



Cartilla sobre la

Gestión^{del} Riesgo Eléctrico

en Minería Subterránea

Trabajo seguro y prevención
de accidentes eléctricos

Contrato Interadministrativo **ANM-701-2025**



Agencia
Nacional de Minería



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Cartilla sobre la gestión del riesgo eléctrico en minería subterránea

Trabajo seguro y prevención de accidentes eléctricos

Contrato Interadministrativo ANM-701-2025

**Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
Observatorio ÍGNEA**

- © **Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín**
 - © **Gustavo Adolfo Viana Casas, editor, 2025**
 - © **Carlos Mario Mesa Quiroz, autor, 2025**
 - © **Alex Manuel Lemus Madrid, autor, 2025**
 - © **Juan Eugenio Monsalve Oliveros, autor, 2025**
 - © **Oscar Jaime Restrepo Baena, autor, 2025**

Diciembre, 2025



622.8

U54 Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín). Facultad de Minas. [Grupo de Investigación] Observatorio ÍGNEA

Cartilla sobre la gestión del riesgo eléctrico en minería subterránea : trabajo seguro y prevención de accidentes eléctricos / Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín). Facultad de Minas. [Grupo de Investigación] Observatorio ÍGNEA, Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Agencia Nacional de Minería -- Medellín, Colombia : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, 2025.

1 recurso en línea (37 páginas) : ilustraciones a color. -- (Contrato Interadministrativo ANM-701-2025)

ISBN impreso: 978-628-503-237-0

ISBN digital: 978-628-503-238-7

1. ELECTRICIDAD EN LA MINERÍA. 2. ACCIDENTES POR ELECTRICIDAD. 3. MINERÍA SUBTERRÁNEA. 4. ACCIDENTES DE TRABAJO. 5. SEGURIDAD INDUSTRIAL. 6. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES. 7. MINAS – MEDIDAS DE SEGURIDAD. 8. SALUD OCUPACIONAL – NORMAS TÉCNICAS. 9. RIESGO (MINERÍA SUBTERRÁNEA). I. Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Agencia Nacional de Minería . II. Título.

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín

Cartilla sobre la gestión del riesgo eléctrico en minería subterránea. Trabajo seguro y prevención de accidentes eléctricos

© Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

© Gustavo Adolfo Viana Casas, editor, 2025

© Carlos Mario Mesa Quiroz, autor, 2025

© Alex Manuel Lemus Madrid, autor, 2025

© Juan Eugenio Monsalve Oliveros, autor, 2025

© Oscar Jaime Restrepo Baena, autor, 2025

Primera edición: Medellín, diciembre de 2025

Corrección de texto: Juan Fernando Saldarriaga Restrepo

Carátula, diseño y diagramación: Paula Andrea Pulgarín Hernández

Este trabajo está licenciado bajo Creative Commons



“Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.”

Coordinación editorial

Observatorio ÍGNEA

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Calle 75 N 79 A - 51 Bloque M 15

igne_med@unal.edu.co

Ministro de Minas y Energía

Edwin Palma Egea

Viceministra de Minas

Sorrel Parisa Aroca Rodríguez

Presidenta de la Agencia Nacional de Minería

Lina Beatriz Franco Idárraga

Vicepresidenta de Seguimiento, Control y Seguridad Minera

María Isabel Carrillo Hinojosa

Gerente del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero

Jorge Adalberto Barreto Caldón

Equipo técnico de la Agencia Nacional de Minería

Eveling Dayana Cuchigay Pelayo, profesional técnica supervisión

Jesús Mauricio Getial Ortega, apoyo técnico supervisión

Jhon Jairo Palacios Araque, apoyo técnico supervisión

Julián Felipe Camargo Cely, apoyo técnico supervisión

Miguel José Valdeblanquez Martínez, apoyo técnico supervisión

William Albeiro Lozano Clavijo, apoyo técnico supervisión

Natalia Morales López, profesional jurídica supervisión

Equipo técnico de la Universidad Nacional de Colombia

Eva Cristina Manotas Rodríguez, decana

Jorge Iván Tobón, director de proyecto

Oscar Jaime Restrepo Baena, supervisor de proyecto

Juan Eugenio Monsalve Oliveros, coordinador académico

Gustavo Adolfo Viana Casas, coordinador técnico

Marcela Uribe Cardona, coordinadora de comunicaciones

Alex Manuel Lemus Madrid, profesional área técnica

Carlos Mario Mesa Quiroz, profesional área técnica

Sofía Parra Carballo, apoyo área técnica



Tabla de Contenido

- 1 | Presentación
- 2 | Conceptos generales y definiciones
- 3 | Introducción
- 5 | Principios para la gestión de riesgo eléctrico
- 6 | Principales normas eléctricas para el sector minero
- 7 | Identificación de peligros eléctricos
- 15 | Valoración del riesgo eléctrico
- 21 | Aplicación de controles al riesgo eléctrico
- 39 | Referencias



Presentación



La minería subterránea es una actividad en la que la electricidad cumple un papel muy importante en el funcionamiento de sus operaciones. El ambiente minero se caracteriza por la presencia de humedad, espacios cerrados y, en algunos casos, pueden existir atmósferas explosivas. Por ello, se hace necesaria una adecuada gestión del riesgo eléctrico.

Esta cartilla sobre gestión del riesgo eléctrico en minería subterránea está orientada hacia la formación y la sensibilización del personal minero, supervisores y responsables de la seguridad y salud en el trabajo. Contiene fundamentos técnicos, normas y ejemplos prácticos adaptados a las condiciones reales de una operación minera.

La cartilla permite que el lector identifique peligros eléctricos, evalúe el riesgo que se asocia a cada uno de estos y la aplicación de controles, promoviendo una cultura de la prevención y del trabajo seguro.

Su objetivo principal es contribuir a la reducción de accidentes eléctricos y a la protección de la vida, de la infraestructura y a la continuidad segura de las labores mineras subterráneas.

La cartilla es el resultado del Contrato Interadministrativo ANM-701-2025 entre la Agencia Nacional de Minería (ANM) y la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.



Conceptos generales y definiciones



Esta sección presenta algunos conceptos importantes en las temáticas de gestión del riesgo eléctrico y seguridad minera.

