atrapadas o que han sido sensibilizados por otros materiales, de tal manera que presenten peligro de explosión.

NOTA 1: Ejemplos de polvos carbonosos, son los polvos de carbón negro de humo, carbón vegetal y coque.

NOTA 2: Para información adicional para el método de prueba para materiales volátiles en el análisis de muestras para carbón vegetal y coque, véase el Anexo 1.

3) Grupo G: Atmósferas que contengan polvos combustibles tales como harina, granos, madera, plástico y químicos, no incluidos en los grupos E o F.

NOTA 1: Para información adicional sobre la clasificación por grupos de los materiales de Clase II, véase el Anexo 1.

NOTA 2: Las características de explosión de las mezclas de aire con polvo, varían de acuerdo con los materiales involucrados. Para áreas Clase II, grupos E, F y G, la clasificación involucra ajuste, apriete o estrechez de las uniones o juntas de ensamble y el intersticio de la flecha para prevenir la entrada de polvos en envoltantes a prueba de ignición de polvo, el efecto de acumulación de las capas de polvo sobre el equipo, que puede causar sobrecalentamiento y la temperatura de ignición del polvo. Entonces, es necesario que el equipo sea aprobado no sólo para esta clase, sino también para el grupo específico del polvo que esté presente.

NOTA 3: Ciertos polvos pueden requerir precauciones adicionales debido a fenómenos químicos que pueden resultar en la generación de gases combustibles.

NOTA 4: Para información adicional de las áreas de manejo de carbón, véase el Anexo 1.

c) Aprobación para Clases y propiedades. Independientemente de la clasificación del área en donde estén instalados, los equipos que dependen de un solo sello de

compresión, diafragma, o tubería para prevenir la entrada de fluidos combustibles o inflamables al equipo, deben ser aprobados para áreas Clase I, División 2.

Excepción: El equipo instalado en áreas Clase I, División 1 debe estar aprobado para áreas División 1.

NOTA 1: Para requerimientos adicionales véase 5.1.2.5.(f)(3).

El equipo debe estar aprobado no sólo para la clase del área, sino también para las propiedades explosivas, combustibles o de ignición del gas, vapor, polvo, fibra o partículas volátiles, específicas que estén presentes. Además, el equipo Clase I no debe tener ninguna superficie expuesta que opere a una temperatura que exceda de la temperatura de ignición del gas o vapor específico.

El equipo Clase II no debe tener una temperatura externa más alta que la especificada en 5.1.1.5. (f).

El equipo aprobado para un área clasificada como División 1 puede ser instalado en un área clasificada como División 2 de la misma clase y grupo.

El equipo de uso general, o equipo instalado en envolventes de uso general permitido en el artículo 5.1.2., se puede instalar en áreas División 2, si el equipo, bajo condiciones normales de operación, no constituye una fuente de ignición.

A menos que se especifique otra cosa, se debe asumir que las condiciones normales de operación para motores son las de funcionamiento constante a plena carga.

Cuando haya o pueda haber presentes, al mismo tiempo, gases inflamables y polvos combustibles, se debe considerar la presencia simultánea de ambos elementos para establecer la temperatura de operación segura del equipo eléctrico.

NOTA 2: Las características de las distintas mezclas atmosféricas de gases, vapores y polvos dependen del material específico involucrado.

d) Marcado. El equipo aprobado debe marcarse para indicar la clase, el grupo y la temperatura de operación o intervalo de temperatura con referencia a una temperatura ambiente de 40 °C.

Excepción 1: No se requiere que lleven marcada la temperatura o intervalo de temperatura de funcionamiento los equipos que no generen calor, como las cajas de empalme, tubo (conduit) y herrajes, y los que produzcan calor con una temperatura máxima no mayor que 100 °C.

Excepción 2: No se requiere que los luminarios fijos marcados exclusivamente para lugares Clase I, División 2 o Clase II, División 2, lleven marcado el grupo.

Excepción 3: No se requiere que los equipos fijos de propósito general en lugares Clase I, que no sean luminarios fijos, que sean aceptables para utilizarse en lugares Clase I, División 2, lleven marcada la clase, grupo, división o temperatura de funcionamiento.

Excepción 4: No se requiere que los equipos fijos herméticos al polvo distintos de los luminarios fijos, que son aceptables para su uso en lugares Clase II, División 2 y Clase III lleven marcada la clase, grupo, división o temperatura de funcionamiento.

Excepción 5: Los equipos eléctricos adecuados para funcionar a temperatura ambiente superiores a 40 °C deben ir marcados con la temperatura ambiente máxima y además con la temperatura o intervalo de temperatura de funcionamiento a esa temperatura ambiente.

NOTA 1: El equipo que no esté marcado para indicar una división específica, o marcado "División 1" o "Div. 1", se considera adecuado para áreas División 1 y

2. El equipo marcado “División 2” o “Div. 2” se considera adecuado únicamente para áreas División 2.

Cuando en el marcado se proporciona la temperatura de operación o intervalo de temperatura, ésta debe indicarse por medio de los números de identificación, mostrados en la Tabla 8.

Los números de identificación marcados sobre las placas de datos de equipo, deben estar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 8.

Tabla 8. Números de identificación

| Temperatura máxima °C | Marca Identificativa |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 450 | T1 |
| 300 | T2 |
| 280 | T2A |
| 260 | T2B |
| 230 | T2C |
| 215 | T2D |
| 200 | T3 |
| 180 | T3A |
| 165 | T3B |
| 160 | T3C |
| 135 | T4 |
| 120 | T4A |
| 100 | T5 |
| 85 | T6 |

Fuente: Norma Oficial Mexicana.

*Esta tabla es idéntica a la tabla 1 de recopilación la Norma NTC 2050 del capítulo 3 de este libro.

Los equipos aprobados para Clase I y Clase II deben estar marcados con la temperatura máxima segura de operación, que se determina por medio de la exposición simultánea a las combinaciones de las condiciones Clase I y Clase II.

NOTA 2: Debido a que no existe una relación directa y consistente entre las propiedades de explosión y la temperatura de ignición, ambas propiedades se consideran requisitos independientes.

e) Temperatura Clase I: La temperatura marcada, según lo especificado en (d) anterior, no debe exceder la temperatura de ignición del gas o vapor específico que se pueda encontrar en el área.

NOTA: Para información adicional sobre las temperaturas de ignición de gases y vapores, así como en áreas de procesos químicos, véase el Anexo 1.

f) Temperatura Clase II. La temperatura marcada, según lo especificado en (d) anterior, debe ser menor que la temperatura de ignición del polvo específico que pueda encontrarse. Para los polvos orgánicos que se puedan deshidratar o carbonizar, la temperatura de marcado no debe exceder de la temperatura de ignición o 165 °C.

NOTA: Para información adicional sobre las temperaturas de ignición mínimas de polvos específicos, véase el Anexo 1. La temperatura de ignición para la cual estaban anteriormente aprobados los equipos para este requisito, es como se indica en la Tabla 9.

Tabla 9.- Temperatura de ignición

| Equipos no expuestos a sobrecargas | | Equipos expuestos a sobrecargas (motores y transformadores de potencia) | |
|---|-----------|--|----------------------------------|
| | | En funcionamiento normal | En funcionamiento anormal |
| Grupos de la | °C | °C | °C |

| Clase II | | | |
|----------|-----|-----|-----|
| E | 200 | 200 | 200 |
| F | 200 | 150 | 200 |
| G | 165 | 120 | 165 |

Fuente: Norma Oficial Mexicana.

*Esta tabla es idéntica a la tabla 2 de recopilación la Norma NTC 2050 del capítulo 3 de este libro.

5.1.1.6 Áreas Clase I.

Las áreas Clase I son aquellas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Las áreas Clase I, deben incluir aquellas especificadas en los incisos (a) y (b) descritos a continuación.

a) Clase I, División 1. Un área Clase I División 1 es aquella:

(1) en donde, bajo condiciones normales de operación, puede haber concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, o

(2) en donde frecuentemente, debido a labores de reparación, mantenimiento o, a fugas, puede haber concentraciones inflamables de tales gases o vapores.

(3) en donde debido a fallas o mal funcionamiento de equipos o procesos, pueden liberarse concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, y pueden también causar simultáneamente una falla en el equipo eléctrico, que provoque que éste se comporte como una fuente de ignición.

NOTA 1: Esta clasificación generalmente incluye las áreas siguientes:

- (1) las áreas donde se transfieren, de un recipiente a otros, líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables;
- (2) los interiores de las cabinas pulverizadoras de pintura y áreas cercanas a donde se realizan operaciones de pintura y rociado con uso de disolventes volátiles inflamables;
- (3) las áreas que contienen tanques abiertos o tanques de líquidos volátiles inflamables;
- (4) los locales para el secado o los compartimentos para la evaporación de disolventes inflamables;
- (5) los locales que contienen equipo para la extracción de grasas y aceites que usan disolventes volátiles inflamables;
- (6) las secciones de las plantas de limpieza y teñido donde se utilizan líquidos inflamables;
- (7) los cuartos de los generadores a gas y otras secciones de las plantas manufactureras de gas donde puede haber fugas de gases inflamables;
- (8) los cuartos de bombas de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables que estén inadecuadamente ventilados;
- (9) el interior de los refrigeradores y congeladores que almacenen materiales volátiles inflamables en recipientes abiertos, ligeramente tapados o que se puedan romper fácilmente; y
- (10) todas las demás áreas donde puedan ocurrir, concentraciones combustibles de vapores o de gases inflamables, durante el transcurso de su operación normal.

NOTA 2: En algunas áreas de División 1 se pueden presentar concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, continuamente o por largos periodos de tiempo. Algunos ejemplos incluyen:

(1) el interior de envolventes con respiraderos inadecuados que contienen instrumentos, que normalmente descargan gases inflamables o vapores al interior del envoltente;

(2) el interior de tanques con respiraderos (venteos) que contengan líquidos volátiles inflamables;

(3) el área entre el interior y el exterior de secciones del techo de un tanque de techo flotante que contenga fluidos volátiles inflamables;

(4) áreas inadecuadamente ventiladas dentro de procesos de rociado y recubrimiento que utilizan fluidos volátiles inflamables;

(5) interiores de ductos de extracción utilizados para ventilar concentraciones de gases o vapores inflamables. La experiencia ha demostrado que es prudente evitar la instalación de instrumentos u otro equipo eléctrico en la totalidad de estas áreas particulares. Cuando esto no pueda evitarse, debido a que es esencial para el proceso y donde no sea factible hacer la instalación en otras áreas (véase 5.1.1.3. Nota), debe utilizarse equipo eléctrico o de instrumentación aprobados para la aplicación específica o que sean sistemas intrínsecamente seguros.

5.1.2 Áreas Clase I

5.1.2.1 Disposiciones generales:

Las reglas generales de esta norma se deben aplicar a las instalaciones de alambrado y equipo eléctrico en las áreas clasificadas como Clase I en 5.1.1.6.

Se permite que los equipos marcados y aprobados de acuerdo con la sección 5.1.3.10. para uso en lugares Clase I, Zona 0, 1 o 2, estén en lugares Clase I división 2 para el mismo gas y con una temperatura nominal adecuada

Excepción: Lo que está modificado en este artículo.

5.1.2.2 Transformadores y capacitores:

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los transformadores y capacitores deben cumplir con lo siguiente:

1) Cuando contengan líquido inflamable. Los transformadores y capacitores que contengan líquido combustible se deben instalar únicamente en bóvedas aprobadas que cumplan con las exigencias de seguridad y además:

(a) no debe haber puertas ni otra abertura de comunicación entre la bóveda y el área División 1; y

(b) debe haber ventilación suficiente para expulsar continuamente los gases o vapores inflamables; y

(c) las aberturas o ductos de ventilación deben conducir a un lugar seguro fuera de la construcción, y

(d) los ductos y aberturas de ventilación deben ser de una sección suficiente para disminuir las presiones de explosión dentro de la bóveda; y todas las partes de los ductos de ventilación dentro de la edificación deben ser de concreto reforzado.

2) Cuando no contengan líquido inflamable. Los transformadores y capacitores que no contengan líquido inflamable deben instalarse en bóvedas de acuerdo con lo indicado en los requisitos de la Sección 5.1.2.2. (a)(1) anterior o estar aprobados para áreas Clase I.

5.1.2.3 Medidores, instrumentos y relevadores:

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los medidores, instrumentos y relevadores, incluyendo kilowattórímetros, transformadores de instrumento, resistencias, rectificadores y válvulas termoiónicas, deben estar en envolventes aprobados para áreas Clase I División 1. Envolventes purgados y presurizados.

5.1.2.4 Métodos de alambrado:

Los métodos de alambrado deben cumplir con lo indicado en los incisos

(a) y (b) que se enuncian a continuación:

a) Clase I, División 1

(1) Alambrado fijo. Las áreas Clase I, División 1, se deben alambra en tubo (conduit) metálico tipo pesado; semipesado o cables tipo MI con accesorios terminales aprobados para esos lugares. Todas las cajas, accesorios y uniones deben tener conexiones roscadas para la unión del tubo (conduit) o terminales de cables y deben ser a prueba de explosión. Las uniones roscadas deben entrar por lo menos con cinco roscas completamente introducidas. Los cables tipo MI se deben instalar y apoyar de modo que se eviten esfuerzos de tensión en los accesorios terminales.

Excepción 1: Se permite usar tubo (conduit) rígido no metálico que cumpla con lo indicado en la Norma Oficial Mexicana, cuando esté encofrado en concreto con espesor de 50 mm, y con una cobertura mínima de 600 mm medida desde la parte superior del tubo (conduit) hasta el nivel del suelo. Se permite omitir el encoframiento de concreto cuando esté sujeto a las disposiciones de la excepción.

Cuando se utilice tubo (conduit) rígido no metálico, se debe usar tubo (conduit) pesado o tubo (conduit) semipesado roscado de acero para los últimos 600 mm del tramo subterráneo hasta que salga de la tierra o hasta el punto de conexión con la canalización que vaya sobre el terreno. Se debe incluir un conductor de puesta a tierra de los equipos para dar continuidad eléctrica al sistema de canalizaciones y para poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente.

Excepción 2: En establecimientos industriales con acceso restringido al público, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que únicamente personal calificado realiza el servicio de instalación, se permite el uso de cable tipo

MC, aprobado para áreas Clase I, División 1, con cubierta continua de aluminio corrugado hermético al gas y vapor, con cubierta exterior de material polimérico adecuado, conductores de puesta a tierra separados, de acuerdo con lo indicado en 250-95 de la Norma Oficial Mexicana, y suministrado con accesorios terminales aprobados para la aplicación específica.

Excepción 3: En establecimientos industriales con acceso restringido al público, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que solamente personal calificado atenderá las instalaciones, se permite el uso de cable tipo ITC aprobado para uso en lugares Clase I, División 1, con una cubierta continua de aluminio corrugado hermética al gas y al vapor, cubierta exterior adecuada de material polimérico y suministrado con accesorios terminales aprobados para la aplicación específica.

(2) Conexiones flexibles. Cuando sea necesario emplear conexiones flexibles, como en terminales de motor, se deben usar accesorios flexibles aprobados para áreas Clase I.

Excepción: Se permite cordón flexible instalado como se indica en 5.1.2.11.

5.1.2.5 Sellado y drenado.

Los sellos en tubo (conduit) y en sistemas de cables deben cumplir con los requisitos dados a continuación desde (a) a (f). El compuesto sellador debe ser del tipo aprobado para las condiciones y uso. Se debe aplicar compuesto sellador a los accesorios terminales de los cables tipo MI para excluir humedad o algún otro fluido en el aislamiento del cable.

NOTA 1: Se deben proveer sellos en tubo (conduit) y en cables para minimizar el paso de gases y vapores e impedir el paso de llamas de una parte de la instalación eléctrica a otra a través del tubo (conduit). El paso de vapores a través del cable tipo MI se evita en forma inherente gracias a su construcción. A menos que estén específicamente diseñados y probados para tal propósito, los sellos de

tubo (conduit) y cables no están diseñados para impedir el paso de líquidos, gases o vapores bajo una presión diferencial continua a través del sello. Aunque haya diferencias de presión a través del sello equivalente a algunos kPa, puede existir un paso lento de gas o vapor a través del sello y a través de los conductores que atraviesan el sello; véase 5.1.2.5. (e)(2). Las temperaturas extremas y los líquidos y vapores, altamente corrosivos pueden afectar la eficacia de los sellos para cumplir la función asignada; véase 5.1.2.5. (c) (2).

NOTA 2: Las fugas de gas o vapor y la propagación de llamas pueden ocurrir a través de los intersticios entre los hilos de los conductores trenzados de tamaño nominal no-mayores a 33,6 mm² (2 AWG). Los conductores de construcciones especiales, por ejemplo, de hilos compactados o el sellado individual de los hilos, es el medio para reducir las fugas y evitar la propagación de la flama.

a) Sellos en tubo (conduit), áreas Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, se deben localizar los sellos como sigue:

1. En cada tramo de tubo (conduit) que entra en una envolvente a prueba de explosión en donde dicha envolvente contenga aparatos tales como desconectador, interruptores automáticos, fusibles, relevadores o resistencias que puedan producir arcos eléctricos, chispas o altas temperaturas que se consideren como una fuente de ignición en condiciones normales de funcionamiento; o (b) la entrada tenga un tamaño de 50 mm o más y el envolvente contenga terminales, empalmes o derivaciones. Para los propósitos de esta Sección, debe considerarse como alta temperatura cualquiera que exceda el 80% de la temperatura de autoignición en grados Celsius, del gas o vapor presente. A excepción de (a)(1)(a). El tubo (conduit) que entra en un envolvente en donde los desconectadores, interruptores automáticos, fusibles, relevadores o las resistencias están:

a. Encerrados dentro de una cámara sellada herméticamente contra la entrada de gases o vapores; o

- b. Sumergidos en aceite, de acuerdo con lo especificado en 5.1.2.6.(b)(1)(b); o
- c. Encerrados en una cámara a prueba de explosión sellada de fábrica en una envolvente aprobada para el área, y marcado como “sellado de fábrica” o su equivalente.
- d. En circuitos no incendiarios.

Nota: No debe considerarse que los envoltentes sellados en fábrica sirvan como sello para otro envolvente adyacente a prueba de explosión que debe tener un sello de tubo (conduit).

Los sellos de tubo (conduit) deben instalarse a una distancia máxima de 450 mm del envolvente. Entre el accesorio de sellado y el envolvente a prueba de explosión sólo se permite uniones a prueba de explosión, acoples, reductores, codos, codos con casquillo y cajas de paso similares a los tipos en L, en T y en cruz que no sean más grandes que el tamaño comercial del tubo (conduit).

2. En cada entrada de tubo (conduit) en un envolvente presurizado, en donde el tubo (conduit) no está presurizado como parte del sistema de protección. Los sellos de tubo (conduit) deben instalarse a una distancia no mayor que 450 mm del envolvente presurizado.

NOTA 1: La instalación del sello lo más cerca posible del envolvente reduce problemas con el purgado del espacio de aire muerto en el tubo (conduit) presurizado.

NOTA 2: Para información adicional sobre aplicaciones de presurización, véase el véase el Anexo1.

3. Cuando en dos o más envoltentes a prueba de explosión, se requieren sellos tubo (conduit) de acuerdo con lo indicado en (a)(1) estando unidos por niples o por tramos de tubo (conduit) a una longitud no mayor que 900 mm, es suficiente

colocar un solo sello en cada niple o tramo de tubo (conduit), si tal sello no dista más de 450 mm de cada envolvente.

En cada tramo de tubo (conduit) que sale de un área peligrosa Clase I, División 1, se permite colocar el sello en cualquier lado del límite de dicha área, a no más de 3 m del límite, pero debe estar diseñado e instalado de tal forma que minimice la cantidad gas o vapor que pueda entrar al tubo (conduit) dentro del área División 1, y se comuniquen por el tubo (conduit) más allá del sello. En el tramo comprendido entre el sello del tubo (conduit) y el punto en el que el tubo (conduit) sale de la área peligrosa Clase I, División 1, no debe haber uniones, acoples, caja o accesorio en el tubo (conduit), excepto las reducciones aprobadas a prueba de explosión en el sello del tubo (conduit).

Excepción: El tubo (conduit) metálico que pase a través de un área Clase I, División 1, sin uniones, acoplamientos, cajas o accesorios, sin accesorios a menos de 300 mm de cada límite, no necesita estar sellado, siempre que los puntos de terminación del tubo (conduit) continuo estén en áreas no clasificadas.

b). Clase I, Divisiones 1 y 2. Donde se requieran sellos en los lugares Clase I Divisiones 1 y 2 se debe cumplir con lo siguiente:

1) Accesorios. Los encerramientos para conexiones o equipos deben estar provistos con medios integrales aprobados para sellar o se deben utilizar sellos aprobados para lugares Clase I. Los sellos deben ser accesibles.

2) Compuesto Sellante. El compuesto sellante debe estar aprobado y debe proporcionar un sellamiento contra el paso de gases o vapores a través del sello, no debe verse afectado por las condiciones atmosféricas o por los líquidos y su punto de fusión no debe ser menor a 93°C.

3) Espesor del compuesto sellante. Es un sello completo, el espesor mínimo del compuesto sellante no debe ser menor al diámetro comercial del sello y en ningún caso menor a 16 mm.

4) Empalmes y derivaciones. No se deben hacer empalmes ni derivaciones en los accesorios destinados únicamente para sellamiento con compuesto y los accesorios en los que se hayan hecho empalmes y conexiones no se deben rellenar con sellante.