- **Accidente eléctrico.** Evento instantáneo, no deseado, que ocurre durante la actividad minera y en el que se ocasionan lesiones o daños a la salud del trabajador, deterioro de las instalaciones o interrupciones del proceso productivo por la manifestación de un peligro eléctrico.
- **Competencia.** Capacidad que tiene una persona y puede demostrarla, para aplicar conocimientos, habilidades y actitudes en la ejecución segura de una tarea específica.
- **Dieléctrico.** “Dicho de un material: Que es mal conductor de la electricidad” (Real Academia Española).
- **Electrocución.** Lesión grave o muerte causada por el paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano.
- **Ignífugo.** “lo que no se inflama ni propaga la llama o el fuego” (Real Academia Española).
- **Instalación eléctrica.** Conjunto de conductores, equipos y dispositivos diseñados para generar, transportar, distribuir y utilizar la energía eléctrica de forma segura.
- **Mantenimiento eléctrico.** Actividades planificadas destinadas a conservar o restablecer las condiciones seguras y operativas de las instalaciones, herramientas y equipos eléctricos.
- **Nivel de tensión.** Valor de la diferencia de potencial eléctrico presente en una instalación, que determina los requisitos de protección y seguridad.
- **Peligro eléctrico.** Fuente, situación o acto con potencial de causar daño debido a la presencia de energía eléctrica.
- **Planos eléctricos.** Documentos técnicos que representan gráficamente la disposición real de una instalación eléctrica y sus componentes.
- **Prevención.** Conjunto de acciones orientadas a eliminar o reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes eléctricos.
- **Puesta a tierra.** Sistema de protección que conecta las partes metálicas de una instalación al suelo, reduciendo el riesgo de una sobretensión en los equipos o de la electrocución de un trabajador.
- **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).** Norma que establece exigencias y especificaciones para garantizar instalaciones eléctricas seguras desde la fuente de generación hasta el uso final de la energía.
- **Riesgo eléctrico.** Probabilidad de que un peligro eléctrico cause daño, considerando la exposición y las medidas de control existentes.
- **Tablero eléctrico.** Conjunto de dispositivos que permiten controlar, proteger y distribuir la energía eléctrica hacia los diferentes circuitos de la mina.
- **Trabajos con tensión.** Actividades realizadas sobre instalaciones eléctricas energizadas, que requieren procedimientos estrictos y personal altamente competente.
- **Trabajos sin tensión.** Intervenciones eléctricas efectuadas después de verificar el corte efectivo de la energía y la ausencia de tensión.



Introducción

En la minería subterránea nos enfrentamos a espacios reducidos, humedad extrema y, en algunos casos, a atmósferas explosivas. En este ambiente, la electricidad, que es vital para la ventilación y la operación minera, se convierte en un peligro. Una falla eléctrica tiene la capacidad de provocar incluso que la corriente circule a través de las personas, con consecuencias que pueden ser graves o fatales.

Debido a esto y a los posibles daños no solo en las personas, sino también en los equipos y procesos, la adecuada gestión del riesgo eléctrico debe ser una prioridad en toda labor minera.

El riesgo eléctrico puede manifestarse en todas las etapas de la actividad minera. Por eso, su gestión debe ser organizada, sistemática, continua e involucrar a todo el personal.

Los objetivos de la gestión del riesgo eléctrico en minería son:

1



Proteger la vida y la salud de los trabajadores.



Garantizar la continuidad operacional de la mina.

3

2



Asegurar la integridad de los equipos y la infraestructura.



Transformar un entorno peligroso en uno controlado y predecible.

4

La cartilla se divide en los siguientes temas:

1



Principios para la gestión del riesgo eléctrico

2



Principales normas eléctricas para el sector minero

3



Identificación de peligros eléctricos

4



Valoración del riesgo eléctrico

5



Aplicación de controles al riesgo eléctrico

A partir de la sección 3 se presenta un ejemplo práctico para analizar la gestión del riesgo eléctrico en el contexto de una mina subterránea, mediante la aplicación de la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y la implementación de medidas de control.



1. Principios para la gestión de riesgo eléctrico

La seguridad eléctrica comienza cuando cada trabajador entiende que ninguna tarea es tan importante como para hacerla de forma insegura.

La gestión del riesgo eléctrico se rige por los siguiente principios:



La gestión del riesgo debe ser liderada por personal técnico idóneo, con formación permanente y competencias actualizadas de acuerdo con la normativa legal vigente.



2. Principales normas eléctricas para el sector minero

Las normas no existen para limitar el trabajo, sino para proteger a quienes desarrollan labores mineras.

Son muchas y variadas las normas que aplican en la gestión de la seguridad eléctrica en Colombia. Algunas de las principales son:

- El **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)**. Establece exigencias y especificaciones para garantizar instalaciones eléctricas seguras desde la fuente de generación hasta el uso final de la energía.
- La **Resolución 5018 del 2019**. Determina los lineamientos, las directrices, las guías y los procedimientos de seguridad para la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.
- El **Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas**. Expedido en el Decreto 1886 de 2015, modificado por el Decreto 944 del 2022. En su título VII habla de los “Requisitos para las instalaciones eléctricas bajo tierra”. Los artículos 169 a 187 disponen la aplicación de normas técnicas, los requisitos para instalaciones subterráneas acorde a las normas vigentes, los diseños de circuitos, entre otros temas.
- El **Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo** - Decreto 1072 del 2015. Reúne las normas laborales del país y plantea instrucciones para los sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo.
- El **Código Eléctrico Colombiano - NTC 2050 del 2020**. Aplica en el ámbito minero, en las instalaciones en superficie de tipo civil que presten servicios o apoyen las operaciones dentro de túnel.



3. Identificación de peligros eléctricos

Reconocer un peligro eléctrico a tiempo es evitar que una tarea se convierta en un evento fatal.

En minería subterránea, el *peligro eléctrico* se define como el acto, la condición o la situación que puede producir lesiones a las personas, daños a los equipos, las herramientas y las instalaciones, o interrupciones operativas, debido a la presencia, el uso o la falla de la energía eléctrica.

En la práctica, los primeros en identificar y reportar los peligros deben ser los trabajadores que día a día realizan labores mineras y son los que tendrán un mayor tiempo de exposición.

Los principales peligros eléctricos son:

- **Contacto directo.** Este ocurre cuando una persona entra en contacto físico con partes activas que conducen energía: conductores energizados, barrajes, terminales o equipos sin aislamiento.

En minería subterránea, donde la humedad es propia del ambiente, la iluminación es deficiente y el espacio es reducido, un descuido puede significar una descarga eléctrica severa o incluso la muerte.



Figura 1. Contacto directo

Fuente: imagen generada con ChatGPT - Open AI (2026).

- **Contacto indirecto.** Se presenta cuando el trabajador hace contacto con partes que normalmente no deberían estar energizadas, como carcasas metálicas, estructuras o tuberías que se energizan accidentalmente por fallas internas de los equipos o por deterioro de aislamiento de los conductores.

En ambientes húmedos o con presencia de agua subterránea, este riesgo aumenta considerablemente, porque se disminuye la resistencia del cuerpo al aumentar la circulación de corriente.

Los sistemas de puesta a tierra, el uso de dispositivos diferenciales y el mantenimiento adecuado de los equipos son necesarios para prevenir este tipo de peligro.



Figura 2. Contacto indirecto

Fuente: imagen generada con ChatGPT - Open AI (2026).

- **Arco eléctrico.** El arco eléctrico es una corriente que viaja por medio del aire y es capaz de generar temperaturas superiores a 20 000 °C, proyectar fragmentos metálicos a gran velocidad, provocar incendios y causar quemaduras graves en milésimas de segundo.

No es necesario hacer contacto con la parte energizada para que se presente el arco eléctrico; este puede presentarse solo con incumplir la distancia de seguridad, que es la separación mínima que debe mantenerse respecto a partes energizadas.

Las distancias de seguridad, al igual que los elementos de protección personal (EPP) para los trabajadores, se establecen conforme a los resultados de los estudios de arco eléctrico y la normatividad vigente.



Figura 3. Arco eléctrico

Fuente: imagen generada con ChatGPT - Open AI (2026).

La manipulación de equipos eléctricos solo debe ser realizada por personal competente, habilitado y autorizado.

Siempre se debe evitar intervenir un equipo o instalación que esté energizado.

- **Atmósferas explosivas.** En labores subterráneas, especialmente en la minería de carbón, se presentan la acumulación de gases inflamables, como el metano, y polvos combustibles, como el polvo de carbón, que pueden ocasionar explosiones primarias y secundarias.

Un equipo eléctrico inadecuado o una chispa puede convertirse en el punto de ignición de una explosión. Por esto, es indispensable contar con estudios para áreas clasificadas y utilizar equipos eléctricos certificados Ex, para controlar la ventilación, entre otros aspectos que deben tenerse en cuenta para evitar explosiones.



Figura 4. Chispa en atmósfera con altas concentraciones de metano ocasionan explosiones

Fuente: imagen generada con ChatGPT - Open AI (2026).

Otros peligros eléctricos que se manifiestan en una operación minera subterránea son:

- Energización inesperada de un equipo o instalación por causa de un error operativo.
- Fallas en los sistemas de puesta a tierra.
- Sobrecalentamiento por conexiones defectuosas que pueden derivar en incendios.
- Cortocircuitos por ingreso de agua.
- Interferencia en sistemas auxiliares, como ventilación o desagüe.
- Descargas atmosféricas y sobretensiones.

Para identificar los peligros eléctricos se deben realizar inspecciones por personal competente, de acuerdo con los cronogramas establecidos en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo del proyecto minero.

Además, deben utilizar herramientas como formatos, listas de chequeo y equipos de medición apropiados, en los cuales se registran las condiciones en que se hallan los equipos, la infraestructura, la actividad minera y las herramientas de trabajo.

Con lo anterior se busca elaborar, implementar y hacer seguimiento a los planes de acción que permitan prevenir, mitigar y eliminar los riesgos existentes.

Matriz de riesgos

Esta es una herramienta fundamental en la gestión del riesgo, pues permite:

1. Identificar, de manera sistemática, los peligros presentes en instalaciones, equipos y en la realización de actividades eléctricas.
2. Evaluar y valorar los riesgos asociados a estos peligros eléctricos.
3. Definir los controles jerarquizados frente al riesgo eléctrico.



Ejemplo práctico

A continuación se presenta un ejemplo sobre la identificación de peligros eléctricos.



Situación encontrada: durante una inspección rutinaria en un túnel del nivel 3, se identifica un tablero eléctrico de distribución que trabaja a 440 voltios y alimenta equipos de ventilación auxiliar. El tablero presenta humedad, cubiertas deterioradas y conductores parcialmente expuestos, en un ambiente cerrado y con tránsito frecuente de personal.



Figura 5. Identificación de peligro en tablero eléctrico
Fuente: imagen generada con la IA Gemini (Google, 2025).

Preguntas para el análisis:

- ¿Qué peligros eléctricos (fuente, situación o acto) se identifican en esta situación?
- ¿Cómo crees que se describirían los peligros identificados dentro de la matriz de riesgos?



Peligro eléctrico identificado:

Aunque es posible identificar varios peligros dentro de la situación descrita, en este ejemplo nos enfocamos en el contacto directo con partes energizadas en condiciones de humedad.

Matriz de riesgos

El peligro identificado se describe en la matriz de riesgos. Esta primera parte de la matriz permite identificar y clasificar el peligro, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Identificación y clasificación del peligro

Proceso	Zona/Lugar	Actividades	Tareas	Rutinario (Sí o No)	Peligro		Efectos posibles
					Descripción	Clasificación	
Mantenimiento	Túnel principal nivel 3	Mantenimiento de instalaciones eléctricas	Mantenimiento de tableros	Sí	Contacto directo con partes energizadas en tablero con cubiertas deterioradas, conductores parcialmente expuestos y presencia de humedad	· Condiciones de seguridad · Eléctrico	· Quemaduras · Paro cardíaco · Electrocuación · Muerte

Fuente: elaboración propia, con base en Icontec (2012, p. 20).



Ejercicio en la operación minera:
¿Qué otros ejemplos puedes dar de situaciones de peligros eléctricos y cómo los identificarías?





4. Valoración del riesgo eléctrico

Evaluar el riesgo es decidir con criterio cómo actuar para reducir la probabilidad de un accidente eléctrico.

En las labores mineras, los *peligros* se identifican y los *riesgos* se valoran y gestionan. En este sentido, aunque son conceptos complementarios, es importante entender la diferencia entre *peligro* y *riesgo*:

- **Peligro eléctrico:** es la fuente de daño; por ejemplo: un cable sin aislamiento, un tablero sin protección.
- **Riesgo eléctrico:** es la probabilidad de que ese peligro se materialice, junto con el daño potencial que causaría (quemaduras, paro cardíaco, desmembramiento o la fatalidad), en una persona, equipo, instalación eléctrica y herramientas, con la gravedad de las consecuencias derivadas de este.