5) Ensamblajes. En un ensamble donde algún equipo que pueda producir arcos, chispas, o altas temperaturas, esté localizado en un compartimento separado de otro donde haya empalmes y derivaciones, y un sello integral es provisto donde los conductores pasan de un compartimento a otro, el ensamble completo debe estar aprobado para áreas Clase I. En áreas Clase I, División 1, deben proveerse sellos en las entradas de tubo (conduit) a compartimentos que tengan empalmes o derivaciones, cuando sea requerido por la Sección 5.1.2.3.(a) (1)(b) anterior.

6) Por ciento de ocupación de cables. El área de la sección transversal de los conductores permitidos en un sello, no debe exceder del 25% del área de la sección transversal interior del tubo (conduit) del mismo tamaño nominal a menos que sea específicamente aprobado para porcentajes de ocupación mayores.

c) Sellado de cables en áreas Clase I, División 1. En áreas Clase I, División 1, el sellado de cables debe ser localizado como se indica a continuación:

1. El cable debe ser sellado en todas sus terminales. El sello debe cumplir con (c) anterior. Los cables multiconductores tipo MC con cubierta continua de aluminio corrugado hermético a gas y a vapor y cubierta exterior de material polimérico adecuado, deben ser sellados con un accesorio aprobado después de ser removida la cubierta y cualquier otro recubrimiento, a fin de que el compuesto sellador rodee cada conductor individualmente aislado, de tal manera que minimice el paso de gases y vapores.

Excepción: No se requiere remover el material de la pantalla de los cables con pantalla, ni la separación de los pares en cables con pares torcidos, siempre y

cuando la terminación esté hecha por medios aprobados para reducir al mínimo la entrada de gases o vapores y evitar la propagación de la llama dentro del núcleo del cable.

2. Los cables con cubierta hermética a gas y a vapor, capaz de transmitir gases o vapores a través del núcleo del cable, se deben sellar en el área peligrosa División 1, después de retirar la cubierta y cualquier otro recubrimiento de manera que el compuesto sellador cubra a cada conductor individual, así como a la cubierta exterior del conjunto.

Excepción: Los cables multiconductores con cubierta continua hermética a gas y vapor capaces de transmitir gases o vapores a través del núcleo del cable pueden permitirse y considerarse como un solo conductor por el sello del cable en la tubería dentro de 45 cm de la caja y de la terminación del cable con la caja, por los medios aprobados para minimizar la entrada de gases o vapores y evitar la propagación de la flama dentro del núcleo del cable o por otros métodos aprobados. Para cables con pantalla y cables con pares torcidos, no se requiere remover el material de la pantalla o separar los pares del cable.

3) Cada cable multiconductor en tubo (conduit) debe ser considerado como un conductor sencillo si el cable es incapaz de transmitir gases o vapores a través del núcleo del cable. Estos cables deben sellarse de acuerdo con lo indicado en el inciso (a) anterior.

d) Drenado

1. Equipo de control. Donde exista la posibilidad de que líquidos u otros vapores condensados puedan ser atrapados dentro de envolventes para el equipo de control, o en cualquier punto del sistema de canalización, deben proveerse medios apropiados para evitar la acumulación o para permitir un drenaje periódico de tales líquidos o vapores condensados.

2) Motores y generadores. Donde se juzgue que existe la posibilidad de que se produzcan acumulaciones de líquidos u otros vapores condensados dentro de motores o generadores, deben disponerse las uniones y tubo (conduit) de manera que se reduzca al mínimo la entrada de líquido en ellos. Cuando se juzgue necesario, los medios para evitar la acumulación o para permitir un drenaje periódico, éstos deben venir incorporados de fábrica y se consideran como parte integral de la máquina.

3) Conexiones para bombas selladas, para procesos, o servicio y similares. En las bombas selladas, conexiones para procesos para flujo, presión o análisis de medida y similares, que tienen un solo sello de compresión, diafragma o tubo para evitar que los fluidos combustibles o inflamables entren a la canalización eléctrica o sistemas de cables de la instalación eléctrica, capaces de transmitir fluidos, debe instalarse un sello o una barrera u otro medio adicional aprobado para evitar que los fluidos combustibles o inflamables entren a la canalización eléctrica, o sistemas de cables, más allá de los dispositivos o medios adicionales, si falla el sello primario.

El sello adicional aprobado o la barrera y la envolvente de conexión deben reunir las condiciones de temperatura y presión a las cuales están sujetas en caso de falla del sello primario, a menos que se proporcionen otros medios aprobados para cumplir el propósito anterior.

Deben proveerse los drenes, respiraderos u otros medios, de manera que las fugas del sello primario sean evidentes.

NOTA: Véanse notas en 5.1.2.5.

5.1.2.6 Desconectores, interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los desconectores, interruptores automáticos, controladores de motores y los fusibles, incluyendo las

estaciones de botones, relevadores y dispositivos similares deben estar en envolventes y, en cada caso el conjunto de la envolvente y los aparatos encerrados, deben estar aprobados como un ensamble completo para uso en áreas Clase I.

1) Tipo requerido. Los medios de desconexión, controladores de motores e interruptores automáticos, destinados para interrumpir la corriente eléctrica durante su funcionamiento normal, deben estar contenidos en envolventes aprobados para áreas Clase I, División 1, de acuerdo con lo indicado en 5.1.2.3. (a), a menos que se instalen en envolventes de uso general y aplique cualquiera de las siguientes condiciones:

(a) La interrupción de la corriente eléctrica ocurra dentro de la cámara herméticamente sellada que evite la entrada de gases y vapores.

(b) Los contactos de cierre o apertura sean de uso general y estén sumergidos en aceite por lo menos 5 cm, para los de potencia, y 2,5 cm para los de control.

(c) La interrupción de corriente eléctrica ocurra dentro de una cámara a prueba de explosión sellada de fábrica, aprobada para esa área.

(d) El dispositivo sea de estado sólido y el control de interrupción no tenga contactos, donde la temperatura superficial no exceda 80% la temperatura de ignición (°C) del gas o vapor involucrado.

2) Desconectores, separadores (de aislamiento). Pueden instalarse en envolventes de uso general, los desconectores con o sin fusibles y los fusibles y los desconectores separadores para transformadores o para bancos de capacitores que no estén destinados para interrumpir la corriente eléctrica durante el funcionamiento normal para el cual han sido instalados.

3) Fusibles. Los fusibles de cartucho o de tapón para la protección de motores, aparatos, lámparas y otros dispositivos como los que se indican en (b)(4)

siguiente, pueden utilizarse si se colocan en envolventes aprobados para el área donde se instalen. También pueden utilizarse fusibles en envolventes de uso general, si están aprobados para el uso y son del tipo en el cual el elemento de operación se encuentra sumergido en aceite u otro líquido aprobado, o si el elemento de operación está encerrado en una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases y vapores o el fusible es del tipo limitador de corriente eléctrica, con filamento inmerso en arena y sin indicador.

4) Fusibles internos para luminarios. Se permiten los fusibles de cartucho aprobados, como protección suplementaria dentro de los luminarios.

5.1.2.7 Transformadores de control y resistencias.

Los transformadores, bobinas de impedancia y resistencias utilizados como, o en conjunto con equipos de control para motores, generadores y aparatos, deben cumplir con (a) y (b) siguientes:

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los transformadores, bobinas de impedancia y resistencias, así como cualquier mecanismo de desconexión asociado con ellos, deben estar contenidos en envolventes aprobadas para áreas Clase I, División 1, de acuerdo con lo indicado en 5.1.2.3.(a).

5.1.2.8 Motores y generadores

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los motores, generadores y demás maquinarias eléctricas rotatorias deben cumplir con cualquiera de las siguientes condiciones:

(1) Aprobados para áreas Clase I, División 1.

(2) De tipo completamente cerrado y con ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio y con descarga a un área segura, dispuesta para impedir que la máquina se energice hasta que la ventilación haya sido estabilizada y la

envolvente haya sido purgada con aire limpio por al menos diez veces el volumen del aire y con un dispositivo que desenergice el equipo automáticamente en caso de falla del sistema de ventilación.

(3) De tipo totalmente cerrado lleno de gas inerte con una fuente adecuada y segura de gas inerte para presurizar la envolvente, suministrada con dispositivos para asegurar una presión positiva en la envolvente y con un dispositivo que desconecte el equipo automáticamente si falla la alimentación del gas.

(4) De un tipo diseñado para estar inmerso en un líquido que sólo es inflamable en caso de estar vaporizado y mezclado con el aire, o en un gas o vapor a una presión mayor que la atmosférica y el cual sólo es inflamable cuando se mezcla con aire; la máquina debe estar dispuesta para impedir que se energice mientras no haya sido purgada con el líquido o gas para sacar el aire y se desenergice automáticamente el equipo, en caso de falla de suministro del líquido, gas o vapor y cuando la presión de éstos se reduzca hasta la atmosférica.

Los motores totalmente cerrados de los tipos (2) y (3) no deben tener ninguna superficie externa a una temperatura de operación mayor que 80% la temperatura de ignición en grados Celsius (°C), del gas o vapor involucrado. Deben proporcionarse dispositivos apropiados para detectar cualquier incremento de temperatura del motor más allá del límite de diseño y que desenergicen automáticamente al motor o hagan operar una alarma adecuada. El equipo auxiliar debe ser del tipo aprobado para el área en la cual es instalado.

NOTA 1: Para información adicional sobre el procedimiento de prueba de motores, véase el Anexo 1.

NOTA 1: Es importante considerar la temperatura de superficies internas y externas que puedan estar expuestas a atmósferas inflamables.

NOTA 3: Es importante considerar el riesgo de ignición debido a las corrientes de arqueo eléctrico a través de discontinuidades y de sobrecalentamiento de las

partes en envolventes de sección múltiple de los motores y generadores de gran capacidad. Tales motores y generadores pueden requerir puentes de unión equipotenciales entre las uniones de la envolvente y de la envolvente a tierra. Cuando la presencia de gases o vapores incendiables estén en suspensión, puede ser necesario purgar con aire limpio antes y durante los periodos de arranque.

5.1.2.9 Luminarios.

Los luminarios deben cumplir con (a) o (b) siguientes:

a) Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, los luminarios deben cumplir con lo siguiente:

1) Luminarios aprobados. Cada luminario debe estar aprobado como un ensamble completo para áreas Clase I, División 1, y tener claramente marcada la potencia máxima de las lámparas, en watts, para las cuales están aprobadas. Los luminarios portátiles deben aprobarse específicamente como un ensamble completo para este uso.

2) Daño físico. Cada luminario debe protegerse contra daño físico por medio de una guarda adecuada o por su propia ubicación.

3) Luminarios colgantes. Los luminarios colgantes deben suspenderse y alimentarse por medio de tramos de tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado y las uniones roscadas debe llevar tornillos de fijación (prisioneros) u otros medios efectivos para impedir que se aflojen. Los tubos de longitud mayor que 30 cm deben fijarse de manera efectiva y permanente para impedir desplazamientos laterales con medios efectivos a no más de 30 cm por arriba del extremo inferior del tramo del tubo, o bien se les debe dar la flexibilidad necesaria por medio de un accesorio o conector flexible aprobado para áreas Clase I, División 1, colocado a no más de 30 cm del punto de sujeción a la caja o al accesorio de soporte.

4) Soportes. Las cajas, ensambles de cajas o accesorios utilizados para el soporte de luminarios deben estar aprobados para áreas Clase I.

5.1.2.10 Equipo de utilización

Los equipos de utilización para lugares Clase I, División 1. En las áreas Clase I, División 1, todo equipo de utilización debe estar aprobado para uso en áreas Clase I, División 1.

Los motores de accionamiento de equipo de utilización deben cumplir con lo indicado en 5.1.2.8.(b).

Los desconectadores, interruptores automáticos y fusibles. Los desconectadores, interruptores automáticos y fusibles deben cumplir con lo indicado en 5.1.2.6. (b).

5.1.2.11 Cordones flexibles Clase I, Divisiones 1 y 2.

Se permite el uso de cordones flexibles para hacer conexiones entre luminarios portátiles y otros equipos portátiles de utilización a la parte fija de su circuito de alimentación. Se permite el uso de cordones flexibles en aquella sección del circuito donde los métodos fijos de instalación indicados en 501-4(a) no pueden proporcionar el grado de movimiento necesario para equipo eléctrico de utilización fijo y móvil, en un establecimiento industrial donde las condiciones de mantenimiento y servicio de ingeniería aseguren que únicamente personal calificado instala y da servicio a las instalaciones, y el cordón flexible es protegido por su ubicación o por guardas para evitar daño. El cordón flexible debe ser continuo. Cuando se use el cordón flexible, debe:

(1) ser de un tipo aprobado para uso extra rudo;

(2) contener adicionalmente a los conductores del circuito, un conductor de puesta a tierra que cumpla con lo especificado para puesta a tierra.

(3) estar conectado a las terminales o a los conductores de alimentación de manera apropiada;

(4) estar soportado por abrazaderas u otros medios adecuados, de manera que no se ejerza tensión mecánica sobre las terminales de conexión;

(5) estar provisto de sellos adecuados donde el cordón flexible entra a la caja, accesorio o envoltorio del tipo a prueba de explosión.

Excepción: Lo previsto en 5.1.2.3. (b)(6) y 5.1.2.4. (b).

Las bombas eléctricas sumergibles que tienen medios de extracción, sin entrar al foso húmedo, deben considerarse equipo de utilización portátil. Se permite la extensión del cordón flexible dentro de una canalización adecuada entre el foso húmedo y la fuente de alimentación. Los mezcladores eléctricos diseñados para entrar y salir de tanques de mezclado de tipo abierto o tinas, deben ser considerados equipo portátil de utilización.

NOTA: Véase la Sección 5.1.2.3. para cordones flexibles expuestos a líquidos que tengan un efecto deteriorante sobre el aislamiento del conductor.

5.1.2.12 Receptáculos y clavijas, Clase I, Divisiones 1 y 2.

Los receptáculos y clavijas deben ser de un tipo que provean la conexión al conductor de puesta a tierra de un cordón flexible y debe estar aprobado para el área.

Excepción: Como es previsto en la Sección 5.1.2.3. (b) (6).

5.1.2.13 Aislamiento de los conductores, Clase I, Divisiones 1 y 2.

Cuando los vapores o líquidos condensados puedan depositarse sobre el aislamiento de los conductores, o entren en contacto con él, dicho aislamiento debe ser del tipo aprobado para dichas condiciones, o estar protegido por una

cubierta de plomo u otro medio aprobado. El aislamiento de los conductores debe ser aprobado como resistente a la gasolina y al aceite.

5.1.2.14 Sistemas de señalización, alarmas, control remoto y comunicaciones

En las áreas Clase I, División 1, todos los aparatos y equipos de los sistemas de señalización, alarmas, control remoto y comunicaciones, cualquiera que sea su tensión, deben estar aprobados para áreas Clase I, División 1 y todo el alambrado debe cumplir con lo indicado en las Secciones 5.1.2.4.(a) y 5.1.2.5.(a) y 5.1.2.5.(c).

Excepción: Se permiten envolventes de uso general si los contactos de interrupción de corriente eléctrica son alguno de los siguientes:

- a. Sumergidos en aceite; o
- b. Encerrados en cámaras herméticamente selladas contra la entrada de gases o vapores; o
- c. En circuitos no incendiarios; o
- d. Parte de un componente no incendiario aprobado.

3) Protecciones. Se deben proveer envolventes para los dispositivos de protección contra descargas por rayos. Se permite que tales envolventes sean del tipo de uso general.

4) Alambrado y sellado. Todo el alambrado debe cumplir con las Secciones 5.1.2.4. (b) y 5.1.2.5. (b) y 5.1.2.5.(c).

5.1.2.15 Partes vivas, Clase I, Divisiones 1 y 2.

No debe haber partes eléctricamente vivas al descubierto.

5.1.2.16 Puesta a tierra, Clase I, Divisiones 1 y 2.

El alambrado y equipo para áreas Clase I, Divisiones 1 y 2, deben ponerse a tierra y con los incisos siguientes:

a) Unión. Para propósitos de unión no se debe depender de contactos con conector, tuerca y contratuerca, sino que se deben usar puentes de unión con accesorios adecuados u otros medios de unión aprobados. Tales medios de unión se deben aplicar a todas las canalizaciones, accesorios, cajas, envolventes y similares que intervengan entre las áreas Clase I y el punto de puesta a tierra para el equipo de acometida o el punto de puesta a tierra de un sistema derivado separadamente.

Excepción: Los medios específicos de unión solamente se requieren en el punto de puesta a tierra del medio de desconexión del edificio, considerando que la protección de los circuitos derivados está localizada en el lado de los medios de desconexión de la carga.

Nota: Para un sistema de puesta a tierra, el punto de puesta a tierra mencionado en la excepción es el punto donde el conductor del circuito de puesta a tierra es conectado al electrodo del conductor de puesta a tierra.

b) Tipos de conductores para puesta a tierra de equipo. Cuando se utilice tubo (conduit) metálico flexible o metálico flexible hermético a los líquidos como se permite en 5.1.2.4.(b), y se dependa de ellos para completar una trayectoria exclusiva para puesta a tierra de equipo, deben ser instalados con puentes de unión internos o externos en paralelo con cada tubo (conduit).

5.1.2.17 Apartarrayos

Los apartarrayos para lugares Clase I, División 1 incluyendo su instalación y conexión deben cumplir con el Artículo 280 (Numeración original de la Norma Oficial Mexicana) . Los apartarrayos y capacitores deben instalarse en envolventes

aprobadas para áreas Clase I, División 1. Los capacitores para protección de picos deben ser del tipo diseñado para el servicio específico.

5.1.2.18 Circuitos derivados multiconductores.

No se permiten en áreas Clase I, División 1, circuitos derivados multiconductores.

Excepción: Cuando el dispositivo de desconexión para el circuito, abre todos los conductores de fase del circuito multiconductor simultáneamente.

5.1.3. Áreas Clase I, Zonas 0, 1 Y 2

5.1.3.1. Alcance:

Este Artículo cubre los requisitos para el sistema de clasificación por zonas, como una alternativa al sistema de clasificación por divisiones tratado en el Artículo 500, para equipo eléctrico y electrónico y alambrado en todas las tensiones en áreas clasificadas como peligrosas de Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2, en donde puede existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores o líquidos inflamables.

Nota: Véase los Artículos 5.1.1.y 5.1.2.para los requisitos de equipo eléctrico y electrónico y alambrado para todas las tensiones en áreas clasificadas como peligrosas de Clase I, Divisiones 1 o 2; Clase II, Divisiones 1 o 2; y Clase III, Divisiones 1 o 2, en donde puede existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores o líquidos inflamables, polvos o fibras combustibles.

5.1.3.2. Otros Artículos:

Todas las demás reglas aplicables contenidas en esta norma deben aplicarse al alambrado y equipo eléctrico instalados en áreas clasificadas como peligrosas.

5.1.3.3. Áreas y requisitos generales:

(a) Clasificación de áreas. Las áreas deben clasificarse dependiendo de las propiedades de los vapores, gases o líquidos inflamables que pueden estar presentes y de la posibilidad de que esté presente una concentración o cantidad inflamable o combustible. Donde solamente se usan o manipulan materiales pirofóricos, estas áreas no deben ser clasificadas. Cada cuarto, sección o superficie debe considerarse individualmente para determinar su clasificación.

NOTA 1: Véase la Sección 5.1.3.6. para las restricciones sobre clasificación de áreas.

NOTA 2: Aplicando el ingenio en el diseño de las instalaciones eléctricas de las áreas peligrosas (clasificadas), con frecuencia puede ubicarse la mayor parte de los aparatos en áreas menos peligrosas o no peligrosas, y así reducir el número de equipos especiales necesarios.

(b) Roscado. Todos los tubos (conduits) roscados de los que trata esta Sección deben tener rosca normalizada NPT hecha con dado de tarraja que produzca una conicidad de 1 a 16 (0,625 mm por cada centímetro). Estos tubos (conduits) deben apretarse firmemente con llave para evitar las chispas cuando a través del sistema de tubos (conduits) fluya una corriente de falla y asegurar la integridad a prueba de explosiones o llamas del sistema de tubo (conduit), donde sea aplicable. El equipo provisto de entradas roscadas para conexiones de alambrado en sitio se debe instalar de acuerdo con los siguientes (1) o (2):

(1) Equipo dotado con entradas roscadas para accesorios o tubo (conduit) con rosca NPT. Para equipos provistos con entradas roscadas para tubo (conduit) o accesorios con roscas tipo NPT se debe utilizar tubo (conduit), accesorios para tubo (conduit) o accesorios para cables, todos ellos aprobados.

(2) Equipo dotado con entradas roscadas para accesorios o tubo (conduit) con rosca métrica. Para estos equipos las entradas se deben identificar como

métricas, o se deben suministrar con el equipo adaptadores aprobados para permitir la conexión a tubo (conduit) o accesorios con rosca NPT. Para la conexión a tubo (conduit) o accesorios con rosca NPT, se deben usar adaptadores. Se permitirá usar accesorios para cable aprobados que tengan rosca métrica.

NOTA: Para información adicional del roscado para las entradas de roscas métricas, véase el apéndice B2.

5.1.3.4. Técnicas de protección:

A continuación se indican las técnicas de protección aceptables para los equipos eléctricos y electrónicos instalados en áreas peligrosas (clasificadas).

NOTA: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 0, 1, véase el Anexo 1.

(a) A prueba de flama "d". Se permitirá aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en áreas Clase I, Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: A prueba de flama es un tipo de protección de equipo eléctrico en el cual la envolvente soportará sin sufrir daño y sin causar ignición, una explosión interna de una mezcla inflamable que ha penetrado a su interior a través de cualquier junta o abertura estructural en la envolvente, de una atmósfera explosiva externa compuesta de uno o más gases o vapores para los cuales se ha diseñado.