De esta forma, la capacitación adecuada de los trabajadores es clave para que se tome conciencia de la importancia de la gestión del riesgo y se reconozca que las condiciones para el trabajo seguro logran la prevención de accidentes eléctricos. Es por ello por lo que en el lugar de trabajo se debe fomentar el buen funcionamiento de la comunicación entre las personas y los equipos de trabajo.

Si es supervisor y responsable de la seguridad y salud en el trabajo, es importante tener en cuenta la *consulta* y la *participación*, esto es, recibir la retroalimentación que los trabajadores pueden ofrecer sobre su entorno de trabajo y darles un rol activo en la identificación de fallas, revisión de procedimientos, análisis de mejora de controles, entre otras acciones.

Determinación y caracterización del nivel riesgo eléctrico

La *Guía Técnica Colombiana GTC 45* plantea que el *nivel de riesgo* (NR) puede ser determinado como el producto de dos factores: el *nivel de probabilidad* (NP) y el *nivel de consecuencia* (NC).

En otras palabras, el NR es qué tan probable consideramos que un peligro se materialice como un evento dañino (nivel de probabilidad), en combinación con qué tan severo consideramos el daño que este evento generaría en una persona (nivel de consecuencia).

En el caso del riesgo eléctrico, las situaciones que involucran la exposición y el contacto con corrientes eléctricas o suelen dejar incapacidades permanentes, o ser mortales, por lo que es común encontrar niveles de consecuencias muy graves o fatales.



De este modo, es posible estimar y clasificar el nivel de riesgo para cada peligro identificado, como se ejemplifica en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación del nivel de riesgo

Nivel de riesgo (NR)		Nivel de probabilidad (NP)			
		Muy alto	Alto	Medio	Bajo
Nivel de consecuencia (NC)	Fatal	NR-I	NR-I	NR-I	NR-II
	Muy grave	NR-I	NR-I	NR-II	NR-III
	Grave	NR-I	NR-II	NR-II	NR-III
	Leve	NR-II	NR-II	NR-III	NR-IV

Los colores funcionan como apoyo visual en forma de alerta según el nivel de riesgo.
Fuente: elaboración propia, con base en Icontec (2012, p. 20).

Cada uno de los riesgos evaluados deben priorizarse de acuerdo con la urgencia de intervención que requieren, para establecer los controles pertinentes y asignar recursos para su gestión.

Las categorías resultantes son:

- **Nivel de riesgo I (NR-I) o riesgo muy alto:** en este caso, los riesgos deben corregirse inmediatamente, incluso si hay que suspender las actividades. Es un nivel de riesgo no aceptable.

Ejemplos:

- Un cable sin aislamiento en zona de tránsito del personal, que podría tener contacto con un trabajador y generar una electrocución.
- Un tablero eléctrico en área clasificada que no sea de tipo antiexplosión.

- **Nivel de riesgo II (NR-II) o riesgo alto:** son situaciones que requieren control urgente. Es un nivel de riesgo aceptable, o aceptable con control específico.

Ejemplos:

- Un equipo sin puesta a tierra que podría generar un contacto indirecto.
- Un tablero eléctrico que al ser abierto tiene barrajes u otros elementos expuestos, que pueden llevar a contacto directo o afectaciones por arco eléctrico.

- **Nivel de riesgo III (NR-III) o riesgo medio:** son riesgos que requieren planes de mejora programados con fechas y responsables específicos. Es un nivel de riesgo mejorable.

Ejemplo:

- Un tablero con señalización deficiente que pudiese ser intervenido con herramientas o equipos inadecuados.

- **Nivel de riesgo IV (NR-IV) o riesgo bajo:** requieren de seguimiento y mantener controles existentes. Se puede considerar como aceptable el nivel de riesgo.

Ejemplo:

- La realización de inspección visual rutinaria (sin necesidad de apertura) a un tablero de control de 24 V en corriente continua, ubicado en una estación de bombeo, cuando este no presenta signos de humedad o deterioro.

Como complemento de la clasificación de los riesgos evaluados, puede resultar recomendable utilizar una semaforización de los niveles de riesgo, que acompañe en las comunicaciones a trabajadores y supervisores.



Figura 6. Semaforización de niveles de riesgo
Fuente: elaboración propia.

Riesgo inherente y riesgo residual

Es importante diferenciar entre riesgo inherente y riesgo residual.

El **riesgo inherente** corresponde al nivel de riesgo inicial, es decir, se asocia a un peligro que es identificado bajo las condiciones existentes al momento de la evaluación, antes de la implementación de nuevas medidas de intervención. Este riesgo refleja la exposición real, sin considerar mejoras adicionales en los controles.

Por su parte, el **riesgo residual** o final es el nivel de riesgo que resulta después de haber definido, aplicado y verificado la eficacia de los controles de intervención considerados pertinentes.



Figura 7. Riesgo inherente y riesgo residual
Fuente: elaboración propia.

Los controles que se aplican para la reducción del riesgo inherente deben corresponder a acciones de mejora. Estas deben ser diferentes o complementarias a los controles inicialmente existentes, y deben estar orientadas a disminuir la probabilidad de ocurrencia, la severidad de las consecuencias, o ambas, según la naturaleza del peligro evaluado.



Ejemplo práctico

Continuando con el caso planteado en la sección anterior, ahora pasamos a la valoración del riesgo eléctrico.

Preguntas para el análisis:

- ¿Cómo influyen el nivel de tensión y la humedad en la severidad del riesgo?
- ¿Quiénes están expuestos al riesgo eléctrico en este caso?

Evaluación del riesgo eléctrico asociado:

Se analiza la probabilidad y la consecuencia del daño, considerando que el nivel de tensión es de baja tensión (440 voltios) para equipos auxiliares y, además, la presencia de condiciones ambientales, como alta humedad.

De este modo se hace la siguiente valoración:

- **Probabilidad de ocurrencia:** es altamente probable la manifestación de un peligro, pues las condiciones del equipo permiten pensar en una potencial electrocución de un trabajador que transita cerca de él o que debe manipularlo para encender o apagar la ventilación auxiliar.
- **Consecuencia potencial:** electrocución y quemaduras, consecuencias que implican una potencial fatalidad.

En este sentido, de la combinación de alta probabilidad de contacto y de consecuencias severas que implican la muerte se obtiene (como muestra la Tabla 2) un **nivel de riesgo de categoría NR-I o riesgo muy alto**, que implica suspender la actividad hasta que el riesgo esté bajo control.



Ejercicio en la operación minera:

Elige un peligro eléctrico que hayas identificado en tu trabajo y estima el nivel de riesgo (NR) conforme a los pasos mostrados.



5. Aplicación de controles al riesgo eléctrico

Controlar el riesgo eléctrico es transformar el conocimiento técnico en barreras reales que evitan que la energía eléctrica llegue al trabajador.

El *control* es el conjunto de acciones planificadas y verificables, implementadas para eliminar, sustituir, reducir o mantener dentro de niveles aceptables los riesgos derivados de peligros identificados en la actividad minera. Su finalidad es garantizar la protección de la vida, la salud y el bienestar de los trabajadores, así como la continuidad de la operación.

Las acciones que se adoptan para el control están jerarquizadas, y consisten en la eliminación de condiciones que inducen el riesgo, la sustitución de materiales e instrumentos, los controles de ingeniería, los controles administrativos y los elementos de protección personal (EPP).

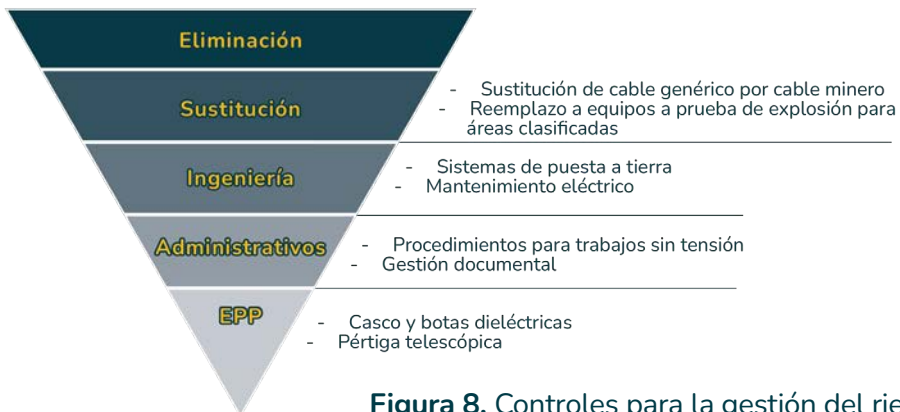


Figura 8. Controles para la gestión del riesgo
Fuente: elaboración propia.

En la industria minera, aplicar controles de eliminación en riesgo eléctrico resulta complejo, pues implicaría retirar la electricidad, lo que resulta imposible en la mayoría de los casos, en cuanto se requiere para el funcionamiento de equipos como ventiladores, bombas para drenaje o locomotoras, entre otros.

En este sentido, la mayoría de los controles son de sustitución, ingeniería, administrativos y, como última línea de defensa, los EPP.

A continuación se describe cada uno de los tipos de controles que suelen ser aplicados en la gestión del riesgo eléctrico.

Controles de sustitución

En este caso, se reemplazan equipos, materiales o tecnologías que presenten un nivel de riesgo eléctrico no aceptable, por otros que reduzcan la probabilidad o la severidad del daño, sin modificar la naturaleza de la tarea. Algunos ejemplos comunes de controles de sustitución en minería subterránea son:

- **Cambio de tableros comunes por tableros que estén protegidos con índice de protección (IP) e índice cinético (IK):** el grado IP asegura que los materiales, los equipos o las tecnologías sean resistentes al ingreso de polvo, lodo y agua. El grado IK determina la resistencia a impactos mecánicos, vibraciones o golpes accidentales.

Guía grados de protección (IP) IEC 60529

Los grados IP se representan combinando el primer y el segundo dígito de las columnas siguientes.

Primer dígito - objetos sólidos extraños		Segundo dígito - agua	
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protegido contra objetos sólidos de 50 mm Ø o mayores	1	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protegido contra objetos sólidos de 12,5 mm Ø o mayores	2	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua cuando la envolvente se inclina hasta 15°
3	Protegido contra objetos sólidos de 2,5 mm Ø o mayores	3	Protegido contra agua rociada
4	Protegido contra objetos sólidos de 1,0 mm Ø o mayores	4	Protegido contra salpicaduras de agua
5	Protección contra el polvo	5	Protegido contra chorros de agua
6	Totalmente hermético al polvo	6	Protegido contra chorros potentes de agua
Ejemplo: + = IP 65		7	Protegido contra los efectos de la inmersión temporal en agua
		8	Protegido contra los efectos de la inmersión continua en agua
		9	Protegido contra chorros de agua a alta presión y alta temperatura

IP 65 → Protegido contra chorros de agua
→ Totalmente hermético al polvo

IEC

Figura 9. Grados de protección IP
Fuente: traducida y adaptada de IEC (2013, 2020).

Grado de Protección IK – IEC EN 62262		
 El grado IK indica la resistencia al impacto de envoltorios eléctricos contra impacto mecánico, expresada en julios (J). Mide el grado de protección proporcionado por envoltorios para equipos eléctricos frente a impactos mecánicos externos.		
Código IK	Energía de impacto (J)	Prueba de impacto (Masa / Altura)
IK00	0 J	No hay protección
IK01	0.14 J	0.25 kg / 56 mm
IK02	0.2 J	0.25 kg / 80 mm
IK03	0.35 J	0.25 kg / 140 mm
IK04	0.5 J	0.25 kg / 200 mm
IK05	0.7 J	0.25 kg / 280 mm
IK06	1 J	0.25 kg / 400 mm
IK07	2 J	0.5 kg / 400 mm
IK08	5 J	1.7 kg / 300 mm
IK09	10 J	5 kg / 200 mm
IK10	20 J	5 kg / 400 mm

El artículo 3.28.6.4.1 del RETIE (Colombia, MME, 2024) dispone: “IK09: para equipos eléctricos destinados al frente de arranque, preparación y, en general, cualquier labor de interior que implique proximidad con maquinaria pesada.

IK07: para otros equipos eléctricos, alumbrado general, señalización, control, gasometría, etc.”.

Figura 10. Grados de protección IK

Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025), con base en IEC (2002).

- **Reemplazo por equipos a prueba de explosión en áreas clasificadas:** equipos diseñados para impedir que una chispa interna provoque una explosión en áreas clasificadas. Estos equipos se identifican con la etiqueta “Ex” o “Explosion proof”.

En minería subterránea de carbón, es esencial, por la presencia de gas metano y polvo de carbón.