NOTA 2: Para información adicional para aparatos utilizados en áreas Clase I, Zona 1 y 2, véase el Anexo 1.

(b) Purgado y presurizado. Se permite aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en áreas Clase I Zonas 1 o 2 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: En algunos casos los riesgos se pueden reducir, o las áreas (clasificadas) peligrosas se pueden limitar o eliminar, mediante una adecuada

ventilación con presión positiva desde una fuente de aire limpio, junto con otros medios de seguridad eficaces en caso de que la ventilación falle.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos con envolventes purgadas y presurizadas, tipo X, Y, Z, véase el Anexo 1.

NOTA 3: El presurizado "p" es un tipo de protección de equipo eléctrico que utiliza la técnica de protección contra el ingreso de atmósferas externas, que pueden llegar a ser explosivas, dentro de un envoltorio, manteniendo un gas de protección en su interior a una presión superior a la de la atmósfera externa.

(c) Seguridad intrínseca. Se permitirá aplicar esta técnica de protección a los equipos instalados en áreas Clase I Zonas 0 o 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: La Seguridad Intrínseca se designa como tipo de protección "ia " por la normativa internacional para uso en áreas de Zona 0. La Seguridad Intrínseca se designa como tipo de protección "ib " por la normativa internacional para uso en áreas de Zona 1.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos intrínsecamente seguros "i" y aparatos asociados, véase el Apéndice B2.

NOTA 3: Un aparato asociado intrínsecamente seguro, designado como [ia] o [ib], se conecta a un equipo intrínsecamente seguro ("ia " o "ib" respectivamente), pero se ubica fuera del área (clasificada) peligrosa a menos que también esté protegido por otro tipo de protección (como por ejemplo a prueba de flama).

(d) Tipo de Protección "n.". Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos instalados en áreas Clase I Zona 2 para los cuales aquéllos estén aprobados. El tipo de protección "n," también se subdivide en nA, nC y nR.

NOTA 1: Véase la Tabla 3 del capítulo 3 de éste libro para la descripción de las subdivisiones del tipo de protección "n".

NOTA 2: El tipo de protección "n" es un tipo de protección aplicada a equipo eléctrico tal que, en operación normal, el equipo eléctrico no tenga capacidad para encender una atmósfera explosiva de gas circundante y no haya posibilidad de que ocurra una falla capaz de causar ignición.

NOTA 3: Para información adicional sobre aparatos para atmósferas con gases explosivos, tipo de protección "n", véase el Anexo 1.

(e) Inmersión en aceite "o.". Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en áreas Clase I Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: La inmersión en aceite es un tipo de protección en la cual el equipo eléctrico o partes de él, están sumergidos en un líquido de protección de manera tal que una atmósfera explosiva, que pueda estar sobre el líquido o fuera de la envolvente, no se pueda encender.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 1, tipo de protección inmersión en aceite "o", véase el Apéndice B2.

(f) Seguridad aumentada "e.". Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en áreas Clase I, Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: La seguridad aumentada es un tipo de protección aplicada a equipo eléctrico que no produce arcos o chispas en servicio normal y bajo condiciones anormales específicas, en el cual se aplican medidas adicionales para incrementar la seguridad contra la posibilidad de temperaturas excesivas y de la ocurrencia de arcos y chispas.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 1, tipo de protección seguridad aumentada "e", véase el Apéndice B2.

(g) Encapsulado "m". Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en áreas Clase I Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: El encapsulado es un tipo de protección en el cual las partes que podrían encender una atmósfera explosiva, tanto por chispa como por calentamiento, están encapsuladas en un compuesto, de modo tal que esta atmósfera explosiva no pueda ser encendida.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 1, tipo de protección encapsulado “m”, véase el Anexo 1.

(h) Relleno con polvo "q.". Se permite aplicar esta técnica de protección a equipos en áreas Clase I Zona 1 para los cuales estén aprobados.

NOTA 1: El relleno con polvo es un tipo de protección en el cual las partes capaces de encender una atmósfera explosiva están fijadas en una posición y completamente rodeadas por un material de relleno (polvo de vidrio o cuarzo) para evitar el encendido de una atmósfera explosiva externa.

NOTA 2: Para información adicional sobre aparatos para uso en áreas Clase I, Zona 1, tipo de protección relleno con polvo “q”, véase el Anexo 1.

5.1.3.5. Referencias.

NOTA 1: Para la evaluación de la conformidad de esta norma los evaluadores deben estar familiarizados con la experiencia de la industria y con las normas aplicables a la clasificación de las distintas áreas, a la determinación de la ventilación adecuada y a la protección contra los riesgos producidos por la electricidad estática y los rayos.

NOTA 2: Para información adicional sobre la clasificación de áreas peligrosas, clasificación de materiales inflamables y requisitos de instalaciones que por su naturaleza son áreas peligrosas (clasificadas); véase el Anexo 1.

NOTA 3: Para información adicional sobre la clasificación protección contra riesgos producidos por la electricidad estática y las descargas atmosféricas en áreas peligrosas (clasificadas); véase el Anexo 1.

NOTA 4: Para información adicional sobre la clasificación ventilación en áreas peligrosas (clasificadas); véase el Anexo 1.

NOTA 5: Para información adicional sobre la clasificación sistemas eléctricos para áreas peligrosas (clasificadas) en plataformas marinas petroleras y de gas; véase el véase el Anexo 1.

5.1.3.6. Precaución especial.

El Artículo 5.1.3.exige una construcción e instalación de los equipos que garanticen un desempeño seguro bajo condiciones apropiadas de uso y mantenimiento.

Nota 1: Es importante que la unidad de verificación y los usuarios presten mayor atención de la usual con respecto a la instalación y mantenimiento del equipo eléctrico en áreas (clasificadas) peligrosas.

NOTA 2: Las bajas condiciones ambientales requieren consideración especial. El equipo eléctrico que depende de las técnicas de protección descritas en la Sección 5.1.3.4.(a), es posible que no sea adecuado para uso a temperaturas inferiores a -20°C, a menos que esté aprobado para uso a esas bajas temperaturas.

No obstante, es posible que a bajas temperaturas del ambiente no se produzcan concentraciones inflamables de vapores en áreas Clase I Zonas 0, 1 o 2 a temperatura ambiente normal.

(a) Supervisión de trabajos. La clasificación de áreas, selección de equipos y métodos de alambrado deben estar bajo la supervisión de una persona calificada.

(b) Clasificación dual. En casos de áreas dentro de la misma instalación clasificada separadamente, se permite que las áreas Clase I Zona 2, linden, pero no se traslapen, con áreas Clase I, División 2. Las áreas Clase I Zonas 0 o 1 no deben lindar con áreas Clase I Divisiones 1 o 2.

(c) Reclasificación permitida. Se permite que un área Clase I Divisiones 1 o 2 se reclasifiquen como área Clase I Zona 0, 1 o 2, siempre y cuando todo el espacio que está clasificado debido a la presencia de una fuente de un solo gas o vapor inflamable sea reclasificado bajo los requisitos de este Artículo.

5.1.3.7. Agrupación y clasificación.

Para efectos de las pruebas, aprobación y clasificación por áreas, las distintas mezclas de aire (en atmósferas no enriquecidas con oxígeno) se deben agrupar como se indica en (a), (b) y (c) a continuación:

Nota 1: El Grupo I está destinado para uso en tipos de atmósferas que contienen grisú (una mezcla de gases, compuesta principalmente por metano, que se encuentra bajo tierra, usualmente en minas). Esta norma no se aplica a instalaciones subterráneas en minas. Véase 1. Objetivo y Campo de Aplicación de esta norma.

El Grupo II se debe subdividir en los subgrupos IIC, IIB y IIA, como se indica en los literales (a) (b) y (c), de acuerdo con la naturaleza del gas o vapor, para técnicas de protección "d,", "ia,", "ib,", "[ia],", e "[ib],", y, donde sea aplicable, "n" y "o".

Nota 2: La subdivisión de gas y vapor como se describe anteriormente se basa en la distancia segura experimental máxima, en la corriente de ignición mínima o en ambas.

Nota 3: Para información adicional sobre el equipo de pruebas para determinar la distancia segura experimental máxima; así como para la clasificación de gases o vapores de acuerdo con su distancia segura experimental máxima y corriente de ignición mínima; véase el Anexo 1.

Nota 4: La verificación del equipo eléctrico que utiliza técnicas de protección "e,", "m,", "p," y "q,", debido a la técnica de diseño, no requiere ensayos que involucren

la distancia segura experimental máxima, o la corriente de ignición mínima. Por tanto, no se requiere subdividir el Grupo II para estas técnicas de protección.

NOTA 5: Es necesario que los significados de los diferentes marcados de equipos y la clasificación del

Grupo II se observen cuidadosamente para evitar confusión con la Clase I, Divisiones 1 y 2, Grupos A, B, C y D.

(a) Grupo IIC. Atmósferas que contienen acetileno, hidrógeno o gases inflamables o vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles mezclados con aire, que pueden arder o explotar, que tienen una distancia segura experimental máxima menor o igual que 0,50 mm, o una relación de corriente de ignición mínima menor o igual que 0,45.

Nota: Este grupo IIC equivale a una combinación de Clase I Grupo A y Clase I Grupo B, como se describió en las Secciones 5.1.1.5. (a) (1) y (a) (2).

(b) Grupo IIB. Atmósferas que contienen acetaldehído, etileno o gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables, o vapores producidos por líquidos combustibles mezclados con aire, que pueden arder o explotar, que poseen una distancia segura experimental máxima mayor que 0,50 mm y menor o igual que 0,90 mm, o una relación de corriente de ignición mínima mayor que 0,45 y menor o igual que 0,80.

Nota: Este grupo IIB equivale al Grupo C de la Clase I, como se ha descrito en la Sección 5.1.1.5. (a)(3).

(c) Grupo IIA. Atmósferas que contienen acetona, amoníaco, alcohol etílico, gasolina, metano, propano o gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables, o vapores producidos por líquidos combustibles mezclados con aire, que pueden arder o explotar, que tengan una distancia segura experimental

máxima superior a 0,90 mm o una relación de corriente de ignición mínima mayor que 0,80.

Nota: Este grupo IIA equivale al Grupo D de la Clase I, como se ha descrito en la Sección 5.1.1.4. (a) (4).

(d) Otros. Se permite que el equipo se apruebe para un gas o vapor específico, mezclas específicas de gases o vapores, o cualquier combinación específica de gases o vapores.

Nota: Un ejemplo común es el equipo marcado para "IIB + H2".

5.1.3.8. Temperatura de Clase I.

El marcado de temperatura especificado en la Sección 5.1.3.10.(b) no debe exceder de la temperatura de ignición del gas o vapor específico que se pueda encontrar.

Nota: Para información adicional relacionada con las temperaturas de ignición de gases y vapores, véase el Anexo 1.

5.1.3.9. Clasificación por zonas.

La clasificación por zonas debe cumplir con lo siguiente:

(a) Clase I Zona 0. Un área Clase I Zona 0 es un área donde:

(1) Están presentes continuamente concentraciones de gases o vapores inflamables; o

(2) Están presentes durante largos periodos de tiempo concentraciones de gases o vapores inflamables.

NOTA 1: Para información adicional para obtener orientación para determinar cuándo hay presencia de gases o vapores inflamables, continuamente o por largos períodos de tiempo, véase el Anexo 1.

NOTA 2: Esta clasificación incluye el interior de tanques o recipientes ventilados que contengan líquidos inflamables volátiles; el interior de cabinas para procesos de rociado o recubrimiento mal ventilados, en los que se utilicen disolventes volátiles inflamables; la parte entre el exterior y el interior del techo de un tanque de techo flotante que contenga líquidos volátiles inflamables; el interior de recipientes, fosas y tanques abiertos que contengan líquidos volátiles inflamables; el interior de un ducto de escape que se utiliza para ventilar concentraciones inflamables de gases o vapores; y el interior de cabinas mal ventiladas que contengan normalmente instrumentos de venteo para el uso o análisis de fluidos inflamables y ventilados al interior de cabinas.

NOTA 3: No se recomienda instalar equipos eléctricos en áreas de la Zona 0, excepto cuando el equipo sea esencial para el proceso o cuando no sean viables otras áreas [véase la Sección 5.1.3.3.(a) NOTA 2]. Si fuera necesario instalar sistemas eléctricos en lugares de Zona 0, se recomienda instalar sistemas intrínsecamente seguros.

(b) Clase I Zona 1. Un área de Clase I Zona 1 es un área:

- (1) En la que es probable que haya concentraciones de gases o vapores inflamables en condiciones normales de operación, o
- (2) En la que frecuentemente puede haber concentraciones de gases o vapores inflamables debido a operaciones de reparación o mantenimiento, o por fugas, o
- (3) En la que se opera equipo o se llevan a cabo procesos de tal naturaleza que la avería u operación defectuosa del equipo podría producir la liberación de concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables y causar además la falla simultánea de los equipos eléctricos, que pueden hacer que el equipo eléctrico se convierta en fuente de ignición, o
- (4) Que es adyacente a un área Clase I, Zona 0, desde la que podrían trasladarse concentraciones inflamables de vapores, excepto si ese traslado se evita mediante

una ventilación forzada (de presión positiva) adecuada desde una fuente de aire limpio y se suministran medios eficaces de protección contra fallas de la ventilación.

NOTA 1: Se consideran como operaciones normales las situaciones en que el equipo de planta opera dentro de sus parámetros de diseño. Las fugas menores de materiales inflamables pueden ser parte de operaciones normales. Las fugas menores incluyen aquellas provenientes de los empaques o sellos mecánicos de las bombas. No se consideran como operaciones normales las fallas que involucran reparación o parada total (como las rupturas de los asientos de las bombas y empaques de las bridas y los derrames producidos por accidentes).

NOTA 2: Esta clasificación incluye normalmente las áreas en las que se traspasan líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables de un recipiente a otro. Las áreas cercanas a las operaciones de aplicación por rociado y pintura, en las que se utilizan disolventes inflamables; los compartimientos o salas de secado adecuadamente ventilados en los que se evaporan disolventes inflamables; los lugares adecuadamente ventilados que contengan equipo de extracción de grasas y aceites que utilicen disolventes volátiles inflamables; las áreas de las plantas de limpieza y tintado que utilizan líquidos inflamables volátiles; los cuartos de generadores a gas ventilados adecuadamente, y otras áreas de las plantas de producción de gas en las que se puedan producir fugas de gases inflamables; los cuartos de bombas de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables que estén inadecuadamente ventilados; el interior de refrigeradores y congeladores en los que se guardan materiales inflamables volátiles en recipientes abiertos, ligeramente tapados o que se puedan romper fácilmente; y todos los demás lugares donde exista la probabilidad de que se produzcan concentraciones combustibles de vapores o gases inflamables durante su operación normal, pero no clasificados como Zona 0.

(c) Clase I Zona 2. Un área de Clase I Zona 2 es un área:

(1) En la que no es probable que haya concentraciones de gases o vapores inflamables en condiciones de operación normales y, si las hay, será durante un corto período de tiempo, o

(2) En la que se manipulan, procesan o utilizan líquidos inflamables volátiles, gases inflamables o vapores inflamables, pero en el cual los líquidos, gases o vapores están normalmente guardados dentro de recipientes cerrados de sistemas cerrados de los que sólo pueden escapar como resultado de una rotura o avería accidental del recipiente o sistema, o como consecuencia de la operación anormal del equipo con el cual los líquidos o gases se manipulan, procesan o utilizan, o

(3) En la que normalmente las concentraciones de gases o vapores inflamables se evitan mediante ventilación mecánica forzada pero que pueden resultar peligrosas como consecuencia de la falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación, o

(4) Que está adyacente a un área Clase I, Zona 1 desde el que podrían trasladarse concentraciones de gases o vapores inflamables, a menos que ese traslado se evite mediante una ventilación forzada de presión positiva adecuada desde una fuente de aire limpio y dotada de medios de protección eficaces contra fallas de la ventilación.

NOTA: La clasificación de la Zona 2 incluye normalmente las áreas donde se utilizan líquidos volátiles inflamables, gases o vapores inflamables pero que resultarían peligrosos sólo en caso de accidente o de alguna condición de operación inusual.

5.1.3.10. Aprobado, marcado y documentación:

(a) Aprobado. Se permite utilizar un equipo aprobado para la Zona 0 en la Zona 1 o Zona 2 para el mismo gas o vapor. Se permite que el equipo que esté aprobado para uso en un área de Zona 1 se utilice en un área de Zona 2 para el mismo gas o vapor.

(b) Marcado. Los equipos se deben marcar como se indica en (1) y (2) a continuación:

(1) Equipo por división. Se permite que el equipo aprobado para Clase I, División 1 o Clase I, División 2, además de estar marcado de acuerdo con la Sección 5.1.1.5.(d), esté marcado con la siguiente información:

(a) Clase I, Zona 1 o Clase I, Zona 2 (según sea aplicable), y

(b) Grupo(s) de clasificación de gas aplicable, de acuerdo con la Tabla 5.1.3.10 (b) (2), y

(c) Clasificación de temperatura de acuerdo con la Sección 5.1.3.10(b)(3).

Para efectos de este proyecto, se enfoca en los lugares clase I, división 1, zona 0 y clase II, división 1, zona 0, grupo F, según la clasificación que se menciona anteriormente.

6. NORMATIVA PERUANA

La minería es uno de los sectores más importantes de la economía peruana, por su naturaleza este sector genera grandes movimientos de capital.

Según el informe económico y comercial elaborado por la oficina económica y comercial de España en Lima, Perú actualizado en Junio del año 2011, se da a conocer mediante un reporte, la contribución que la actividad minera hace al aumento del PIB¹³ de dicho país donde en cifras, dicha actividad tuviera un crecimiento realmente significativo. De los países mencionados, Perú es quien presenta mayores incrementos en volúmenes producidos en los minerales que más aportan a su crecimiento económico¹⁴.

La estructuración en cuanto a normativa que posee Perú es destacable, por lo que se consideró prudente tener en cuenta para esta recopilación.

6.1. NORMA TECNICA USO DE LA ELECTRICIDAD EN MINAS

La Norma técnica Peruana es un documento que establece prescripciones consideradas necesarias para la seguridad de las personas, los animales y los aparatos en el uso de la electricidad.

El Código Nacional de Electricidad no cubre las consideraciones de seguridad, principios generales o requerimientos para el uso de la electricidad en la minería subterránea, de superficie y canteras, por lo que resultó necesario emitir la normatividad correspondiente que a su vez fomente la tecnificación del uso de la electricidad en la actividad minera y promueva condiciones de seguridad.

¹³ Producto Interno Bruto: PIB

¹⁴ http://www.simco.gov.co/simco/Portals/0/Panorama/Proyecciones_PIB_Minero.pdf

También considera disposiciones para la prevención de los peligros de incendios, así como una adecuada operación y mantenimiento de los equipos.

Esta norma fue expedida en el año 2.001, por el ministerio de energía y minas, por medio del Comité Técnico de éste país. La normatividad se aplica a toda nueva instalación. Las instalaciones existentes se adecuarán a esta norma de acuerdo a un plan, y serán evaluadas para determinar la existencia de riesgos que impidan su operación con seguridad, en cuyo caso se deben hacer las modificaciones necesarias.

Tales planos o diagramas estarán siempre disponibles para la autoridad competente y se suministra copia de los mismos cada vez que los requiera.

6.1.1. Generalidades

6.1.1.1. Alcance

Esta sección se aplica a todo tipo de operación minera, a no ser que se especifique de otra manera.

6.1.1.2. Disposiciones diversas

6.1.1.2.1. Desconexión eléctrica de la mina cuando deja de ser operada

Cuando una mina es abandonada o deja de ser operada, deberán tomarse precauciones a fin de no tener circuitos energizados que representen condiciones de riesgo hacia las personas.

6.1.1.2.2. Planos de la mina

- a) En toda mina donde se use electricidad debe haber planos o diagramas que muestren información actualizada que ayude a operar el sistema eléctrico.
- b) Tales planos o diagramas estarán siempre disponibles para la autoridad competente y se suministrará copia de los mismos cada vez que los requiera.

6.1.1.2.3. Supervisión y trabajo

a) Solamente personas autorizadas podrán operar o estar a cargo de aparatos eléctricos en una mina.

b) Las reparaciones, ampliaciones y cambios en las instalaciones eléctricas serán hechos solamente por personal calificado en electricidad.

6.1.1.2.4. Instalaciones temporales

a) Se instalará interruptores en el punto de suministro de toda instalación temporal. Se considerará instalaciones eléctricas temporales a aquellas destinadas a periodos cortos para el mantenimiento y reparación de equipos o estructuras o al traslado de equipos. Sin embargo, tales instalaciones no son sustitutas de instalaciones permanentes y deberán ser retiradas tan pronto como se terminen los trabajos. Estas instalaciones sólo son aceptadas si están preparadas de acuerdo con las condiciones de uso y requerimientos especiales de dichas instalaciones.

b) Toda instalación temporal que no cumpla con esta norma podrá ser usada solamente mientras dure una emergencia, cuando:

- Peligre la vida o la seguridad de la mina esté involucrada;
- Se proporcione supervisión calificada; y,
- Se instalen barreras adecuadas y avisos de advertencia.

6.1.1.2.5. Instalaciones fuera de servicio

a) Se desconectará de su fuente de alimentación toda instalación que esté fuera de servicio o dañada. Todo cable dejado en el lugar tendrá sus puntas aisladas y protegidas; en caso de estar defectuoso será retirado.

b) Toda línea aérea que esté fuera de servicio será desconectada de su fuente de alimentación, aislada y puesta a tierra.