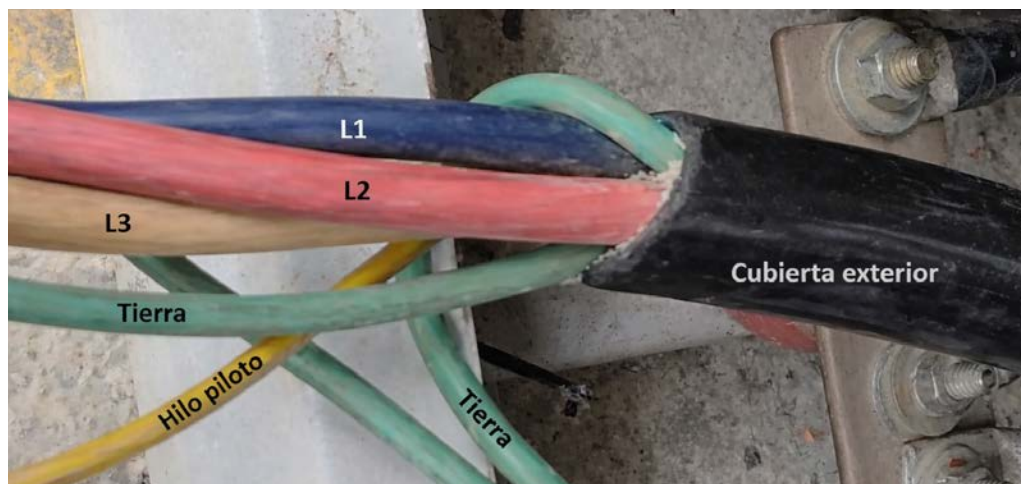


CE: “Conformité Européenne”, significa que el fabricante declara que el producto cumple con las directivas europeas aplicables. En este caso sería la norma IEC 60079-0.

Figura 11. Lámpara minera con certificación “Explosion proof”

Fuente: adaptada del banco de imágenes de la Universidad Nacional de Colombia y la Agencia Nacional de Minería.

- **Sustitución de cable genérico por cable minero:** el cable minero está diseñado para ambientes extremos. Además, algunos tienen en su interior un hilo piloto, que permite la detección temprana de fallas a tierra.



L1; L2; L3: son las fases o conductores que transportan la energía.

Figura 12. Sección de cable minero con sus componentes
Fuente: ajustado del banco de imágenes de la Universidad Nacional de Colombia y la Agencia Nacional de Minería.

Controles de ingeniería

Son modificaciones diseñadas para reducir o eliminar el peligro en la fuente, antes de que llegue al trabajador. Estas modificaciones pueden ser físicas o estructurales, y permanentes en el lugar de trabajo, las herramientas, los equipos o los procesos.

Los controles de ingeniería más representativos en el ámbito de la seguridad eléctrica en minería subterránea son:

- **Sistemas de puesta a tierra:** permiten disipar corrientes de falla, lo que contribuye a evitar posibles contactos indirectos al personal.
- **Mantenimiento eléctrico:** permite detectar cables dañados, tableros deteriorados, humedad y polvo en equipos, conexiones flojas y expuestas, o cualquier anomalía que pueda aportar a un contacto directo, indirecto o un arco eléctrico.

Este mantenimiento se apoya en el uso de equipos de medición como:



– **Detector de tensión:**

Permite verificar de forma segura la presencia o ausencia de tensión antes de intervenir una instalación eléctrica.

Figura 13. Detectores de tensión

Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025).



– **Pinza amperimétrica:**

Se usa para medir corriente eléctrica sin interrumpir el circuito ni establecer contacto directo con el conductor.

Figura 14. Pinza amperimétrica

Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025).



– **Cámara termográfica:**

Detecta aumentos anormales de temperatura en instalaciones eléctricas, ayudando a identificar fallas sin necesidad de establecer contacto directo ni de interrumpir el servicio.

Figura 15. Cámara termográfica

Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025).



– **Megóhmetro:**

Equipo de medición utilizado para evaluar la resistencia de aislamiento de conductores y equipos eléctricos.

Figura 16. Megóhmetro

Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025).



– **Multímetro:**

Instrumento de medición que permite verificar variables eléctricas, como tensión, corriente y resistencia.

Figura 17. Pinza amperimétrica

Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025).



– **Telurómetro:**

Instrumento utilizado para medir la resistencia del sistema de puesta a tierra.

Figura 18. Telurómetro

Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025).

Garantizar instalaciones eléctricas en condiciones adecuadas incrementa la protección para todos los trabajadores de la mina.



Controles administrativos

Estos controles se centran en la forma en que se realiza el trabajo y en el comportamiento del personal. Son cambios en los procedimientos, las prácticas, la organización del trabajo, la capacitación o el entrenamiento, que limitan la exposición del trabajador a los riesgos.

Estos controles no eliminan el peligro, sino que controlan cuándo y cómo las personas están expuestas a este.

Dentro de los controles administrativos al riesgo eléctrico encontramos las reglas de oro para trabajos sin tensión, la competencia del personal y la gestión documental. A continuación se describe cada uno de estos controles.



Reglas de oro para trabajos sin tensión

Es obligatorio contar con un procedimiento para realizar cualquier actividad sin tensión en instalaciones eléctricas o en equipos mineros que operen energizados, mediante la aplicación, en orden, de los siguientes pasos:

1. **Corte efectivo de las fuentes de tensión:** es el corte de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores, seccionadores u otros elementos. Para realizarlo adecuadamente, debe apoyarse en los planos eléctricos o diagramas unifilares de la mina.



Figura 19. Corte efectivo de fuentes de tensión
Fuente: imagen generada con ChatGPT - Open AI (2026).

2. **Bloqueo y etiquetado del dispositivo:** operación que impide la reconexión del dispositivo sobre el que se ha efectuado el corte efectivo. Esta acción de bloqueo y etiquetado permite mantener el dispositivo en la posición determinada e imposibilita su cierre intempestivo. Para esto, se deben utilizar candados dieléctricos y etiquetas donde se evidencie, por lo menos, el nombre de la persona, la actividad realizada y qué sistema, instalación o equipo se interviene.

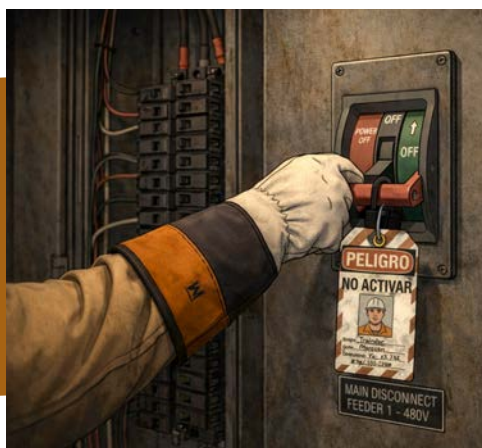


Figura 20. Bloqueo y etiquetado
Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025).

3. **Verificar la ausencia de tensión:** antes de realizar la actividad, se debe verificar la ausencia de tensión en cada una de las fases. Para ello se utiliza el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual se debe probar su funcionamiento con una línea energizada, antes y después de cada utilización.



Figura 21. Verificación de ausencia de tensión
Fuente: imagen generada con ChatGPT - Open AI (2026).

4. **Puesta a tierra y corto circuito:** es la acción de unir entre sí todas las fases y el neutro de una instalación eléctrica, mediante una puesta a tierra temporal de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.

Su propósito es descargar la energía residual en las líneas y los equipos, y evitar que estos sean energizados en caso de que se retire el candado sin previa autorización y conocimiento de la persona que interviene.



Figura 22.
Instalación de puesta a tierra
Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025).

5. **Señalización y delimitación del área de trabajo:** el área de trabajo debe ser delimitada por vallas, manilas o bandas refractivas, para prevenir que personas no autorizadas ingresen al área y se expongan al riesgo eléctrico.



Figura 23. Área señalizada para trabajo eléctrico
Fuente: imagen generada con IA Gemini (Google, 2025).

Competencia del personal

Los trabajos eléctricos solo pueden ser ejecutados por técnicos, tecnólogos o ingenieros electricistas o electromecánicos, que cuenten con su respectiva matrícula profesional vigente y la autorización de la empresa para realizar determinadas actividades.

Así mismo, por tratarse de instalaciones especiales de alto riesgo, los técnicos y tecnólogos deben actuar bajo la supervisión de un ingeniero, conforme a lo expuesto en el artículo 172 del Decreto 1886 del 2015.

Los consejos profesionales que certifican las competencias son:

- Consejo Nacional de Técnicos Electricista, para técnicos electricistas.
- Consejo Profesional Nacional de Tecnólogos en Electricidad, Electromecánica, Electrónica y Afines, para tecnólogos.
- Consejo Profesional Nacional de Ingeniería, para tecnólogos e ingenieros.
- Consejo Profesional de Ingeniería Eléctrica y Mecánica, para ingenieros.

El personal no electricista, es decir, los trabajadores que no poseen formación eléctrica específica, solo puede apoyar al trabajador habilitado cuando no se exponga a riesgos y siga instrucciones, con el respectivo acompañamiento.



Gestión documental

Es una herramienta para planear y controlar cada actividad eléctrica realizada en la mina. Algunos documentos claves son:

- **Procedimientos para actividades eléctricas:** dependiendo de la naturaleza de la actividad eléctrica a ejecutar, la empresa debe contar con procedimientos específicos de trabajo seguro, tanto con tensión como sin tensión.
- **Registros de capacitación en riesgo eléctrico:** la empresa debe llevar a cabo capacitaciones periódicas en riesgo eléctrico, registrando debidamente la asistencia de los trabajadores y evaluando los conocimientos adquiridos.
- **Matriz de elementos de protección personal:** en esta matriz se debe definir de manera precisa el EPP requerido, tanto dieléctrico como ignífugo, de acuerdo con el tipo de actividad, el nivel de tensión y las condiciones de riesgo identificadas.
- **Permiso de trabajo eléctrico:** tiene como finalidad establecer acciones específicas de seguridad, definir responsabilidades y garantizar que las actividades se desarrollen bajo condiciones controladas, seguras y en cumplimiento de la normatividad vigente.
- **Protocolo de comunicaciones:** documento destinado a coordinar de manera segura la ejecución de actividades eléctricas entre equipos de trabajo, garantizando una comunicación clara y efectiva.

- **Listas de verificación:** corresponden a formatos preoperacionales que la empresa define y diligencia antes de realizar cualquier intervención eléctrica.
- **Formatos de inspección:** para el control y seguimiento de las condiciones de seguridad eléctrica, se utilizan dos formatos principales: 1) el formato de inspección de los EPP, las herramientas y los equipos del personal técnico que realiza intervenciones eléctricas, y 2) el formato de inspección para la identificación de condiciones de riesgo eléctrico.
- **Procedimientos operativos normalizados para eventos eléctricos:** la empresa debe contar con un procedimiento operativo normalizado para la respuesta a emergencias por condiciones eléctricas, el cual debe estar debidamente documentado, difundido y entrenado.

Una documentación actualizada y utilizada correctamente permite la articulación con otros controles, reduciendo la probabilidad de accidentes.



Elementos de protección personal

Los EPP relacionados con el riesgo eléctrico tienen dos criterios de selección:

1. Lo dieléctrico se selecciona por el nivel de tensión (medido en voltios - V).
2. Lo ignífugo se selecciona por la energía incidente (medida en calorías sobre centímetro cuadrado - cal/cm^2).

El casco, los guantes y las botas se seleccionan de acuerdo con el nivel de tensión de la instalación eléctrica. Por ejemplo, si se va a intervenir un tablero de 440 V, los guantes, el casco y las botas deben tener aislamiento superior a ese valor, por ejemplo, de 500 V.

Para el caso de los guantes dieléctricos, se debe tener presente que estos funcionan como un kit, compuesto por el guantín de algodón, el guante en material dieléctrico y el sobreguante que da la protección mecánica.

a. Guantes dieléctricos



b. Casco dieléctrico



c. Botas dieléctricas



Figura 24. EPP dieléctricos

Fuente: imágenes generadas mediante inteligencia artificial ChatGPT – OpenAI (2026).

La balaclava, protección facial contra un arco eléctrico, y el vestuario se seleccionan según la energía incidente, la cual se obtiene por medio de los estudios de arco eléctrico.

Por ejemplo, si el estudio dice que la energía incidente del arco es de 4 cal/cm^2 , la ropa ignífuga y la protección facial deben tener una resistencia superior a ese valor de al menos 5 cal/cm^2 .

a. Balaclava ignífuga
(FR/AR)



b. Protección facial
contra arco eléctrico



c. Vestuario ignífugo
(FR/AR)



FR: Flame Resistant (resistente al fuego)
AR: Arc Rated (protege contra arco eléctrico)

Figura 25. EPP ignífugos

Fuente: imágenes generadas mediante inteligencia artificial ChatGPT – OpenAI (2026).