6.1.1.2.6. Trabajos sobre equipos con tensión

- a) Ninguna reparación o modificación podrá llevarse a cabo sobre los equipos con tensión.
- b) No obstante lo indicado en el numeral a), si se requiere hacer ajustes, pruebas y calibraciones – mientras el equipo esté con tensión – se tomará todas las precauciones necesarias para que estas operaciones se realicen en forma segura.

6.1.1.2.7. Bloqueo y etiquetado de interruptores

- a) Se proveerá en cada circuito eléctrico de un sistema de etiquetado y bloqueo de los medios de desconexión.
- b) Los medios de desconexión de una máquina o equipo estarán bloqueados y etiquetados en la posición abierta, mientras se realice trabajos en la máquina o equipo. El dispositivo de bloqueo podrá ser omitido si es que el interruptor automático o los fusibles no están equipados con medios de bloqueo y la tensión a tierra es de 150 V o menos.
- c) Las etiquetas serán de material no conductor cuando sean colocadas sobre los equipos.

6.1.1.2.8. Extintores

- a) Toda sala con equipo eléctrico deberá contar con un extintor.
- b) El extintor mencionado en el numeral anterior debe tener las siguientes características:
 - Debe ser aprobado para uso en fuego de origen eléctrico;
 - Debe estar dimensionado para el tamaño y tipo de equipo;
 - Debe estar localizado a la salida del área; y,
 - Debe estar siempre en condiciones operativas.

6.1.1.2.9. Manual de normas y procedimientos

Todo sistema eléctrico de una mina deberá contar con manuales internos de procedimientos sobre actividades de operación y mantenimiento del sistema eléctrico que se desarrolle en las minas.

6.1.1.3. Métodos de cableado

6.1.1.3.1. Cables

Las cubiertas de los cables no serán pintadas; sin embargo, pueden llevar cubiertas o capas adicionales de protección contra el fuego.

6.1.1.3.2. Cables portátiles de potencia (arrastre)

a) Los cables portátiles de potencia que operen a tensiones que excedan los 300 V seguirán los numerales b, c y d de esta norma.

b) Los cables portátiles de potencia serán fabricados de acuerdo a la norma NEMA¹⁵ No WC-58 o similar.

c) Los cables portátiles de potencia que operen a tensiones que excedan los 750 V serán de los tipos SHD, SHD-GC o similares. (Ver figura 1)

d) La capacidad de corriente de los cables portátiles de potencia deberá exceder la máxima demanda de la carga conectada (en el intervalo de 15 minutos).

e) Al poner a tierra las carcazas de los equipos (que se alimentan desde sistemas puestos a tierra a través de resistencia), el conductor de monitoreo de tierra y el conductor de tierra formarán un lazo de monitoreo al conectarse a la estructura de

¹⁵Portable and power feeder cables for use in mines and similar applications: NEMA. Resolution WC-58, 4 August 2008. NEMA Publishes.

un equipo en dos puntos diferentes, de tal manera que se incluya la armadura del equipo en el lazo de monitoreo de tierra.

6.1.1.3.3. Separación de seccionadores:

Cuando grupos de seccionadores sean instalados uno al lado de otro, se dispondrá de medios que identifiquen a estos a fin de evitar que seccionadores de circuitos diferentes sean abiertos.

6.1.1.3.4. Suministro de corriente alterna a equipos eléctricos móviles:

La alimentación eléctrica a un equipo eléctrico móvil tendrá una protección de falla a tierra y un sistema de monitoreo del conductor de tierra.

6.1.1.3.5. Cableado en polvorines

6.1.1.3.5.1. Disposición general

Todo equipo eléctrico instalado en lugares de almacenamiento de explosivos o detonadores debe cumplir con los requerimientos correspondientes a la clasificación Clase II, División 2, de lugares peligrosos del Código Nacional de Electricidad.

6.1.1.3.5.2. Ubicación de polvorines

Los polvorines en superficie deben estar ubicados, en forma adyacente, como mínimo a 60 m de las líneas eléctricas aéreas y, como mínimo a 100 m de subestaciones eléctricas.

6.1.1.3.5.3. Protección contra descargas atmosféricas

Las líneas eléctricas aéreas que alimentan a polvorines deben estar protegidas contra descargas atmosféricas en caso existan en la zona.

6.1.1.3.5.4. Líneas aéreas de alimentación

- a) Toda línea de alimentación eléctrica aérea será instalada de acuerdo con lo dispuesto en el Código Nacional de Electricidad.
- b) Ningún equipo o material debe ser almacenado dentro de:
- Los 3 m de cualquier punto directamente debajo de una línea de alimentación eléctrica o una parte energizada expuesta con una tensión 5 kV o menos; o,
 - Los 15 m de cualquier punto directamente debajo de una línea de alimentación eléctrica o una parte energizada expuesta con una tensión encima de los 5 kV.
- c) Las distancias de aislamiento mínimas para el desplazamiento de vehículos o máquinas debajo o en las proximidades de líneas eléctricas aéreas serán de acuerdo a la tabla N° 2 de esta norma.
- d) Las distancias especificadas en el numeral c) no están previstas para el movimiento de grúas, palas y perforadoras. Los numerales e) y f) están relacionados al movimiento de equipos especiales debajo y a lo largo de líneas aéreas energizadas de suministro y no debe entenderse como un procedimiento para trabajar en la vecindad de líneas energizadas.
- e) Cuando tenga que moverse un equipo especial y se encuentre que las distancias mínimas especificadas en la tabla N° 3: "Espaciamientos mínimos para el movimiento de equipos" no puedan cumplirse, las líneas de suministro deberán ser desenergizadas, aisladas y puestas a tierra por personal calificado en electricidad.
- f) El personal involucrado en el movimiento de equipos especiales en la vecindad de líneas aéreas energizadas minimizará el peligro de descarga eléctrica por contacto accidental. Dichos movimientos serán considerados dentro de los procedimientos internos de seguridad de la empresa.

6.1.1.4. Instalación de equipos

6.1.1.4.1. Medios de desconexión del tipo apertura visible

a) En todos los circuitos que operen a tensiones que excedan los 300 V se instalará medios de desconexión del tipo apertura visible u otros que indiquen que los contactos estén abiertos y deberán localizarse tan cerca como sea posible al punto de suministro.

b) No obstante los requerimientos del numeral a), se permitirá interruptores automáticos de caja moldeada sin apertura visible, siempre y cuando se tomen medidas para asegurar que todas las fases estén abiertas.

6.1.1.4.2. Tomacorrientes

Todos los tomacorrientes en duchas o áreas de lavado deberán cumplir lo previsto por el Código Nacional de Electricidad.

6.1.1.4.3. Equipos móviles

Las perforadoras, compresoras superiores a los 40 HP, perforadoras del tipo “*raiseborer*”, equipos de profundización de piques y bombas sumergibles, que operen atensiones por encima de los 300 V y estén conectados a una fuente de tensión con un cable portátil de potencia deberán:

- Usar cables portátiles de potencia que cumplan con los requerimientos de la norma NEMA No WC 58 y serán de los tipos SHC-GC, SHD-GC o similares;
- Tener una protección de falla a tierra y un monitoreo del conductor de tierra en el lado de la fuente; o el equipo móvil estará unido a la red de tierra usando un conductor externo de capacidad equivalente a los conductores de tierra del cable portátil de potencia; y,
- Donde sea practicable, no estar sujeto a tensiones de falla a tierra que excedan los 100 V (Ver apéndice A, Anexo1)

6.1.1.4.4. Acopladores de cables

Los acopladores de cables que se usen para unir cables portátiles de potencia que operen a tensiones que excedan los 300 V deberán tener:

- a) Un dispositivo de sujetamiento mecánico, para unir el acoplador de cable, con una resistencia a la tracción mayor que el de los cables portátiles de potencia;
- b) Dispositivos liberadores de esfuerzo adecuados para el cable portátil de potencia;
- c) Medios para prevenir el ingreso de humedad;
- d) Una disposición de pines de modo 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.

6.1.1.4.5. Sistemas de fajas (bandas) transportadoras

- a) Toda sección accesible de una faja transportadora accionada eléctricamente deberá tener un cordón de seguridad que se extienda a lo largo de la sección y que esté dispuesto de tal manera que pare la faja en caso de emergencia. El interruptor operado por el cordón de seguridad será de reposición manual.
- b) Una faja transportadora usada en mina subterránea o una faja transportadora de más de 15 m de longitud instalada en un edificio u otra estructura cerrada tendrá un dispositivo de detección para parar el motor en el caso de que la faja se obstruya o se desvíe.
- c) Cuando la faja transportadora se arranque automáticamente o cuando una parte de ésta no sea visible para el operador, la faja tendrá un dispositivo de alarma previo al momento del arranque.

6.1.1.5. Protección y control

6.1.1.5.1. Enclavamiento en los dispositivos de seccionamiento

- a) Todo seccionador debe estar mecánica o eléctricamente enclavado con un interruptor.
- b) Donde no sea práctico cumplir con el numeral a), los dispositivos estarán clara y permanentemente marcados para indicar que ellos son sólo para abrir sin carga.

6.1.1.5.2. Protección y control de transformadores

Se instalará medios de desconexión adecuados en el circuito primario de cada transformador de potencia y distribución o en cada banco de transformadores que opere como una unidad. También serán instalados medios de desconexión en el lado secundario de cada transformador cuando los transformadores operen en paralelo para alimentar a un solo circuito.

6.1.1.5.3. Prueba y calibración de los dispositivos de protección

Excepto para los fusibles, los dispositivos de protección para instalaciones que operen a tensiones que excedan los 750 V serán probados para determinar que los dispositivos protejan al equipo contra operaciones que excedan su capacidad de diseño. Estas pruebas serán realizadas antes de su uso inicial y después de cada 3 años de uso y los resultados serán registrados en un libro de ocurrencias.

6.1.1.5.4. Protección de falla a tierra

Para el propósito de esta norma, la protección de falla a tierra requiere que el suministro sea:

- a) Puesto a tierra a través de un dispositivo de puesta a tierra del neutro, que limite la tensión de falla a tierra a 100 V o menos; y,

b) Desenergizado, si la corriente de falla a tierra excede el 20% de la corriente de falla esperada. (Ver apéndice A)

6.1.1.5.5. Monitoreo del conductor de tierra

Para los propósitos de esta norma, el monitoreo del conductor de tierra requiere que la fuente sea desenergizada por un circuito a prueba de fallas en el caso que:

- a) El conductor de chequeo de tierra interrumpa el circuito;
- b) El retorno de tierra interrumpa el circuito; o,
- c) El conductor de chequeo de tierra se cortocircuite a tierra.

Un sistema de monitoreo del conductor de tierra tendrá una tensión a circuito abierto menor que 100 V e indicará permanentemente la continuidad del circuito de tierra.

6.1.1.6. Puesta a tierra

6.1.1.6.1. Dispositivos de puesta a tierra del neutro.

Los dispositivos de puesta a tierra del neutro deben ser:

- a) Dimensionados para funcionamiento continuo, excepto cuando se provea un dispositivo de disparo de falla a tierra;
- b) Monitoreados de tal manera que desenergice la fuente si el dispositivo de puesta a tierra del neutro se abre; y,
- c) Conectados tan cerca como sea práctico al neutro de la fuente.

6.1.1.6.2. Indicación de falla a tierra

- a) En casos que existan sistemas no puestos a tierra se proveerá un dispositivo indicador de falla a tierra con:
 - Una protección de cortocircuito; y,
 - Medios de desconexión tal como un interruptor de uso general.

- Una falla a tierra debe ser investigada y eliminada tan pronto como sea posible.
- b) Cuando se use una alarma visible para indicar una falla a tierra, tal alarma será continua hasta que se elimine la falla. En caso se use alarmas audibles y visibles, la alarma audible podrá ser cancelada y reemplazada por la alarma visible hasta que se elimine la falla.

6.1.1.7. Protección contra descargas atmosféricas

6.1.1.7.1. General

- a) Se usará, donde se requiera, equipos para protección contra descargas atmosféricas que incluirá pararrayos, condensadores de protección contra sobretensiones transitorias, explosores de protección de alta velocidad, líneas de guarda, estructuras de guarda y pararrayos de varilla.
- b) La protección contra descargas atmosféricas estará de acuerdo con los numerales 6.1.1.7.2. y 6.1.1.7.3. de esta norma y con las disposiciones aplicables del Código Nacional de Electricidad.

6.1.1.7.2. Líneas aéreas

- a) Cuando los alimentadores que se empleen para trabajos subterráneos estén conectados a una línea aérea que exceda los 90 m de longitud, se usará pararrayos o condensadores de protección contra sobretensión transitoria que serán instalados en el punto de conexión de los alimentadores subterráneos.
- b) Cuando las líneas aéreas alimenten equipos de superficie, se instalará pararrayos o condensadores de protección contra sobretensión transitoria en los puntos de conexión.

6.1.1.7.3. Líneas de guarda o estructuras

Cuando estructuras como castillos de pique, tuberías de servicio, carriles, cables u otra parte metálica que no forme parte del sistema de conducción eléctrica entran a una mina y están en lugares expuestos a ser impactados o cargados por rayos, tales estructuras serán protegidas en la superficie por líneas de guarda o sistemas de puesta a tierra con tomas de tierra de muy baja resistencia, así como por pararrayos.

6.1.2. Minas de superficie y canteras

6.1.2.1. Alcance

Este capítulo cubre los requerimientos para minas de superficie y canteras. Estos requerimientos son adicionales a lo especificado en el capítulo 3: Generalidades.

6.1.2.2. Salas con equipamiento eléctrico

6.1.2.2.1. General

La ubicación, construcción e instalación de una sala que contenga equipos eléctricos deberán asegurar la mejor protección contra la propagación del fuego, ingreso de polvo y agua, y atmósferas corrosivas. Estas salas eléctricas estarán lo suficientemente ventiladas para mantener los equipos a temperaturas seguras.

6.1.2.2.2. Iluminación

Los niveles de alumbrado serán de magnitud suficiente para asegurar que todos los equipos se puedan distinguir claramente y todos los instrumentos y etiquetas puedan leerse fácilmente. Se proveerá de un sistema de alumbrado de emergencia cuando exista la posibilidad de peligro al personal por causa de una falla en el sistema de alumbrado.

Figura 10. Luminarias clasificadas para minas.



Fuente: http://www.coelvictoria.com.mx/tuberias_conexionesyaccesorios/crouse_hinds.pdf

6.1.2.2.3. Sistema de alarma contra incendios

Una sala con equipamiento eléctrico tendrá un sistema adecuado de alarma contra incendio cuando exista peligro de incendio.

6.1.2.3. Equipamiento Eléctrico Exterior-cercado

6.1.2.3.1. General

Las cercas para la protección de los equipos eléctricos serán construidas e instaladas de acuerdo con los requerimientos del Código Nacional de Electricidad.

6.1.2.3.2. Mantenimiento

No deben almacenarse materiales junto a las cercas, las cuales son mantenidas libres de corrientes de agua, acumulación de escombros y vegetación elevada.

6.1.2.4. Líneas aéreas de alimentación

6.1.2.4.1. Medios de desconexión

Los medios de desconexión serán instalados tan cerca como sea práctico al punto de inicio de cada circuito derivado de la línea de alimentación.

Los medios de desconexión estarán equipados o diseñados de tal manera que pueda determinarse por observación visual que estos están abiertos.

6.1.2.4.2. Trabajos en líneas aéreas

- a) Desconexión de la línea de alimentación y puesta a tierra toda línea aérea de alimentación será desenergizada y puesta a tierra antes de que se realice algún trabajo sobre ella.
- b) Trabajos sobre las líneas aéreas de alimentación ninguna línea aérea de alimentación será considerada como desenergizada, para desarrollar trabajos sobre ésta, hasta que haya sido verificado por un personal calificado que la línea aérea ha sido aislada y puesta a tierra. Los trabajos serán desarrollados solamente de acuerdo con las técnicas y procedimientos elaborados por la propia empresa.

6.1.2.5. Equipos eléctricos móviles

6.1.2.5.1. Caseta de interruptores móvil

La construcción de la estructura será adecuada para el movimiento sobre terreno rugoso o estará provista con adecuados medios de izaje para permitir levantarlo sobre otro medio de transporte.

La cubierta de la caseta de interruptores cumplirá con las exigencias tipo IP24 (ver tabla N° 4: “Selección de cubiertas para lugares no peligrosos”, del Anexo 1) y estará puesta a tierra por medio de un sistema de puesta a tierra que cumplirá los requerimientos del Código Nacional de Electricidad relacionado a: Utilización, Sección Alta Tensión.

La caseta de interruptores incluirá los siguientes elementos:

- a) Medios de desconexión.-Los medios de desconexión serán manualmente operados, trifásicos, agrupados, del tipo hoja visible, excepto donde se use equipos de interrupción extraíbles. Adicionalmente serán de una capacidad adecuada, instalado en el punto de entrada de energía y enclavado con el interruptor.

b) Interruptor.-El interruptor tendrá una adecuada capacidad de interrupción, debe ser completo con todos los dispositivos necesarios para dar protección contra cortocircuitos, sobrecargas y fallas a tierra.

c) Dispositivos de control.-Los dispositivos de control que requieran ajuste reconexión no deben estar localizados dentro de la sección de alta tensión de la cubierta de la caseta de interruptores.

6.1.2.5.2. Subestaciones móviles

- Subestaciones

Las subestaciones que consistan de un conjunto de equipos eléctricos montados sobre una estructura autoportante móvil deberán cumplir con lo siguiente:

a) Estructura de la subestación.- La estructura autoportante será adecuada para el movimiento a través de terreno rugoso o estará provista de adecuados medios de izaje para permitir el levantamiento sobre un medio de transporte.

b) Transformador de potencia.- El transformador de potencia y los demás componentes de la subestación estarán dentro de una cubierta totalmente cerrada o estarán comprendidos dentro de un cerco fuerte de malla entrelazada o equivalente con una altura de al menos 2 m por encima de la plataforma y localizados a una distancia segura de cualquier parte energizada. Un aviso de advertencia indicando la tensión será puesto en forma visible a la entrada de la cubierta del transformador.

c) Conexión del dispositivo de puesta a tierra del neutro.-El dispositivo de puesta a tierra del neutro deberá instalarse tan cerca como sea posible al neutro del transformador. Si el cable que conecta el neutro del transformador y el dispositivo de puesta a tierra excede los 2 m de longitud será protegido por elevación o por una cubierta.

- Sistema de puesta a tierra para subestaciones móviles

Las subestaciones móviles serán puestas a tierra de acuerdo a las exigencias del

Código Nacional de Electricidad relacionado a Utilización, sección Alta Tensión.

- Resistencia del sistema de puesta a tierra de la subestación móvil

El sistema de puesta a tierra será diseñado e instalado para evitar la transferencia de potenciales que excedan los 100 V desde el sistema de puesta a tierra de la subestación móvil a cualquier equipo eléctrico móvil. La resistencia del sistema de puesta a tierra de la subestación móvil con electrodos será medida y la protección de falla a tierra será probada después de cada instalación o cambio de ubicación de la subestación. Se hará cambios si es necesario para asegurar que la elevación del potencial a tierra no exceda los 100 V. (ver apéndice A, Anexo 1)

6.1.2.5.3. Cables de arrastre (uso)

- Accesorios de los cables

Los cables entrarán a las carcasas metálicas de los motores, cajas de empalmes y compartimientos eléctricos solamente a través de accesorios apropiados. Los cables de arrastre serán asegurados a las máquinas para protegerlos de daños y para evitar esfuerzos mecánicos sobre las conexiones eléctricas.

Figura 11. Accesorios para los cables.



Fuente:http://www.coelvictoria.com.mx/tuberias_conexionesyaccesorios/crouse_hinds.pdf

- Empalmes permanentes en cables de arrastre

Cuando se haga empalmes permanentes en cables de arrastre, estos empalmes serán:

- a) Mecánicamente fuertes con una adecuada conductividad eléctrica;
- b) Aislados y sellados en forma efectiva para evitar el ingreso de humedad; y,
- c) Probados por continuidad y aislamiento, por personal calificado antes de ser puestos en servicio. Un registro de reparaciones y pruebas será conservado.

- Protección de cables de arrastre

Deberá escogerse una ruta adecuada para los cables para evitar que sean dañados y serán mantenidos visibles con adecuados marcadores a intervalos regulares a lo largo de la ruta del cable. Los acopladores de cable no estarán directamente sobre el piso de tierra, sino soportados a cierta altura sobre éste.

Cuando los cables crucen vías de transporte, o cuando haya equipos que pasen sobre ellos, los cables serán protegidos por elevación o contra el aplastamiento que puedan ocasionar los equipos.

- Identificación de cables de arrastre

Todo terminal de cable en el lado de alimentación será provisto de un medio efectivo que identifique el equipo al cual va conectado.

- Desconexión de cables de arrastre

Los acopladores de cable no serán conectados o desconectados mientras estén energizados. No debe usarse los circuitos de chequeo de tierra para aislar la fuente de potencia.

- Accesorios de los cables

Los cables entrarán a las carcasas metálicas de los motores, cajas de empalmes y compartimientos eléctricos solamente a través de accesorios apropiados. Los cables de arrastre serán asegurados a las máquinas para protegerlos de daños y para evitar esfuerzos mecánicos sobre las conexiones eléctricas.

- Empalmes permanentes en cables de arrastre

Cuando se haga empalmes permanentes en cables de arrastre, estos empalmes serán:

- Mecánicamente fuertes con una adecuada conductividad eléctrica; Aislados y sellados en forma efectiva para evitar el ingreso de humedad; y,
- Probados por continuidad y aislamiento, por personal calificado antes de ser puestos en servicio. Un registro de reparaciones y pruebas será conservado.

- Protección de cables de arrastre

Deberá escogerse una ruta adecuada para los cables para evitar que sean dañados y serán mantenidos visibles con adecuados marcadores a intervalos regulares a lo largo de la ruta del cable. Los acopladores de cable no estarán directamente sobre el piso de tierra, sino soportados a cierta altura sobre éste.

Cuando los cables crucen vías de transporte, o cuando haya equipos que pasen sobre ellos, los cables serán protegidos por elevación o contra el aplastamiento que puedan ocasionar los equipos.

- Identificación de cables de arrastre

Todo terminal de cable en el lado de alimentación será provisto de un medio efectivo que identifique el equipo al cual va conectado.

- Desconexión de cables de arrastre

Los acopladores de cable no serán conectados o desconectados mientras estén energizados. No debe usarse los circuitos de chequeo de tierra para aislar la fuente de potencia.

6.1.2.5.4. Iluminación

El nivel de alumbrado en todas las áreas de los equipos eléctricos móviles será lo suficiente para el desarrollo seguro y eficiente de todas las operaciones y labores de mantenimiento.

6.1.2.5.5. Alumbrado de Emergencia

Se proveerá de alumbrado de emergencia para todas las áreas con equipos a fin de brindar una salida segura de todo el personal cuando haya una interrupción del alumbrado principal.

Se debe instalar para el sistema de alumbrado de emergencias luminarias especiales para áreas que son peligrosas por la presencia de gases o vapores inflamables, polvos combustibles.

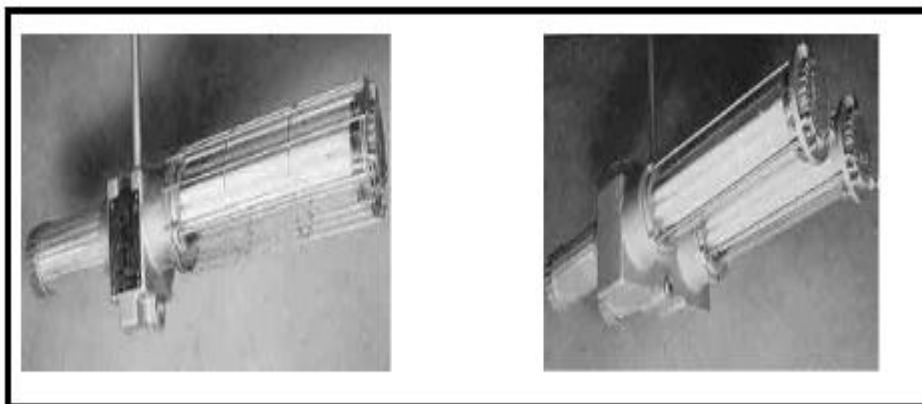
Característica:

- Debe tener aprobación para ser utilizada en ese ambiente.
- Deben contar con un diseño compacto y de peso ligero que permitan su fácil instalación.
- Si cuentan con la protección opcional (guarda) de acero inoxidable, ésta proporciona protección extra a la lámpara y al tubo de ésta.
- Debe contar con una conexión de tierra incluida para seguridad.

Materiales estándar:

- Caja de conexiones, balastro, tapas en los extremos-aluminio libre de cobre.
- Tubo de lámpara - vidrio resistente al calor.
- Guardas de acero inoxidable o material de policarbonato transparente.
- Reflectores-aluminio.

Figura 12. Luminarias para el sistema de alumbrado de emergencia.



Fuente: http://www.coelvictoria.com.mx/tuberias_conexionesyaccesorios/crouse_hinds.pdf

6.1.2.5.6. Anillo deslizante de puesta a tierra

El conductor de puesta a tierra del sistema llevado al equipo a través del cable de arrastre será conectado a la estructura giratoria a través de un anillo deslizante de puesta a tierra.

6.1.2.5.7. Continuidad del circuito de tierra

Se instalará medios que aseguren la continuidad del circuito de tierra hacia la parte superior de la estructura giratoria del equipo.

6.1.2.5.8. Uniones equipotenciales

Se usará puentes de unión equipotencial si es que la unión de las estructuras metálicas de los equipos eléctricos móviles es inadecuada.

6.1.3. Minas subterráneas

6.1.3.1. Alcance

Estos numerales cubren los requerimientos para minas subterráneas, las cuales son adicionales a aquellos especificados en el capítulo 6.1.1.

6.1.3.2. Métodos de cableado

6.1.3.2.1. Conductores

a). Los conductores y cables cumplirán con los requerimientos del numeral 6.1.3.3.2.

b). Los conductores, cables, o cables portátiles de potencia que alimenten a equipos fijos con tensiones a tierra que excedan los 150 V serán protegidos por armaduras, tubos rígidos (*“conduit”*) u otros medios mecánicos similares; o por una adecuada ubicación.

6.1.3.2.2. Marcado de las cubiertas

a). Los cables capaces de cumplir con los requerimientos del numeral 6.1.3.3.2 serán continuamente identificados y permanecerán sin pintar.

b). El marcado de las cubiertas de los cables portátiles de potencia tendrá, por lo menos, los siguientes datos:

- Nombre del fabricante;
- Tipo de denominación;
- Calibre del conductor;
- Tensión nominal;
- Año de fabricación; y,
- Si son a prueba de flama.

6.1.3.2.3. Requerimientos de prueba de flama

Todos los cables instalados en un pique de mina o vías de escape serán no propagadores de flama y tendrán una baja emisión de humos.

6.1.3.2.4. Empalmes

Cuando se haga empalmes en cables o conductores usados en un pique o chimeneas auxiliares a tensiones a tierra que excedan los 750 V;

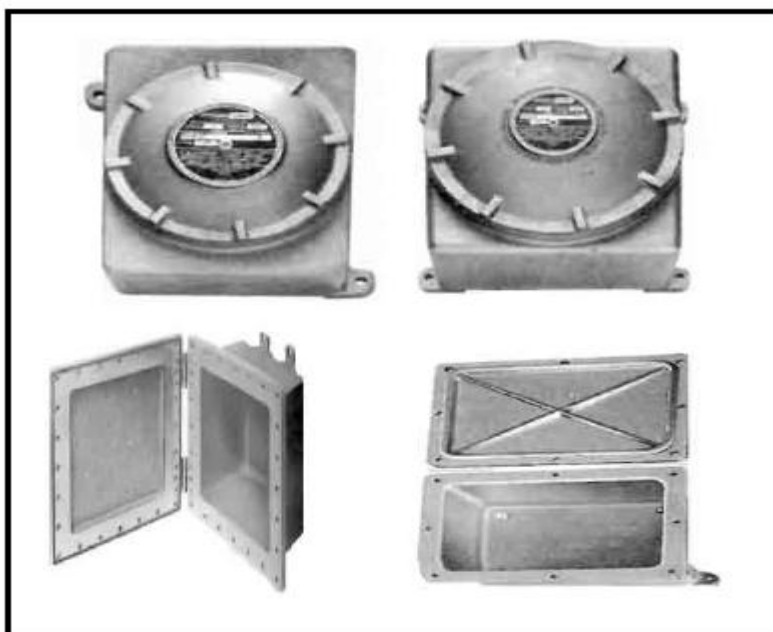
- a) El empalme tendrá características mecánicas y eléctricas equivalentes a las del cable;
- b) El empalme será realizado bajo la supervisión directa de una persona competente; y,
- c) El empalme tendrá un aislamiento igual o superior que el cable original y estará sellado para excluir la humedad.

6.1.3.2.5. Cajas de empalmes

- a). Una caja de empalmes usada en circuitos que excedan los 750 V estará por lo menos a 3 m del pique.
- b). Una caja de empalmes usada en el pique donde la tensión del circuito es de 750 V o menos cumplirá los requerimientos del tipo IP68 (ver tabla N° 4 “Selección de cubiertas para lugares no peligrosos”, Anexo 1).
- c). Una cubierta metálica podrá ser instalada en mina subterránea, excepto en un pique de mina o vía de escape, si el material de la cubierta es no propagador de flama.

Las cajas de conexiones se utilizan en forma normal con los soportes y están diseñadas para el montaje superficial. Son empleadas como cajas de conexiones para hacer empalmes y derivaciones de los conductores en áreas peligrosas, Cuando se requiera utilizar una caja a prueba de agua, las tapas pueden ser selladas con un arillo de neopreno.

Figura 13. Cajas de Conexiones.



Fuente:http://www.coelvictoria.com.mx/tuberias_conexionesyaccesorios/crouse_hinds.pdf

Estas cajas deben ser idealmente de aluminio libre de cobre, con empaque de Neopreno, con acabados en pintura electrostática.

6.1.3.3. Instalación de transformadores y capacitores

6.1.3.3.1. Transformadores de superficie–punto de inflamación menor que 300° C

Un transformador que contiene un líquido con punto de inflamación menor que 300°C, instalado sobre la superficie en la vecindad de la entrada o vía de escape de una mina subterránea:

- a) Será localizado al menos a 15 m del castillo del pique, de la casa de wincha, de la bocamina, o edificio combustible junto a tales estructuras;
- b) Será montado sobre un piso no combustible diseñado para contener el líquido del transformador y evitar derrames por escurrimiento que penetren a la mina, casa de wincha, bocamina, castillo de pique, u otro edificio; y,
- c) Puede estar ubicado al lado de un edificio a prueba de llamas que esté junto al castillo de pique, de la casa de wincha, de la bocamina, si no hay aberturas en la

parte del edificio que se encuentra adyacente al transformador a través del cual el humo o calor pueda entrar al edificio.

6.1.3.3.2. Transformadores subterráneos – Generalidades

Un transformador instalado en una mina subterránea:

- a) Será protegido contra daño físico;
- b) Será resguardado de tal manera que se pueda impedir el acceso a personal no calificado y no autorizado, si hay partes expuestas energizadas;
- c) Estará separado de un almacén de explosivos como sigue:
 - i) Cuando el transformador es mayor que 5 kVA, por una distancia de al menos 15 m de roca sólida o una distancia de por lo menos 60 m de espacio abierto; o,
 - ii) Cuando el transformador es 5 kVA o menos, por una distancia de por lo menos 15 m de espacio abierto;
- d) Estará dimensionado para la temperatura ambiente;
- e) Tendrá espaciamientos alrededor del mismo para permitir un acceso seguro para inspección, mantenimiento y reparación;
- f) Será montado sobre una base a prueba de fuego y en una ubicación que minimice el esparcimiento del fuego;
- g) No será usado donde haya riesgo de inundación;
- h) Estará provisto con una cubierta que cumpla con los requerimientos del Código Nacional de Electricidad correspondiente al Sistema de Utilización.

6.1.3.3.3. Transformadores subterráneos – punto de inflamación menor que 300°C.

Un transformador que contenga líquido con un punto de inflamación menor que 300°C, instalado en mina subterránea:

- a) Cumplirá con lo indicado en la cláusula 6.1.3.3.2.;
- b) Será instalado de acuerdo al Código Nacional de Electricidad;
- c) Estará adecuadamente ventilado para propósitos de enfriamiento del equipo;

d) Tendrá medios para contener cualquier derrame o gotera inadvertida.

6.1.3.3.4. Transformadores subterráneos- rellenos con nitrógeno o del tipo seco.

Cuando un transformador del tipo seco o de relleno con nitrógeno sea instalado en una mina subterránea:

- a) Cumplirá lo indicado en el numeral 6.1.3.3.2.;
- b) Tendrá materiales aislantes iguales o superiores que la clase H de acuerdo a la publicación IEC N° 85: *“Thermalevaluation and classification of electricalinsulation”*; y,
- c) Estará a una distancia de al menos 3 m del pique cuando el transformador es mayor que 5 kVA.

6.1.3.3.5. Transformadores subterráneos – punto de inflamación mayor que 300° C

Un transformador que contiene un líquido con un punto de inflamación encima de los 300°C, instalado en mina subterránea:

- a) Cumplirá con los requerimientos del numeral 6.1.3.3.2.; y,
- b) Tendrá medios para una remoción segura de los gases peligrosos que puedan producirse dentro del transformador.

5.3.5.1 Transformadores con PCB's (“Polychlorinatedbiphenyls”)

No está permitido el uso de transformadores que contengan PCB's.

6.1.3.3.6. Capacitores

No se usará capacitores que contengan PCB's. Los capacitores que contengan líquidos inflamables:

- a) Serán instalados de acuerdo a lo indicado por el Código Nacional de Electricidad; y,
- b) Tendrán medios para contener cualquier derrame o goteo.

6.1.3.4. Cuadros de distribución y equipos de interrupción

6.1.3.4.1. Disposiciones generales

Los cuadros de distribución y equipos de interrupción deben:

- a) Estar protegidos contra daños físicos;
- b) Estar resguardados de tal manera que se pueda evitar el acceso de personal no calificado y no autorizado, si hubiera partes energizadas;
- c) Estar separados de las áreas de almacenamiento de explosivos por lo menos 15 m medidos a lo largo de las áreas de trabajo de la mina.
- d) Tener espaciamientos alrededor de estos que permitan un acceso seguro para inspección, mantenimiento y reparación;
- e) Estar instalados en bases resistentes al fuego;
- f) Estar en una ubicación que minimice la propagación del fuego; y,
- g) Estar instalados de acuerdo al Código Nacional de Electricidad.

6.1.3.5. Instalación de baterías de acumuladores

6.1.3.5.1. Ubicación

Las baterías de acumuladores usadas en locomotoras deben estar localizadas en salas de acumuladores o en áreas con un ambiente equivalente.

6.1.3.5.2. Instalación

Las baterías de acumuladores y sus áreas de carga cumplirán con lo siguiente:

- a) Ellos deben estar ubicados de tal manera que no sean dañados por equipos móviles;
- b) Ellos deben estar ventilados por una adecuada cantidad de aire fresco para asegurar la difusión de los gases peligrosos que ellos producen;
- c) Todas las estaciones de carga de batería deben estar equipadas con un extintor adecuado para combatir los fuegos de origen eléctrico;
- d) No está permitido fuego abierto, excepto lo definido por el ítem (g);

- e) Está prohibido fumar;
- f) Los aparatos eléctricos deben estar encerrados en cubiertas apropiadas o ubicados de otra manera para asegurar que no exista posibilidad de encendido; y,
- g) La reparación de la batería debe ser realizada después de que todas las debidas precauciones han sido tomadas para asegurar la disipación de gases inflamables.

Durante el tiempo que tome efectuar la reparación debe pararse la recarga de la batería.

6.1.3.5.3. Remoción del electrolito

El electrolito de las baterías de acumuladores debe ser removido y neutralizado antes de que las baterías sean desechadas o almacenadas para recuperación.

6.1.3.6. Puesta a tierra

6.1.3.6.1. Circuito de puesta a tierra

El circuito de puesta a tierra que va del subsuelo a la superficie consistirá por lo menos de un conductor de cobre interconectado y unido con las partes metálicas del sistema eléctrico, a menos que un medio igualmente efectivo sea provisto.

6.1.3.6.2. Inspección

La red de tierra será inspeccionada periódicamente por continuidad y evaluada para una adecuada capacidad.

6.1.3.7. Sistemas de comunicación

6.1.3.7.1. Comunicación por voz

- La tensión del sistema de comunicación por voz no debe exceder los 50 V, con excepción del circuito de timbrado de un teléfono.

- Cada circuito de un sistema de comunicación que se extienda a la superficie desde una mina subterránea debe estar provisto con un adecuado equipo de protección contra descargas atmosféricas, adecuadamente puesto a tierra en el lugar donde el circuito sale de los lugares de trabajo de la mina.
- Se deberá tomar adecuadas precauciones para evitar que los conductores telefónicos o de señal eléctrica aislados o no sean energizados por otros conductores eléctricos.

6.1.3.7.2. Sistema de llamado de jaula

Cuando sea instalado un sistema de llamado para una jaula, el sistema será operado a una tensión no mayor que 150 V.

6.1.3.7.3. Sistema de señales del pique

- Un sistema de señalización será instalado en una mina subterránea entre el operador que atiende la jaula y el operador de la wincha, con el fin de controlar la wincha. Este sistema será diseñado de tal manera que no pueda ser accionado por otra persona que no sea el operador de la jaula. El control de la señal para el movimiento de la jaula estará localizado dentro del alcance del operador en la jaula
- El sistema descrito en el literal anterior debe cumplir que:
 - a) Será operado a una tensión que no exceda los 150 V;
 - b) Será alimentado desde un transformador el cual no debe conectarse a otra carga;
 - c) Tendrá las partes metálicas no conductoras de corriente de la unidad de señalización puestos a tierra;
 - d) Será capaz de proporcionar señales que sean audibles y claras;
 - e) Será instalado en cada nivel de trabajo, plataforma de descanso, u otra ubicación del pique donde sea necesario.

6.1.3.8. Winchas de mina

6.1.3.8.1. Aplicación de requerimientos

Los requerimientos de los numerales 6.1.3.8.2. a 6.1.3.8.8.se aplican a toda wincha eléctrica de izaje.

6.1.3.8.2. Pruebas de verificación

Un registro de las pruebas ejecutado antes de la puesta en servicio de cada wincha debe ser archivado en la mina.

El desempeño de todos los componentes será probado de manera formal bajo el control de una persona experimentada en winchas.

6.1.3.8.3. Dispositivos y circuitos de protección

- Cada freno de wincha estará equipado con un dispositivo que:
 - a) Dé una indicación cuando se requiera un ajuste como resultado del desgaste del freno o aflojamiento del varillaje;
 - b) Impida el arranque de la wincha en caso que se afloje el freno.
- Se debe disponer de uno o más frenos con adecuados medios para aplicación automática en casos de emergencia y detenga la operación de cada tambora.
- Cada wincha debe estar provista con dispositivos de protección y circuitos de protección que, cuando actúen, inician el control automático de los circuitos de fuerza en conjunción con la aplicación automática de los frenos para lograr que la wincha y lo que transporta paren en forma segura bajo todas las condiciones de carga permisible, dirección de viaje y velocidad.
- Los circuitos de protección de seguridad deben:
 - a) Ser diseñados para dar seguridad aún al fallar;
 - b) Estar instalados y mantenidos para proporcionar una protección efectiva en todo momento; y,
 - c) Ser operados a una tensión que no exceda los 250 V.

- Cada wincha debe tener los siguientes dispositivos de seguridad los cuales inician una desaceleración automática y originan una parada antes de que la jaula o balde, el contrapeso o sus dispositivos de amarre puedan alcanzar cualquier obstrucción permanente:

a) Adecuados dispositivos de protección contra el sobreenrollamiento (límite superior) operados directamente por la jaula, balde o contrapeso;

b) Un dispositivo de protección accionado por la tambora que realice la primera función de protección contra el sobreenrollamiento o subenrollamiento;

c) Se pondrá un dispositivo adicional contra el sobreenrollamiento o subenrollamiento cuando la velocidad de los cables es 4 m/s o más;

d) Dispositivos de sobrevelocidad para que operen cuando la velocidad de los cables exceda la máxima autorizada;

e) Dispositivos de retardo, accionados por la tambora o tamboras, los cuales forzarán a una gradual reducción de la velocidad en la medida que el balde, jaula o contrapeso se aproxime al extremo final del recorrido;

f) Adecuados dispositivos contra el sobreenrollamiento y subenrollamiento para cada lugar de descarga de mineral o desmonte, chutes o puertas de derrame instalados en cada compartimiento de izaje de un pique en lugares que no sean los límites de un viaje regular de un balde o jaula, cuando las partes de tales lugares de descarga, chutes o puertas obstruyan el libre paso del balde o jaula;

g) Dispositivos de protección, de baja tensión, en los circuitos de control de la wincha, según sea necesario, para efectuar una operación segura del equipo de izamiento;

h) Dispositivos de protección de sobrecarga en el circuito de fuerza de la wincha que operen cuando haya una carga en el motor de la wincha de una magnitud y duración que exceda lo que pueda ser considerada como una operación con sobrecarga;

i) Dispositivos de protección contra cortocircuitos en el circuito de fuerza de la wincha; y,

j) Un interruptor de emergencia, operable manualmente, instalado para ser alcanzado fácilmente por el operador cuando controla la wincha, que al ser operado inicia una acción de parada de emergencia.

Cuando haya en un compartimiento de izaje un punto de descarga de mineral o desmante, chute o puerta de derrame de un pique localizado en lugares que no sean los límites de un recorrido regular de una jaula o balde que obstruya el libre paso de la jaula o balde, deberá darse al operador de la wincha una indicación visible de la posición de estos elementos en todo momento.

6.1.3.8.4. Conmutador de retroceso (“*Backoutswitch*”)

Cada wincha debe llevar un dispositivo de retroceso operable manualmente para permitir el movimiento de la wincha en sentido contrario para casos de sobreenrollamiento o subenrollamiento y evitar la operación de la wincha en una dirección inadecuada.

6.1.3.8.5. Amperímetro

Un amperímetro que indique la carga del motor de la wincha será plenamente visible desde los controles manuales.

6.1.3.8.6. Señal de advertencia de aproximación

En todo pique que exceda los 100 m de profundidad debajo del collar, debe tomarse adecuadas medidas a fin de que el operador de la wincha sea avisado audiblemente del arribo de la jaula o el balde a puntos en el pique lo suficientemente distanciados de los lugares de desembarco superior e inferior, que permitan que la wincha sea parada de manera normal antes de que la jaula o balde alcance cualquier lugar de desembarco.

6.1.3.8.7. Ajuste de los dispositivos de protección

Sólo personal calificado debe ser autorizado para hacer ajustes a los dispositivos de protección. Después de los ajustes debe realizarse pruebas que verifique la correcta operación de los dispositivos de protección.

6.1.3.8.8. Indicadores de profundidad

Toda wincha debe ser provista de un adecuado indicador de profundidad el cual mostrará en cualquier momento en forma clara y precisa al operador de la wincha:

- a) La posición de la jaula o balde; y,
- b) Cualquier parte del pique donde sea necesario un cambio de velocidad.

6.1.3.8.9. Winchas de fricción

- Cada wincha eléctrica de fricción tendrá un dispositivo que iniciará una parada de emergencia para detener la tambora en el caso de la ocurrencia de un deslizamiento entre el cable o cables de izaje y la tambora, tal como podría ocurrir con la jaula, balde o contrapeso atascado en el pique o trabado al final del recorrido.

- Cada wincha eléctrica de fricción que tenga un cable o cables de cola tendrá un dispositivo que iniciará una parada de emergencia en el caso de un movimiento anormal del lazo del cable de cola.

- Para casos en que un deslizamiento altere la posición efectiva de los dispositivos de seguridad, se proveerá de medios para ajustar los dispositivos de seguridad para una correcta operación (sincronización). Tal ajuste tendrá lugar solamente cuando la wincha esté en reposo y los frenos estén aplicados.

6.1.3.9. Transporte

6.1.3.9.1. Alcance

El numeral 6.1.3.10.se aplica a vehículos de transporte sobre rieles eléctricamente accionados.

6.1.3.9.2. Equipo de advertencia

- Toda locomotora será equipada con faros que permanecerán energizados si el interruptor está en la posición de encendido. Las locomotoras equipadas con fusibles tendrán los faros energizados mientras haya contacto entre la pértiga de trole (*“trolley pole”*) o pantógrafo con la línea de trole.
- Toda locomotora estará provista de un medio audible de advertencia capaz de ser escuchado a una distancia de 60 m. Tal dispositivo de alarma será mantenido en buenas condiciones de trabajo.
- Toda locomotora en movimiento debe emitir una luz en la dirección del viaje el cual otorgue una adecuada iluminación para hacer visible claramente a las personas y objetos a una distancia de 30 metros en la dirección en el que la locomotora se está moviendo.

6.1.3.9.3. Control

Toda locomotora debe ser equipada con algún tipo de control del tipo “hombre muerto” el que deberá quitar la energía automáticamente cuando el operador abandona su compartimiento. Donde sea práctico, las locomotoras existentes deberán estar equipadas con tales controles.

6.1.3.9.4. Conductores de trole

- Los soportes deben ser instalados de tal manera que un espaciamiento no menor que 75 mm sea mantenido entre el conductor de trole y el techo de la galería cuando el trole está soportado al techo.

- El conductor usado en sistemas de tracción de trole tendrá una resistencia a la tracción mayor que el correspondiente a la sección 50 mm², sólido y de cobre estirado duro.
- Los extremos de los conductores de una línea de trole o los alimentadores finalizarán en aisladores que soporten tracción y con dispositivos que mantengan tensión mecánica en los alambres de trole o alimentadores.
- Todos los ramales de la línea de trole deben estar provistos con:
 - a) Sapos de trole o puentes adecuados en todos los puntos donde ellos abandonan la línea principal; e,
 - b) Interruptores instalados cerca de los sapos, por el cual los ramales de trole puedan ser desconectados de la línea principal.
- Los conductores de trole y los rieles poseerán un área de sección transversal tal que en ningún punto de contacto del sistema de trole la tensión caiga por más del 30% de la tensión nominal.
- Los conductores de trole pueden ser alimentados desde fuentes ubicadas en otros niveles siempre que los cables de fuente y retorno sean aislados.

6.1.3.9.5. Rieles de transporte

- Ambos rieles de un sistema de tracción por trole de retorno por riel tendrán cables de enlace equipotencial alrededor de los cambiadores de vías, sapos u otras discontinuidades en el sistema de rieles y con enlaces equipotenciales cruzadas entre rieles a intervalos menores de 60 m para asegurar la continuidad del conductor de retorno.
- Todos los enlaces equipotenciales de rieles en un sistema de tracción por trole en una mina serán inspeccionados para encontrar daños en los enlaces u otros defectos en el circuito de retorno por riel.

6.1.3.9.6. Conductores en galerías de transporte

Todo conductor, excepto el conductor de trole, en galería de transporte estará 300 mm encima de los carros o locomotoras de mina y será protegido y resguardado convenientemente.

6.1.3.9.7. Transporte de explosivos

Cuando por permiso especial una locomotora a trole sea usada para el transporte de explosivos en una mina, el carro o carros que llevan explosivos serán protegidos del contacto con el conductor de trole y de otros peligros existentes.

6.1.3.10. Equipo eléctrico móvil sin rieles

6.1.3.10.1. Alcance

Este numeral se aplica a equipo eléctrico móvil sin rieles que recibe corriente alterna a una tensión que exceda los 300 V.

6.1.3.10.2. Alimentación de corriente alterna para equipo eléctrico móvil.

- El numeral 5.10.2 se aplica para la fuente de tensión, el seccionador, la protección de falla a tierra, el monitoreo del conductor de tierra, el cable portátil de potencia, los anillos deslizantes y tamboras.

- Un transformador que alimente de energía a un equipo eléctrico móvil:

a) Tendrá como valor nominal mínimo el 125% del máximo valor nominal en kVA del equipo eléctrico móvil; y,

b) Tendrá dispositivos de apertura con carga en el secundario del transformador que alimente al equipo eléctrico móvil.

- Los cables portátiles de potencia usados para alimentar a los equipos eléctricos móviles:

a) Cumplirán con los requerimientos del estándar Nema N° WC 58 "*Portable and powerfeeder cables for use in mines and similar applications*" o similar, y donde sea practicable, ser del tipo SHC-GC, SHD-GC (Ver figura j) o similar;

- b) Cumplirán con los requerimientos de capacidad de corriente para cables portátiles de potencia dados por el Código Nacional de Electricidad para la corriente nominal del equipo eléctrico móvil. La caída de tensión no excederá el 5% desde el lado de la fuente del transformador hasta el equipo eléctrico móvil;
- c) Tendrán conectores de entrada del cable y terminales del conductor que no sean afectados por la operación normal del equipo eléctrico móvil;
- d) Tendrán conectores de entrada del cable que eviten el ingreso de agua, polvo y otras condiciones ambientales a las cajas de empalme y caja de interruptores;
- e) Serán suspendidos o asegurados cuando sean instalados fuera del radio de operación del equipo eléctrico móvil;
- f) Cuando se empalmen tendrán las características mecánicas y eléctricas equivalentes al del cable original; y,
- g) Cuando se empalmen estarán sujetos a pruebas de tensión de aislamiento iguales al nominal del cable.

Cada tambora para cable instalado en los equipos eléctricos móviles:

- a) Será diseñada para cumplir los requisitos de curvatura del cable requerido por el Código Nacional de Electricidad: Sistema de Utilización;
- b) Será provista con un interruptor limitador que evite el desenrollamiento de todo el cable eléctrico durante una operación normal;
- c) Estará provista con:
 - i) Un anillo deslizando de puesta a tierra;
 - ii) Un anillo deslizando de chequeo de tierra adecuado para los circuitos de control y señalización; y
 - iii) Anillos deslizantes de los conductores de fuerza;

Los equipos eléctricos instalados en los vehículos cumplirán los siguientes requerimientos:

- a) Todas las cubiertas deben cumplir con los requerimientos tipo IP45 de la tabla N° 4: Selección de cubiertas para lugares no peligrosos;

- b) Cada motor o grupo de motores deben tener medios separados de desconexión, protección de sobrecarga y protección de falla a tierra. Están exceptuados accionamientos especializados;
- c) Todos los motores serán del tipo totalmente cerrados;
- d) Todo cableado y terminales de corriente alterna de alta y baja tensión serán claramente identificados, separados por adecuadas barreras de los circuitos y terminales del carro y serán a prueba de flama.

7. CONTRASTE DE LAS NORMAS

Para realizar un contraste de la normativa, es necesario haber hecho previamente el estudio de las normas a comparar **NTC-2050: Norma Técnica Colombiana, NORMA TÉCNICA: Uso de la Electricidad en Minas y CÓDIGO ELÉCTRICO CHILENO** que se refieren al mismo tema pero que difieren en algunos aspectos. Estas diferencias llegan a ser el foco de la examinación. El propósito de éste capítulo es descubrir los aportes (que pueden llegar a ser significativos) que tienen en su contenido algunas normas respecto a otras acerca de los requerimientos o exigencias enfocadas al diseño de instalaciones eléctricas.

7.1. Paralelo de las Normativas:

A continuación se muestra una comparación de las normas técnicas mencionadas anteriormente. Este cuadro se realizó con el fin de confrontar la normativa de cada uno de los países, para de esta manera poder visualizar los puntos fuertes así como las falencias que tienen una respecto a otra.

Para interés de este proyecto se tomaron algunos aspectos que consideramos relevantes en el diseño de una instalación eléctrica en una mina.

En el caso de los países de Chile y Perú, en los cuales la exploración y explotación minera tiene mayor importancia que en otros lugares del mundo se han creado normas y códigos que van dirigidos única y exclusivamente a este campo, por lo que se catalogan como superiores en comparación a la normativa nacional y la de otros países.

| PARÁMETROS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA: | |
|---|--|
| Instalaciones Temporales | Se debe instalar interruptores en el punto de suministro de toda instalación temporal. Sin embargo, tales instalaciones no se pueden considerar en ningún momento sustitutas de instalaciones permanentes y deberán ser retiradas tan pronto como se terminen los trabajos. Estas instalaciones sólo podrán ser aceptadas si están preparadas de acuerdo con las condiciones de uso y requerimientos especiales de dichas instalaciones. |
| Transformadores | <ul style="list-style-type: none"> • No deben instalarse, en minas subterráneas transformadores con devanados sumergidos en aceites u otros líquidos aislantes cuya combustión genere humos o gases tóxicos. • Los transformadores deben ser de fácil acceso y estar resguardados de las operaciones inherentes al avance de la explotación. |
| Cuadros de Distribución | En los cuadros de distribución se deben cumplir con que tengan los espacios necesarios para ejecutar las tareas de manipulación en caso de ser necesario. |
| Equipos de Alumbrado | Se debe tener un completo sistema de alumbrado de emergencia dentro de la mina que garantice el cumplimiento de salvaguardar la vida de los trabajadores que laboran dentro de la mina, en un momento donde se presente riesgo de algún tipo. |
| Equipo Eléctrico Utilitario | Todo equipo que se clasifique como utilitario debe estar dotado de un sistema de frenos complementario con la potencia requerida para realizar la actividad y debe poseer los correspondientes sistemas de detección y extinción de incendios. |

| | |
|----------------------------------|--|
| Cables-cordones flexibles | Los cables deben obligatoriamente ir con carcazas que los protejan contra daños físicos, impactos mecánicos y eviten la propagación de humo. Además los acopladores que se usen para unir cables portátiles de potencia deben contar con un dispositivo de sujetamiento mecánico, también tener un dispositivo liberador de esfuerzo adecuado para el cable. |
| Aislamiento | El aislamiento de los conductores y equipos eléctricos deber ser la adecuada al voltaje aplicado y mantenido en forma que no produzca fugas o cortocircuitos. |
| Sistema de Señalización | <ul style="list-style-type: none"> • Se debe colocar avisos visibles o señales luminosas para prevenir la existencia de línea de contacto. La tensión de estos sistemas de señalización no debe exceder los doscientos veinte volts (220 V) • Deben existir y estar en lugares desatacados todos los avisos de advertencia e instrucciones destinadas a restringir y advertir al personal respecto de los riesgos presentes, las limitaciones de acceso a recintos energizados y las restricciones para la intervención de equipos. |
| Protecciones | <p>El sistema de protección debe extenderse a todos los equipos y en generala a la instalación eléctrica para proteger en caso de sobrecarga, fallas a tierra, cortocircuitos, sobrecalentamiento u otra anomalía y se debe garantizar que éstos actúen eficientemente desenergizando los circuitos.</p> <p>Todos los elementos de protección: cubiertas, rejillas de protección y envolventes deben ser de material incombustible, tener resistencia mecánica suficiente a los requerimientos y estar sólidamente fijados.</p> |
| Equipos Eléctricos | <p>Todo equipo o elemento eléctrico debe considerar al menos los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • requisitos del estado de señalización, de advertencia e identificación de comandos y controles, • protecciones y conexiones a tierra, estructuras de soporte y gabinetes (en caso de ser necesarios). • Alumbrado, sistema de ventilación y |

| | |
|---------------------------------|---|
| | <p>sistema de presurización en aquellos casos que corresponda</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de detección, control de incendios y de emergencia en general. • En la medida que sea posible instalarse en un lugar donde exista circulación de aire. |
| Sistemas de Comunicación | <ul style="list-style-type: none"> • La tensión del sistema de comunicación no debe exceder en ningún caso los 50V, con excepción del circuito de timbrado de teléfono. • Cada circuito de un sistema de comunicación que se extienda a la superficie desde una mina subterránea debe estar provisto con un adecuado equipo de protección contra descargas atmosféricas, adecuadamente puesto a tierra en el lugar donde el circuito sale de los lugares de trabajo de la mina. • Se debe tomar adecuadas precauciones para evitar que los conductores telefónicos o de señal eléctrica aislada o no, sean energizados por otros conductores eléctricos. |

Observaciones:

- Todo lugar que contenga instalaciones eléctricas así como los equipos y elementos eléctricos deben ser diseñados e instalados de tal manera que estén protegidos contra los riesgos propios de las operaciones mineras como las proyecciones de rocas, impactos mecánicos, daños físicos, aguas ácidas, acumulación de polvo, humedad sobrecarga, cortocircuito, fallas a tierra u otro tipo de agentes con potencial de deterioro.
- Todo equipo o elemento eléctrico que se desee instalar dentro de una mina, debe ser aprobado para ser utilizado en ese ambiente.

- Desde el diseño se deben considerar programas o rutinas periódicas de mantenimiento de los equipos y de la instalación eléctrica en general. Estos periodos van a variar si las condiciones de trabajo lo exigen.

7.2. Análisis de las normativas:

Al plasmar en la tabla anterior los ítems (que se consideraron) del diseño de instalaciones en minas más relevantes y especificar en qué aparte(s) del libro se encuentran, se hace necesario un análisis de la información recopilada, para de esta manera resaltar lo encontrado en el paralelo.

Hay un aspecto al cual las normativas de Colombia y Chile no hacen mención: las instalaciones temporales; éstas son definidas por la norma peruana como aquellas destinadas a periodos cortos para el mantenimiento y reparación de equipos o estructuras o al traslado de equipos.

El tema de las protecciones y de sistema de aislamiento tanto para los equipos como para la instalación, resalta en diferentes numerales de la norma colombiana y peruana, especificando las características y los requisitos que deben cumplir los elementos que cumplan con la función de proteger a los otros elementos, como el de aislar y así impedir accidentes de origen eléctrico.

Los motores en todo diseño eléctrico son un aspecto decisivo, ya que de éstos va a depender gran parte de la producción de la actividad minera; es por ésta razón que en todas las normas se hacen diferentes y valiosas consideraciones en relación a estos elementos y con sumo cuidado se especifican las condiciones y precauciones que se deben acatar para garantizar su buen funcionamiento y su vida útil.

En cuanto a la exigencia que exista planos y diagramas que muestren la información actualizada de las instalaciones eléctricas y los equipos eléctricos

situados en las minas, la normativa nacional no presta mayor importancia, por su parte la Norma Peruana y más aún el Código Técnico Chileno, desglosa una cantidad de indicadores que debe contener estos planos.

En lo referente a sistema de comunicación, la única normativa que menciona el tema, y establece criterios para su instalación es la Norma Peruana. Esta norma indica parámetros: como el nivel de tensión al cual se debe colocar, las protecciones que debe tener, y las precauciones que se deben considerar para que su funcionamiento sea seguro.

Equipos: La NTC: establece que los equipos deben estar clasificados y abalados para ser utilizados en estos lugares peligrosos, (según la clasificación de ambientes especiales: lugares peligrosos que esta norma realiza), además de indicaciones generales en cuanto a protecciones.

Por su parte la Normativa Peruana, va más allá estableciendo requisitos no sólo en cuanto a protecciones sino que también nombra requerimientos en cuanto a niveles de tensión de instalación, mantenimiento, el sistema de puesta a tierra que deben tener los equipos por nombrar algunos.

El aporte que hace el Código Eléctrico Chileno está más encaminado al cumplimiento de parámetros de seguridad.

El tema de alambrado es un contenido abordado casi que únicamente por la normativa nacional, en varios de sus apartes menciona aspectos importantes a tener en cuenta al momento de realizar el diseño del alambrado en una instalación en mina.

Menciona los materiales en lo que se debe realizar, así como la aprobación que debe tener, las medidas de seguridad que se deben considerar, entre otras.

La certificación de los elementos y equipos eléctricos a utilizar en una mina, tanto la normativa nacional, como el Código Técnico Chileno lo mencionan.

La certificación autentica que el equipo es apto para ejercer una función específica, se basa en lineamientos y especificaciones estandarizadas, por lo que es importante que en la actividad minera se empleen equipos que cuenten con esto.

La normativa colombiana sugiere que se utilicen equipos certificados, rotulados, (según la clasificación que en ésta norma se realiza).

El código Técnico Chileno además de exigir la certificación de los equipos a utilizar también estipula la certificación de todos los procedimientos que se hagan necesarios realizar dentro de la mina con el propósito de ejercer un eficiente control sobre los riesgos operacionales.

8. CONTRASTE DE LA NORMATIVA VIGENTE CON LO QUE SE DESARROLLA EN LAS MINAS

Como parte fundamental de este trabajo se realizó una visita técnica a las minas subterráneas. El propósito de cualquier reglamento técnico de electricidad es el de garantizar la protección de la vida animal y vegetal así como la preservación del medio ambiente; previniendo al máximo los riesgos cuyo origen es la electricidad.

Además realiza unas exigencias que contribuyan a garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas basadas en su buen funcionamiento.

En la industria minera se hace indispensable el uso de la electricidad, por lo tanto fué necesario que en las normas, códigos eléctricos y reglamentos se mencionaran y se establecieran condiciones y requerimientos que deben ser aplicados en los lugares, equipos e instalaciones eléctricas que tiene como fin dicha actividad.

En algunos países en los cuales la exploración y explotación minera tiene mayor importancia que en otros lugares del mundo se han creado normas y códigos que van dirigidos única y exclusivamente a este campo; como es el caso de Perú y Chile.

Se realizó un registro fotográfico el cual va a ser utilizado como material de soporte al momento de contrastar la manera como están diseñadas las instalaciones eléctricas en las minas visitadas con las especificaciones y requerimientos que hacen el Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas RETIE y la Norma Técnica colombiana NTC 2050.

Para el desarrollo de este capítulo se van a establecer una serie de conformidades y no conformidades partiendo de un análisis de la información recopilada con las fotografías y lo exigido por el RETIE y la NTC-2050. Inicialmente se hará la revisión

tomando como referencia el RETIE y para finalizar el capítulo se propondrá la misma dinámica pero con respecto a la NTC-2050.

Figura 14. Soporte para el cableado que va hacia el interior de la mina



Fuente: Autores

Figura 15. Alumbrado dispuesto para la mina.



Fuente: Autores

Figura 16. Interruptores



Fuente: Autores

Figura 17. Instalación de sopladores de aire al interior de la mina.



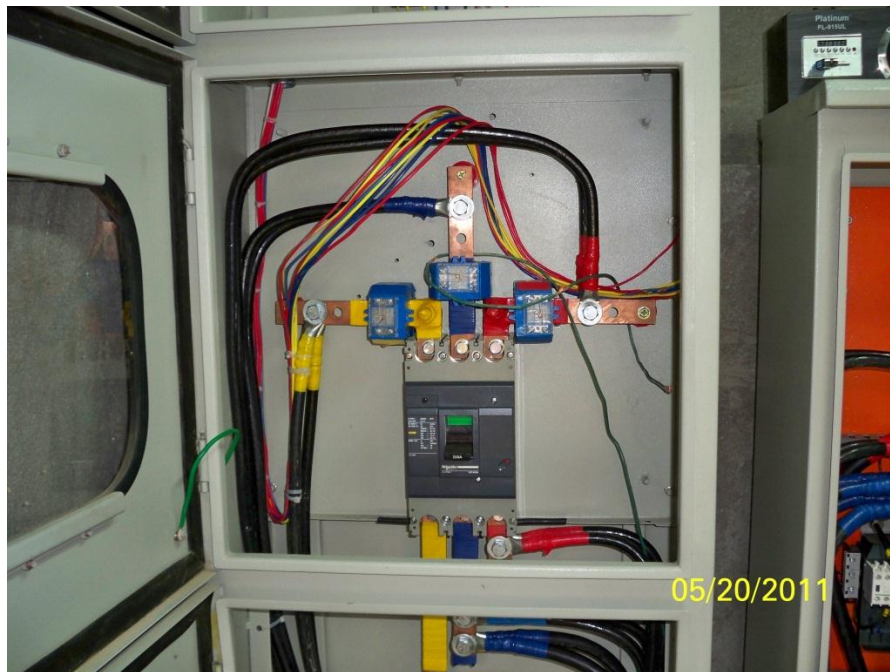
Fuente: Autores

Figura 18. Extintores dentro de la mina.



Fuente: Autores

Figura 19. Elementos de la subestación.



Fuente: Autores

Figura 20. Sistema de transporte del material extraído.



Fuente: autores

Observando las imágenes se evidencia una serie de irregularidades que existen respecto a lo que exigen las normas Colombianas en relación a las instalaciones eléctricas en minas.

8.1. Comparación con base en el RETIE

El trabajo se desarrollará de la siguiente manera, se citarán los literales del RETIE con la numeración con la que se encuentra en el presente documento y se establecerá si hay o no conformidad según lo exigido por éste Reglamento y lo observado en el material fotográfico y durante la visita técnica.

- **3.1.1.1.a)** No conformidad, ya que aún cuando en la mina si existen unos planos éstos no contienen la información actualizada, ya que han realizado modificaciones y ampliaciones a las instalaciones.
- **3.1.1.1.b)** Conformidad, Para las repaciones, ampliaciones y cambios a las instalaciones eléctricas se cuenta con personal técnico y en la mayoría de los casos éstos tienen la certificación para realizar éstos trabajos.

- **3.1.1.1.d)** No conformidad, no se cuenta con etiquetas que garanticen seguridad y desconexión del suministro eléctrico mientras se hacen trabajos en los equipos.
- **3.1.1.1.f)** Conformidad, si se cuenta con extintores a lo largo de la mina (cómo se evidencia en las fotografías) pero, éstos elementos no cuentan con un programa de mantenimiento y supervisión que garantice su funcionamiento en caso de ser necesario.
- **3.1.1.1.h)** No conformidad, los cables instalados en el interior de la mina no cumplen con la condición de ser no propagadores de llama ni baja emisión de humo, Los cálculos para el dimensionamiento de los cables se hace basados únicamente en la demanda, regulación y pérdidas tanto de potencia como de energía. Además no cumplen con estar protegidos contra los riesgos propios de las operaciones mineras como proyecciones de rocas, tronaduras, impactos mecánicos, aguas ácidas, polvo, humedad u otro tipo de agente potencializador de deterioro
- **3.1.1.1.k)** No conformidad, Los polvorines no cumplen con las distancias exigidas en este ítem.
- **3.1.1.1.m)** No conformidad, No existe un sistema de alumbrado de emergencia, lo cual atenta contra la seguridad de los trabajadores.
- **3.1.1.1.n)** No conformidad, La banda transportadora no tiene un sistema de seguridad.
- **3.1.1.1.o)** No conformidad, los empalmes que se hacen en los cables no son lo suficientemente fuertes para resistir impactos mecánicos que puedan sufrir.
- En cuanto al literal 3.1.1.2: Requisitos de conexión a tierra, se cuenta con sistema puesta a tierra en el transformador pero no dentro del túnel.

- En lo concerniente al literal 3.1.1.3: Requisitos para equipos, Conformidad, los equipos tiene protección da falla a tierra.
- **3.1.1.3.1.b)** Conformidad, el transformador y los demás componentes de la subestación están dentro de una cubierta totalmente cerrada.
- **3.1.1.3.2.e)** No conformidad, los vagones empleados dentro de la mina para trasladar el mineral extraído no cuenta con lámparas.
- **3.1.1.4.a)** No conformidad, los cables, conductores y cables portátiles de potencia que alimentan los equipos y que exceden los 150 V no están protegidos con tubos rígidos ni otro medio mecánico similar.
- **3.1.1.4.c)** No conformidad, el transformador instalado dentro de la mina no está con las debidas restricciones que impida el acceso a personal no calificado

8.2. Comparación con base en la NTC-2050

Cabe resaltar que en la Norma Técnica NTC 2050 no se especifica las condiciones y los requerimientos para instalaciones eléctricas en minas, por lo que fué necesario recurrir a las características propias de la mina para encontrar ciertas similitud con alguna de las clasificaciones que hace esta norma y a partir de ahí hacer el mismo ejercicio que se hizo con el RETIE

- **3.2.1.4.b)** No conformidad, los equipos que están dentro de la mina no están dentro de una caseta o lugar que evite la entrada de polvo y así se pueda proteger.
- **3.2.2.2.** Conformidad, los transformadores cuentan con una óptima ventilación lo que facilita la continua remoción de gases o vapores.
- **3.2.2.3** No conformidad, no todos los instrumentos de medición cuentan con un encerramiento aprobado para lugares clase I división 1.

- **3.2.2.4.** No conformidad, el alambrado fijo no cumple con todas las condiciones que se especifica. Además en cuanto a las conexiones flexibles no se aplica de manera correcta.
- **3.2.2.8.** No conformidad, Los motores eléctricos utilizados en la mina, no cumple con las especificaciones exigidas en este item.
- **3.2.2.9.** No conformidad, los equipos de alumbrado instalados dentro de la mina, aún cuando tienen la información de la potencia máxima para la cual están aprobados, no tienen especificada la aprobación según el lugar: Clase y División.
- **3.2.2.11.** No conformidad, los cables y cordones flexibles no cumplen con el mínimo de las exigencias de este item que garanticen la seguridad de los trabajadores.
- **3.2.2.13.** No conformidad, el aislamiento de los conductores no están dimensionado para garantizar la protección de los conductores.
- **3.2.2.14.** No conformidad, El sistema de señalización no está completo ni cumple con las exigencias enunciadas en este item.
- **3.2.2.16.** No conformidad, el sistema de puesta a tierra está únicamente en la subestación, pero en el túnel no hay sistema de puesta a tierra, lo cual pone en riesgo tanto a la seguridad de las personas como al funcionamiento de la instalación eléctrica.
- **3.2.5.11.** No conformidad, todos los equipos deben tener etiquetas donde se identifique la aprobación de éstos, según la clasificación de los lugares (clase y División).
- **3.2.6.9. y 3.2.6.10** No conformidad, No se cuenta con la aprobación de los equipos eléctricos a utilizar ni del área según la clasificación de lugares: (Clase y Zona).

9. REQUISITOS DE SEGURIDAD EN EL DESARROLLO Y ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN LAS MINAS

Partiendo de lo que se desarrolló en el capítulo anterior, se van a establecer las condiciones mínimas para el desarrollo y elaboración del diseño de instalaciones eléctricas en baja tensión en minas en Colombia.

Para cumplir con este propósito se tomará como base la síntesis de la normativa realizada.

Las sugerencias se darán de manera general, y están enfocadas a fortalecer el criterio de seguridad con el que se debe cumplir en el diseño.

A continuación se enlista una serie de aspectos a tener en cuenta para tal fin.

- Instalaciones eléctricas temporales: En cuanto a las instalaciones temporales que puedan existir en la mina, se deben instalar interruptores en el punto de suministro de toda la instalación. Además éstas no deben en ningún caso ser sustitutas de instalaciones permanentes.
- Tomacorrientes: Debido a las condiciones de humedad de las minas, los tomacorrientes instalados en ellas deben estar aprobados para su uso en zonas húmedas o de lavado y deben ofrecer conexión con el conductor de puesta a tierra.
- Transformadores: Estos equipos deben cumplir con:
 - Estar dotados de encerramientos a prueba de explosión aprobados para el lugar donde van a ser instalados, además deben garantizar la protección contra daños físicos e impactos mecánicos.
 - Poseer un sistema de ventilación para facilitar el enfriamiento del equipo.

- Contar con materiales aislantes aprobados para las condiciones bajo las cuales va a operar este equipo.
- Cumplir con las distancias que se consideran prudentes para la instalación de estos equipos respecto a la mina.
- Tener un sistema de puesta a tierra.
- Ser resguardados de tal manera que se impida el acceso a personal no calificado y no autorizado y debe estar separado del lugar donde se almacenen explosivos.
- No debe tener partes expuestas energizadas.
- Transformadores de distribución: deben cumplir con lo siguiente:
 - Deben montarse sobre postes, respetando las distancias de seguridad.
 - El libre ingreso puede ser permitido cuando se trate de subestaciones unitarias totalmente cerradas.
 - Protegerse de posibles daños producidos por vehículos o maquinarias en movimiento.
- Interruptores, fusibles y equipos de control: Estos elementos deben cumplir con:
 - Deben ser accesibles, pero lo suficientemente mantenidos y resguardados para asegurar su óptimo funcionamiento y su operación y manipulación sólo por personal autorizado.
 - Estar instalados en bases resistentes al fuego, en cajas herméticas al polvo y agua.(con excepción de los interruptores tipo interperie)
 - Tener espaciamientos alrededor de éstos que permitan un acceso seguro para inspección, mantenimiento y reparación.

- La capacidad de los fusibles empleados para proteger los circuitos alimentadores no debe exceder la corriente máxima permanente del conductor que protege.
 - Los interruptores y en general los elementos de control instalados en terreno deberán montarse en forma tal que queden protegidos de daños mecánicos y humedad.
 - Deben cumplir con ser instalados respetando distancias que se consideran seguras.
- Motores: Los motores deben:
 - Ser protegidos con dispositivos de sobrecorriente y bajo voltaje, que impidan su involuntaria reenergización después de una interrupción de corriente.
 - Estar aprobados para ser utilizados en esa clase de lugares.
 - Ser totalmente cerrados, son un sistema de ventilación opcionalmente pueden tener dispositivos que detecten cualquier aumento de temperatura del motor.
 - Equipos de alumbrado: cada equipo debe estar aprobado como un conjunto completo para lugares de esa clase, debe tener claramente la rótula para la máxima potencia de las bombillas para las cuales está aprobado el equipo. Además se deben proteger contra daños físicos bien sea por su ubicación o mediante la utilización de rejillas protectoras.

Cuando los equipos sean colgantes y tengan que estar suspendidos y alimentados a través de tramos de tubo, éstos deben cumplir con las medidas de seguridad para conductores.

- Cableado- cordones flexibles: Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Debe estar protegido contra daños físicos, impactos mecánicos bien sea con su ubicación o por una protección. así mismo debe contar con aislamientos y protecciones estándares.
- El tramo de cable flexible debe ser continuo. Ser aprobados para las condiciones propias de una mina, contener además de los conductores del circuito un conductor de puesta a tierra, ir firmemente conectados a los terminales o conductores de suministro de manera que eviten desconexiones accidentales. Estar dotados de los sellos cortafuegos adecuados cuando entren en cajas, accesorios o encerramientos a prueba de explosión.
- Los cables entrarán a las carcasas metálicas de los motores, cajas de empalmes y compartimientos eléctricos solamente a través de accesorio apropiados.
- Empalmes para los conductores: Cuando se hagan empalmes permanentes en cables de arrastre, estos deben ser:
 - Mecánicamente fuertes con una adecuada conductividad eléctrica
 - Aislados y sellados en forma efectiva para evitar el ingreso de humedad y polvo
 - Dimensionados para cumplir por continuidad y aislamiento.
- Aislamiento: El aislamiento tanto para conductores como para equipos eléctricos debe cumplir con:
 - Ser resistentes a la entrada de líquidos o vapores, estar protegido por un blindaje de plomo u otros medios aprobados.
 - Ser la adecuada al voltaje aplicado y mantenido de forma que no se produzcan fugas o cortocircuitos.

- Deberá proveerse con pisos aislantes a ambos lados de cada tablero principal que contenga partes energizadas expuestas y accesibles. Estos pisos deberán ser de tamaño tal que imposibiliten alcanzar la parte energizada a cualquier persona que esté situada fuera del piso aislante.
- Sistema de señalización:
 - Todos los aparatos y equipos de señalización y alarmas independiente de su tensión deben estar aprobados para esa clase de lugares.
 - Los avisos de advertencia e instrucciones destinados a restringir y advertir al personal respecto de los riesgos presentes, las limitaciones de acceso a recintos energizados y las restricciones para la intervención de sistemas deberán ser instalados en lugares destacados.
 - La tensión no deberá exceder los 220 V en cualquier circuito donde haya riesgo de contacto con personas.
- Sistema de emergencia: Se debe diseñar un sistema de emergencia no sólo para la maquinaria, sino un sistema que ofrezca mayor respaldo a las instalaciones en ocasión de falla de ésta, y con esto garantizar seguridad en la actividad.
- Sistema de puesta a tierra: todos los equipos eléctricos y el alambrado debe contar con un sistema de puesta a tierra que cumpla con los siguientes requisitos:
 - El circuito de puesta a tierra que va del subsuelo a la superficie consistirá por lo menos de un conductor de cobre interconectado y unido con las partes metálicas del sistema eléctrico, a menos que un medio igualmente efectivo sea provisto.

- Conexiones equipotenciales: las conexiones equipotenciales se deben hacer mediante un accesorio u otros medios adecuados para este propósito; los medios para conexiones equipotenciales se deben aplicar a todas las canalizaciones, accesorios, cajas, armarios etc.
- Los dispositivos de puesta a tierra del neutro:
 - Dimensionados para funcionamiento continuo, excepto cuando se provea un dispositivo de disparo de falla a tierra.
 - Monitoreados de tal manera que desenergice la fuente si el dispositivo de puesta a tierra del neutro se abre
 - Conectados tan cerca como sea práctico al neutro de la fuente.
- Protección contra fallas atmosféricas: donde se requiera, equipos para protección contra descargas atmosféricas que incluirá pararrayos, condensadores de protección contra sobretensiones transitorias.
- Protección y control: Deben adoptarse todas las medidas necesarias para proteger el material eléctrico durante determinadas operaciones como mantenimiento.

Toda la instalación debe contar con un sistema de protección que en caso de sobrecarga, fallas a tierra, cortocircuitos, sobrecalentamiento u otra anomalía, actúen eficientemente, desenergizando los circuitos.

Los aparatos utilizados en la protección contra las sobrecargas y cortocircuitos deben aislarse y mantenerse de manera tal que su estado asegure el corte de la corriente antes que los elementos alcancen la temperatura máxima de diseño.

- Medidores: Estos elementos deben estar aprobados para su utilización en esa clase de lugares y se debe garantizar que cuenten con encerramientos para tales circunstancias.
- Alambrado: El alambrado se debe hacer en la clase de tubo conduit rígido, o si se puede en un cable flexible que mantenga las características de seguridad requeridas. Todo el alambrado debe ir en canalizaciones resistentes a los daños físicos y los impactos mecánicos
- Certificación: Es indispensable que todos los elementos y equipos eléctricos que se necesiten introducir en una mina sean aprobados por el ente regulatorio, esto con el fin de garantizar la seguridad de las personas que trabajan en ellas y el buen funcionamiento de los equipos.
- Sistemas de Comunicación: la tensión del sistema de comunicación no debe exceder los 50 V. Cada circuito de un sistema de comunicación que se extienda a la superficie desde una mina debe estar provisto con un adecuado equipo de protección contra descargas atmosféricas, adecuadamente puesto a tierra en el lugar donde el circuito sale de los lugares de trabajo de la mina.
- Planos: En toda mina donde se use electricidad debe haber planos o diagramas unifilares de las instalaciones eléctricas existentes, registros actualizados de todos los equipamientos y sistemas instalados. Además debe existir la información necesaria y detallada referida a:
 - Potencias instaladas, consumos y distribución de la energía por áreas o centros de operación
 - Descripción y características de los equipos de generación y distribución y también de aquellos de consumo como, motores, y maquinaria en general.

- Descripción de los sistemas y redes de alumbrado.
- Descripción de los sistemas de protección y control, incluido pararrayos.

Tales planos o diagramas estarán siempre disponibles para la autoridad competente.

GLOSARIO

- **Acoplador de cables ("*cable coupler*")**.- Dispositivo hembra-macho en el cual se conecta el extremo de un cable de suministro con un equipo u otro cable.
- **Análisis de riesgos:** Conjunto de técnicas para identificar, clasificar y evaluar los factores de riesgo. Es el estudio de consecuencias nocivas o perjudiciales, vinculadas a exposiciones reales o potenciales.
- **A prueba de llama:** es un tipo de protección de equipo eléctrico en el cual el encerramiento soportará una explosión interna de una mezcla inflamable que ha penetrado a su interior, sin que sufra daño y sin causar ignición, a través de cualquier junta o abertura estructural en el encerramiento, de una atmósfera explosiva externa consistente de uno o más gases o vapores para lo cual se ha diseñado
- **Balde ("*Skip*")**.- Gran contenedor de metal, usualmente auto descargable, parecido a una caja, usado en un pique para izaje de minerales o rocas.
- **Cable portátil de potencia ("*portable power cable*")**.- Cable extraflexible, usado para conectar equipos móviles o estacionarios en minas a una fuente de energía eléctrica cuando no sea practicable una instalación permanente.
- **Caseta de interruptores ("*Switchhouse*")**.- Equipo eléctrico movable que contiene interruptores que controlan las salidas de alimentación hacia las máquinas utilizadas en las minas de superficie y canteras.
- **Castillo de pique ("*headframe*")**.- Estructura de metal o madera en la parte superior de un pique que lleva una polea para el cable de izaje y es utilizado para diferentes propósitos.

- **Circuito derivado, multiconductor:** Circuito derivado que consta de dos o más conductores no puestos a tierra que tienen diferencia de potencial eléctrico entre ellos, y un conductor puesto a tierra que tiene la misma diferencia de potencial eléctrico entre él y cada conductor no puesto a tierra del circuito y que está conectado al neutro o al conductor puesto a tierra del sistema.
- **Clavija, enchufe:** Dispositivo que por medio de su inserción en un receptáculo establece la conexión eléctrica entre los conductores de su propio cordón flexible y los conductores permanentemente conectados al receptáculo.
- **Conductor de puesta a tierra ("*Grounding conductor*").-** Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.
- **Conexión equipotencial ("*bonding*").-** La unión permanente de partes metálicas para formar un paso o una trayectoria eléctricamente conductiva, que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir cualquier corriente que le sea impuesta.
- **Conmutador de retroceso ("*Backoutswitch*").-** Un conmutador que permite la operación de la wincha solamente en la dirección contraria al movimiento que originó sobrepasar el límite de seguridad.
- **Cubierta ("*jacket*").-** Cubierta termoplástica o termoestable algunas veces reforzada, aplicada sobre el aislamiento principal, cubierta metálica o armadura de un cable.
- **Dispositivo de puesta a tierra del neutro ("*Neutral-groundingdevice*").-** Una impedancia usada para conectar a tierra el neutro de un sistema

eléctrico, con el propósito de controlar la corriente de tierra y la tensión a tierra.

- **Dispositivo de control de hombre muerto ("*Dead-man control*")**.- Dispositivo diseñado para parar un equipo cuando un operador libera el mismo con la mano o pie.
- **Ensamble de salidas múltiples**: Canalización superficial o empotrada diseñada para contener conductores o receptáculos ensamblados ya sea en campo o en fábrica.
- **Envolvente**: Recinto, recipiente o carcasa de un aparato o la cerca o paredes que rodean una instalación para evitar que las personas entren en contacto accidental con partes energizadas o para protección de los equipos contra daño físico.
- **Equipo antideflagrante (a prueba de explosión)**: 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.
- **Equipo eléctrico móvil/movible**- Equipo que está diseñado para ser energizado mientras se mueve.
- **Equipo de interrupción ("*Switchgear*")**.- Un término general que cubre dispositivos de conmutación e interrupción y su combinación con dispositivos asociados de control, instrumentación, medición, protección y regulación, también los ensamblajes de estos dispositivos con interconexiones, accesorios y estructuras de soporte asociados, usados

principalmente en conexión con generación, transmisión, distribución y conversión de energía eléctrica.

- **Equipo de utilización:** Equipo que transforma, con cierta eficiencia, la energía eléctrica en energía mecánica, química, calorífica, luminosa u otras.
- **Instalación eléctrica temporal:** instalaciones destinadas al mantenimiento y reparación de equipos o estructuras o al traslado de equipos exclusivamente mientras dura la actividad.
- **Jaula ("cage").-** Una plataforma encerrada que se mueve verticalmente y es usada en un pique de mina para el transporte de trabajadores y materiales.
- **Lugar (clasificado) Peligroso:** Aquella zona donde están o pueden estar presentes gases o vapores inflamables, polvos combustibles o partículas volátiles de fácil inflamación.
- **Monitoreo del conductor de tierra ("*ground-conductor monitoring*").-** Acción de verificar la continuidad del conductor de tierra de los cables de alimentación.
- **Partes vivas:** Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que representan riesgo de choque eléctrico.
- **PCB:** Bifenilo policlorado, aquellos clorobifenilos que tienen fórmula molecular $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ donde n es mayor que 1. Conocido comúnmente con Askarel.
- **Personal autorizado.-** Personas que han sido advertidas de los peligros de la operación de los equipos eléctricos, instruidos y autorizados en el manejo de éstos por autoridad competente de una empresa minera.

- **Personal calificado.-** Personas familiarizadas con la construcción y operación de los equipos y de los peligros involucrados.
- **Receptáculo-Tomacorriente:** Dispositivo de contacto eléctrico instalado en una salida para la conexión de una sola clavija. Un receptáculo sencillo es un dispositivo de un solo juego de contactos. Un receptáculo múltiple es aquel que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis.
- **Resguardado:** Cubierto, blindado, cercado, encerrado o protegido de otra manera, por medio de cubiertas o tapas adecuadas, barreras, rieles, pantallas, placas o plataformas que evitan el riesgo de acercamiento o contacto de personas u objetos a un punto peligroso.
- **Sistema de Alumbrado de emergencia:** Término genérico aplicado a sistemas de iluminación destinados a ser usados en caso de falla de la iluminación normal. Su objetivo básico es permitir la evacuación segura de lugares en que se transiten, permanezcan o trabajen personas.
- **Wincha("hoist").-** Sistema que es accionado eléctricamente para subir minerales, rocas u otros materiales desde una mina y para subir o bajar personal o materiales.
- **Wincha de fricción ("frictionhoist").-** Una wincha de mina en el que los baldes o jaulas están suspendidos a ambos lados de una tambora de fricción, la cual le imparte a los baldes o jaulas el movimiento deseado.

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Para la recopilación de la normativa internacional se tuvo en cuenta aquellos países en los que esta industria minera muestra un índice de crecimiento significativo por lo que estos países muestran un interés por diseñar, difundir y fomentar códigos y reglas que garanticen que el uso de la energía eléctrica en la actividad minera se lleva a cabo de forma tal que se minimicen al máximo los riesgos de origen eléctrico, se preserve la vida y se conserve el medio ambiente.
- Después de analizar la normativa nacional RETIE y NTC-2050, se identificaron insuficiencias significativas en cuanto a contenido y a requerimientos de seguridad, por lo tanto se considera como una necesidad que el soporte normativo existente se complemente con el de otros países que tienen normas y códigos dirigidos única y exclusivamente al uso de la electricidad en dicha actividad.
- Con ayuda de la visita técnica realizada a las dos minas en el municipio de Vetas se pudo evidenciar que en el escenario de la minería artesanal no se cumplen la mayoría de las exigencias realizadas por el RETIE y por la NTC-2050, simplemente tienen en cuenta que el diseño de la instalación eléctrica cumpla con las exigencias de la demanda, regulación, pérdidas de potencia y pérdidas de energía; pasando por alto otros criterios no menos importantes. Los requerimientos no tenidos en cuenta son esenciales para que el diseño y montaje de las dichas instalaciones se cumpla con los estándares de seguridad.
- Con la elaboración de este proyecto, las posibles entidades interesadas cuentan con una herramienta que puede ser de gran utilidad al momento de realizar diseños de instalaciones eléctricas en las minas cumpliendo con los requerimientos de la normativa nacional, así con los aportes significativos que hacen normas internacionales con el fin que estos diseños sean seguros y eficientes.

- El valor agregado de este proyecto radica en la facilidad que representa a la comunidad estudiantil encontrar en un sólo documento sintetizada la normativa vigente nacional e internacional para diseño de instalaciones eléctricas en baja tensión en minas.

BIBLIOGRAFIA

[1] Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001. Resolución Ministerial N° 366-2001- EM/EVM.

[2] INFORME ECONÓMICO Y COMERCIAL. Elaborado por la Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile. Actualizado en Mayo 2011.

[3] La industria Minera de México. CAMINEX: Cámara Minera de México, Marzo 2007

[4] NOM 001-SEDE-2005 Norma Oficial Mexicana. Instalaciones Eléctricas (Utilización)

[5] NOM 023-STPS-2003 Norma Oficial Mexicana. Trabajos en minas-Condicioness de Seguridad y salud en el trabajo.

[6] NTC 2050 (Primera actualización) Código Eléctrico Colombiano. Noviembre de 1998.

[7] REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA. Decreto Supremo N° 132. Ministerio de Minería. Chile, 2004.

[8] RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctrica. Resolución Número 18 1294 del 6 de Agosto de 2008.

ANEXOS

ANEXO A. APENDICE DE LA NORMA MEXICANA

| NORMA | TITULO | SECCION |
|---|--|-----------|
| ISO 965-1: 1998 | ISO general-purpose metric screw threads -- Tolerances -- Part 1: Principles and basic data. | 500-3 |
| ISO 965-3: 1998 | ISO general purpose metric screw threads -- Tolerances -- Part 3: Deviations for constructional screw threads | 500-3 |
| IEC 60079-0 (2004-1) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 0: General requirements | 505-4 |
| IEC 60079-1 (2003-11) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 1: Flameproof enclosures "d" | 505-4 (a) |
| IEC 60079-2 (2001-02) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 2: Pressurized enclosures "p" | 505-4 (b) |
| IEC 60079- 13 (1982-01) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 13: Construction and use of rooms or buildings protected by pressurization | 505-4 (b) |
| IEC 60079- 15 (2005-03) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 15: Construction, test and marking of type of protection "n" electrical apparatus | 505-4 (d) |
| IEC 60079-6 (1995-4) Corrigendum 1 (2003-09) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 6: Oil-immersion "o" Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 6: Oil-immersion "o" | 505-4 (e) |
| IEC 60079-7 (2001-11) Corrigendum 1 (2004-02) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 7: Increased safety "e" Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 7: Increased safety "e" | 505-4 (f) |
| IEC 60079- | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- | 505-4 (g) |

| | | |
|---|---|---|
| 18 (2004-03) | Part 18: Construction, test and marking of type of protection encapsulation "m" electrical apparatus | |
| IEC 60079-5 (1997-04) Amendment 1 (2003-09) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 5: Powder Filling "q" Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 5: Powder filling "q" | 505-4 (h) |
| IEC 60079- 10- 1995 | Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres, Classification of Hazardous Areas | 505-5 Nota 2 505-9 (a) 505-10 |
| IEC 60079- 16 (1990-05) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Part 16: Artificial ventilation for the protection of analyser(s) houses | 505-5 Nota 6 |
| IEC 60079- 12 (1978-01) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 12: Classification of mixtures of gases of vapours with air according to their maximum experimental safe gaps and minimum igniting currents | 505-7 |
| IEC/TR 60079-20 (1996-10) | Electrical apparatus for explosive gas atmospheres- Part 20: Data for Flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus | 505-8 |

ANEXO B. LISTADO DE NORMAS EXTRANJERAS

| NORMA | TITULO | SECCION |
|---------------|--|---|
| C2-2002 | National Electrical Safety Code (NESC) | 110-31(b)(1) 225-18 225-19 500-5(b)(3) 551-79 nota 830-10 |
| NFPA 20-2003 | Standard for the Installation of Stationary Fire Pumps for Fire Protection | 240-3(a) 517-30(a) |
| IEEE 142-1991 | Recommended practice for grounded of industrial and commercial power systems | 250-27 (c) |
| NFPA 30-2003 | Flammable and Combustible Liquids Code | 500-3(c) 500-7(b) 505-5 513-1 515-1, 515-2 Tabla 515-2 515-16 |
| NFPA 32-2004 | DrycleaningPlants | 500-3 (c) 516-1 |
| NFPA 33-2003 | Spray Application Using Flammable | 500-3 (c) |

| | | | |
|---------------|--|--------------------------|-----|
| | or Combustible Materials | 516-1 | |
| NFPA 34-2003 | Dipping and Coating Processes Using Flammable or Combustible Liquids | 500-3 516-1 | (c) |
| NFPA 35-2005 | Manufacture of Organic Coatings | 500-3 (c) | |
| NFPA 36-2004 | Solvent Extraction Plants | 500-3 (c) | |
| NFPA 45-2004 | Standard on Fire Protection for Laboratories using Chemicals | 500-3 (c) | |
| NFPA 50A-1999 | Standard for Gaseous Hydrogen Systems at Consumer Sites | 500-3 (c) | |
| NFPA 50B-1999 | Standard for Liquefied Hydrogen Systems at Consumer Sites | 500-3 (c) | |
| NFPA 58-2004 | Liquefied Petroleum Gas Code | 500-3 500-7(b) | (c) |
| NFPA 59-2004 | Utility LP-Gas Plant Code | 500-3 (c) | |
| NFPA 77-2000 | Recommended Practice on Static Electricity | 500-3 505-5 NOTA 3 | (c) |

| | | | |
|---------------|---|---|-----|
| NFPA 325-1994 | Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases, and Volatile Solids | 500-5(a)(4) 500-5(e) 505-8 513-1 | |
| UL 886-1994 | Outlet Boxes and Fittings for Use in (Classified) Locations | 501-5(e)(2) NOTA 2 | |
| NFPA 497-2004 | Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas | 500-3 500-5(a)(4) 500-5(e) 505-8 800-31 | (c) |
| NFPA 499-2004 | Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas | 500-3 500-5(b)(3) 500-5(e) 500-5(f) | (c) |
| NFPA 780-2004 | Standard for the Installation of Lightning Protection Systems | 500-3 505-5 | (c) |
| NFPA 820-2003 | Standard for Fire Protection in Wastewater Treatment and Collection Facilities | 500-3 © | |

| | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|--------------|
| ANSI/API RP 500- 1997 | Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2 | 500-3 505-5 Nota 505-10© | (c) 4 |
| API 2003-1998 | Protection Against Ignitions Arising Out of Static Lightning and Stray Currents | 500-3 505-5 Nota 3 | (c) |
| ANSI/API RP 14F 1999 | Recommended Practice for Design and Installation of Electrical Systems for Offshore Production Platforms | 500-3 505-5 Nota 5 | (c) |
| UL 1203-2004 | Explosionproof and Dust- Ignitionproof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations | 500-4 500-4 502-1 | (a) (b) |
| UL 1604-2004 | Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2 and Class III Hazardous (Classified) Locations | 500-4(c) 500-4(f)(2) | |
| UL 913-2003 | Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and III, Division 1, Hazardous Locations | 500-4(e) 505-4 (c) | |

| | | |
|----------------------|---|----------------|
| UL 698A-2002 | Industrial Control Equipment for Use In Hazardous (Classified) Locations | 500-4(g) |
| ANSI/ASHRAE 15- 2004 | Safety Code for Mechanical Refrigeration | 500-5(a)(4) |
| ANSI/CGA G2.1-1989 | Safety Requirements for the Storage and Handling of Anhydrous Ammonia. | 500-5(a)(4) |
| ASTM D 3175-2002 | Standard Test Method for Volatile Material in the Analysis Sample for Coal and Coke | 500-5(b)(2) |
| NFPA 505-2006 | Fire Safety Standard for Powered Industrial Trucks Including Type Designations, Areas of Use, Conversions, Maintenance, and Operation | 503-1 625-1 |
| ANSI/ISA | Recommended Practice for Wiring Methods for Hazardous (Classified) | 504-1 |
| RP12.06.01-2003 | Locations Instrumentation Part 1: Intrinsic Safety | 504-50 |
| UL 913-2003 | Standard for Safety, Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and III, Division 1, Hazardous | 504-2 |

| | | |
|------------------------|---|--|
| | (Classified) Locations | |
| UL 2279-2001 | Electrical Equipment for use In Class I, Zone 0, 1 and 2 Hazardous (Classified) Locations | 505-4 |
| ANSI/ISA 12.00.01-2002 | Electrical Apparatus for Use in Class I, Zones 0, 1 & 2 Hazardous (Classified) Locations: General Requirements (IEC 60079-0 Mod) | 505-4 |
| ANSI/ISA-S12.10-1988 | Area Classification in Hazardous (Classified) Dust Locations | 500-3 (c) |
| ANSI/ISA 12.12.01-2000 | Nonincendive Electrical Equipment for Use in Class I & II, Division 2 & Class III, Divisions I & 2 Hazardous | 500-4(c) 500-4(f)(1) 500-4(f)(2) 500-4(h) |
| ANSI/ISA 12.16.01-2002 | Electrical Apparatus for Use in Class I, Zone 1 Hazardous (Classified) Locations: Type of Protection-Increased Safety "e" (IEC 60079-7 Mod) | 505-4(f) |
| ANSI/ISA 12.22.01-2002 | Electrical Apparatus for use in Class I, Zone 1 and 2 Hazardous (Classified) Locations, Type of | 505-4(a) |

| | | |
|-------------------------------|---|------------------------------------|
| | Protection -Flameproof "d" | |
| ANSI/ISA 12.23.01- 2002 | Electrical Apparatus for Use in Class I, Zone 1 Hazardous (Classified) Locations Type of Protection-Encapsulation "m" (IEC 60079-18 Mod) | 505-4(g) |
| ANSI/ISA 12.25.01- 1998 | Electrical Apparatus for Use in Class I, Zone 1 Hazardous (Classified) Locations: Type of Protection-Powder Filling 'q' (IEC 60079-5 Mod) | 505-4(h) |
| ANSI/ISA 12.26.01- 1998 | Electrical Apparatus for Use in Class I, Zone 1 Hazardous (Classified) Locations: Type of Protection-Oil-Immersion 'o' (IEC 60079-6 Mod) | 505-4 (e) |
| API RP 505 1997 | Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, and Zone 2 | 505-5 Nota 2 505-9 505-10 |
| ISA S12.24.01- | Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical | 505-5 505-9(a) |

| | | |
|----------------------|--|-------------------------|
| 1998 | Installations Classified as Class I, Zone 0, Zone 1, or Zone 2 | 505-10(c) |
| NFPA 88A - 2002 | Standard for Parking Structures | 511-2 |
| NFPA 88B - 1997 | Standard for Repair Garages | 511-2 |
| NFPA 409- 2004 | Standard on Aircraft Hangars | 513-1 |
| NFPA 30A- 1996 | Automotive and Marine Service Station Code | 514-5(c) 555-10 |
| ASHRAE | Handbook of fundamentals (Indicado en el Capítulo 24) | 517-34 571-43-(b)(1) |
| NFPA 40-2001 | Standard for the Storage and Handling of Cellulose Nitrate Motion Picture Film | 530-1 540-1 |
| ASAE EP 473- 1997 | Equipotential Planes in Animal Containment Areas, American Society of Agricultural Engineers | 547-9 |
| SAE J1128- | Low-Tension Primary Cable | 551-10 |

| | | | |
|----------------|--|---|----------------------------------|
| 2000 | | | 552-10(b) |
| SAE J1127-2000 | | Battery Cable | 551-10 552-10(b) |
| NFPA 1192-1999 | | Standard on Recreational Vehicles | 551-30(d) |
| NFPA 302-2004 | | Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft | 555-2 555-3 |
| NFPA 303-2002 | | Fire Protection Standard for Marinas and Boatyards | 555-3 555-7 555-10 |
| NFPA 110-2005 | | Standard for Emergency and Standby Power Systems | 700-1 700-7 701-1 701-8 |
| IEEE 446-1995 | | Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications | 701-1 |
| NFPA 70E-2004 | | Standard for Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces | 710-1 |
| NFPA 72-2002 | | National Fire Alarm Code | 760-1 |

| | | |
|--------------------|--|---|
| | | |
| TIA/EIA 568 A-1995 | Commercial Building Telecommunications, Wiring Standard | 725-7 760-8 770-8 800-6 830-7 |
| TIA/EIA 569 -2001 | Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces | 725-7 760-8 770-8 800-6 830-7 |
| TIA/EIA 570-2004 | Residential and Light Commercial Telecommunications Wiring Standard | 725-7 760-8 770-8 800-6 830-7 |
| UL 1666-2000 | Test for Flame Propagation Height of Electrical and Optical-Fiber Cable Installed Vertically in Shafts | 760-31(d) 760-31(e) 760-71(e) 800-51 (b) 770-51(b) 820-51(b) 830-5(a) |
| UL 2024 -2002 | Standard for Optical Fiber Raceways | 770-6 800-4 |

| | | |
|----------------|---|---------------------|
| UL 1459-1995 | Standard for Safety, Telephone Equipment | 800-4 |
| UL 1863-2005 | Standard for Safety, Communications Circuit Accessories | 800-4 |
| UL 497A-2001 | Standard for Secondary Protectors for Communications Circuits | 800-32 |
| NFPA 86-1995 | Standard for Ovens and Furnaces | 516-2 (e) |
| NEMA 250-2003 | Enclosures for Electrical Equipment (1 000 volts Meximum) | 500-4 (c) |
| ASTM D 2155-69 | Test procedures | 501-8 (a) |
| SAE J554-1987 | Electric Fuses (CartridgeType) | 551-10(e)2 |
| SAE J1284-1988 | BladeType Electric Fuses | 551-10(e)2 |
| UL 275-1993 | AutomotiveGlass-Tube Fuses | 551-10(e)2 |
| NEMA WD6-2002 | WiringDevices-Dimensional Requirements | 551-46(c) 552-44 |

ANEXO C. NORMATIVA PERUANA

Descripción de los cables de mina.

| Tipo de cable | Descripción | Tensión |
|---------------|---|-----------------|
| SHG-GC | Multiconductor con conductores de tierra, un conductor de chequeo de tierra y un apantallado total. | 2000 V o menos |
| SHD | Con conductores de potencia apantallados individualmente y conductores de tierra. | 25000 V o menos |
| SHD-GC | Con conductores de potencia apantallados individualmente y conductores de tierra y un conductor de chequeo de tierra. | 25000 V o menos |

Distancias de aislamiento mínimas para el desplazamiento de vehículos o máquinas.

| Valor eficaz de la tensión de funcionamiento U (entre fase) | Distancia de aislamiento mínima (mm) |
|---|--------------------------------------|
| Menor o igual a 1kV | 1000 |
| Desde 1 kV a valores menores que 30 kV | 2300 |
| Desde 30 kV a valores menores que 60 kV | 2500 |

| | |
|---|------|
| Desde 60 kV a valores menores que 138 kV | 3000 |
| Desde 138 kV a valores menores o iguales que 220 kV | 4000 |

Espaciamientos mínimos para el movimiento de equipos.

| Clase de tensión kV | Espaciamiento mínimo |
|---------------------|----------------------|
| 0 a 1 | 1 |
| 1 a 50 | 3 |
| 50 a 90 | 5 |
| 90 a 120 | 10 |
| sobre 120 | 15 |

Selección de cubiertas para lugares no peligrosos

| Provee un grado de protección contra las siguientes condiciones ambientales | Tipo de cobertura | | | | | |
|---|-------------------|------|------|------------------------------|------|-----------|
| | Uso en interiores | | | Uso en interiores/exteriores | | Inmersión |
| | IP21 | IP22 | IP55 | IP24 | IP45 | |
| IP68 | | | | | | |
| Contacto accidental con partes vivas | X | X | X | X | X | X |
| Caída de polvo y suciedad | X | X | X | X | X | X |
| Goteo y salpicadura ligera de líquidos no corrosivos | | X | X | X | X | X |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|---|---|---|
| Circulación de polvo, pelusa, fibras en suspensión | | | | X | X | X |
| Precipitación de polvo, pelusa y fibras en suspensión | | | X | X | X | X |
| Caída de mangueras y salpicadura de agua | | | | | X | X |
| Corrosión | | | | | X | X |
| inmersión temporal ocasional | | | | | | X |
| Inmersión prolongada ocasional | | | | | | X |
| Filtración, rociado o salpicado de aceites y refrigerantes | | | X | | | |
| Lluvia, nieve y formación externa de hielo | | | | X | | |
| Formación externa de hielo | | | | X | X | X |
| Polvareda | | | | X | X | X |

ANEXO D. APENDICE DE LA NORMA CHILENA

Elevación del potencial de tierra y tensión de falla a tierra

Nota: Este apéndice no es una parte obligatoria de esta norma.

Para esta norma se define la elevación del potencial de tierra como: “La tensión máxima que una malla de puesta a tierra puede alcanzar con respecto a un punto de puesta a tierra distante asumido que está al potencial de tierra remota”. La elevación del potencial de tierra puede ser transferida a un equipo remoto por un conductor de tierra. Esta tensión transferida no debe ser confundida con la tensión de falla a tierra, la cual es una caída de tensión en el conductor de tierra cuando ocurre una falla de tierra. La figura A1 ayuda a ilustrar la elevación del potencial a tierra y la tensión de falla a tierra. Los medios de desconexión y protección no son mostrados.

Elevación del potencial a tierra y tensión de falla a tierra

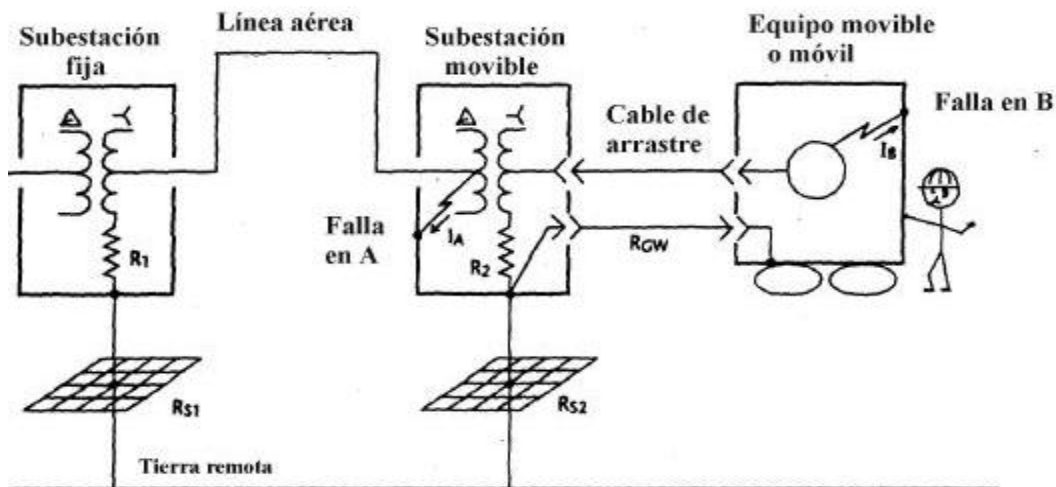


Figura 9. Elevación del potencial a tierra y tensión de falla a tierra

En sistemas puestos a tierra a través de una resistencia, es una práctica común asumir un camino de falla de impedancia cero y considerar solamente la resistencia de puesta a tierra del neutro para calcular la corriente de falla a tierra esperada. Este valor es usado para calcular, en el peor de los casos, la elevación del potencial a tierra y la tensión de falla a tierra.

a) La corriente de falla esperada I_A es igual a la tensión de línea a neutro en el secundario del transformador de la subestación fija dividido por la resistencia de puesta a tierra del neutro (R_1).

b) La elevación del potencial a tierra en la subestación móvil es igual al producto de I_A y la resistencia de tierra de la subestación (R_{S2}). Esta Elevación del potencial de tierra será transferida a la estructura de los equipos alimentados por cables de arrastre.

c) La corriente de falla esperada I_B es igual a la tensión de línea a neutro en el secundario del transformador de la subestación móvil dividido por el valor de la resistencia del neutro del transformador (R_2).

d) La tensión de falla a tierra en la estructura del equipo alimentado por el cable de arrastre es igual al producto de I_B y la resistencia de la línea de tierra (R_{GW}).

La persona que toque la estructura del equipo alimentado por el cable de arrastre estará expuesta a una elevación del potencial a tierra transferido cuando ocurre una falla en A; y, a una tensión de falla a tierra cuando la falla ocurre en B.