Asimismo, es importante tener en cuenta que:

- El vestuario ignífugo debe lavarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante, para garantizar su protección.
- Los guantes dieléctricos vienen en un kit de tres: el guantín (para el sudor), el guante de látex o caucho (el elemento dieléctrico) y el sobreguante (protección mecánica).
- El guante de látex o caucho debe inspeccionarlos antes de realizar la actividad, inflándolos, para verificar que no haya porosidades. Además, se exigen pruebas dieléctricas cada 6 meses en laboratorios acreditados.
- Las botas dieléctricas siempre deben seleccionarse por encima del nivel de tensión de la instalación a intervenir y garantizar que no ingrese agua en su interior.

En este orden de ideas, los trabajos eléctricos se apoyan con elementos como:

- Tapete dieléctrico.
- Puesta a tierra.
- Pértiga.
- Herramientas dieléctricas.



Tapete dieléctrico



Puesta a tierra



Pértiga



Herramientas dieléctricas

Figura 26. Elementos de apoyo para trabajos eléctricos

Fuente: imagen generada mediante inteligencia artificial ChatGPT – OpenAI (2026).



Ejemplo práctico

Luego de analizar el nivel de riesgo del caso presentado, corresponde ahora decidir los controles que serían pertinentes para su reducción.

Preguntas para el análisis:

- ¿Resultaría viable retirar el tablero de distribución de la zona de trabajo?
- ¿Qué controles de sustitución podrían ser útiles en este caso?
- ¿Qué controles de ingeniería deberían implementarse?
- ¿Qué controles administrativos ayudarían a evitar que el riesgo se repita?
- ¿Sería suficiente el uso de EPP para controlar este riesgo?

Selección y aplicación de controles:

Dado que el suministro eléctrico no se puede suspender en el área de trabajo, pues se requiere para el funcionamiento de los equipos de ventilación auxiliar, se plantean los siguientes controles de sustitución, ingeniería, administrativos y de uso de EPP para la reducción del riesgo en el caso que se viene ejemplificando:

1. **Control de sustitución:** reemplazo del tablero por uno con protección de grado IP68, adecuado para ambientes húmedos.
2. **Control de ingeniería:** mejoramiento del sistema de puesta a tierra.

3. *Controles administrativos:*

- Señalización visible de peligro eléctrico y restricción de acceso.
- Actualización del procedimiento de trabajos eléctricos en zonas húmedas.
- Refuerzo de capacitación y entramiento específico del personal sobre riesgos eléctricos en minería subterránea.
- Programación de inspecciones periódicas al tablero y sus conexiones.

4. *Elementos de protección personal:* uso obligatorio de guantes dieléctricos; calzado de seguridad aislante, con bota caña alta y ropa de protección ignífuga; protección facial y ocular para trabajos autorizados, incluyendo inspecciones y mantenimiento preventivo o correctivo.



Ejercicio en la operación minera:

Ahora, de acuerdo con el ejemplo que has elegido en tu operación y luego de estimar el nivel de riesgo de este, ¿qué controles aplicarías para su reducción?



La gestión del riesgo eléctrico en minería subterránea es un proceso continuo, donde identificar el peligro, evaluar y valorar el riesgo, aplicar controles adecuados, verificar su eficacia y aplicar medidas de ajuste conforme sus resultados permiten prevenir accidentes, proteger la vida de los trabajadores y garantizar la continuidad de la operación.





Referencias

Colombia, Ministerio de Minas y Energía (MME). (2024). Resolución 40117, por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) (abril 2). https://cancilleria.gov.co/normograma/compilacion/docs/resolucion_minminas_40117_2024.htm

Colombia, Ministerio del Trabajo. (2019). Resolución 5018, por la cual se establecen lineamientos en Seguridad y Salud en el trabajo en los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la Energía Eléctrica (noviembre 20). https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_mtra_5018_2019.htm

Colombia, Presidencia de la República. (2015a). Decreto 1072, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo (mayo 26). <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019522>

Colombia, Presidencia de la República. (2015b). Decreto 1886, por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas (septiembre 21). https://www.anm.gov.co/sites/default/files/decreto_1886_de_2015.pdf

Colombia, Presidencia de la República. (2022). Decreto 944, por el cual se modifica el Decreto 1886 de 2015 (junio 1). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=124217>

Consejo Nacional de Técnicos Electricista (CONTE). (2025). *Consultar matrícula*. <https://solicitudmatricula.conte.org.co:8080/consulta-matricula>

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA). (s. f.). *Autenticación de certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios*. https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart

Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines. (2024). *Matrícula profesional*. <https://www.consejoprofesional.org.co/matricula-profesional/74/>

Consejo Profesional Nacional de Tecnólogos en Electricidad, Electromecánica, Electrónica y Afines (CONATEL). (2021). *Consulta de matriculados*. <https://conatel.org/consulta-de-matriculados/>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2012). *Guía Técnica Colombiana GTC 45 - Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*. http://132.255.23.82/sipnvo/normatividad/GTC_45_DE_2012.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2020). *NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano. Segunda actualización*. https://asieb.com/wpcontent/uploads/2024/10/NTC_2050_codigo_electrico_nacional.pdf

International Electrotechnical Commission (IEC). (2002). IEC 62262. Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code). <https://webstore.iec.ch/en/publication/6673>

International Electrotechnical Commission (IEC). (2013). IEC 60529 Consolidated version. Degrees of protection provided by enclosures (IP Code). <https://webstore.iec.ch/en/publication/2452>

International Electrotechnical Commission (IEC). (2017). IEC 60079-0. Explosive atmospheres - Part 0: Equipment - General requirements. <https://webstore.iec.ch/en/publication/32878>

International Electrotechnical Commission (IEC). (2020). Ingress protection (IP) ratings guide. <https://www.iec.ch/basecamp/ingress-protection-ip-ratings-guide.org/es/product/nfpa-70-code/p0070code/variant/7023sbe#detalles-de-la-edici%C3%B3n-2023>

Real Academia Española. (2024a). Dieléctrico. <https://dle.rae.es/diel%C3%A9ctrico?m=form>

Real Academia Española. (2024b). Ignífugo. <https://dle.rae.es/ign%C3%ADfugo>





Cartilla sobre la gestión del riesgo eléctrico en minería subterránea

Trabajo seguro y prevención de accidentes eléctricos

Contrato Interadministrativo **ANM-701-2025**

ISBN: 978-628-503-237-0



Agencia
Nacional de Minería



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA