

EL FUTURO ES HUMANO

PLAN NACIONAL

Multimodal 2025

Fórmulas para la vida

Valores + Emociones + Competencias

Respeto + Alegría + Aprendizaje



Positiva Prevención



Hacienda

EL FUTURO ES HUMANO

Comunidad Nacional de Conocimiento en

Prevención de Peligros en el Sector Minería

Fórmulas para la vida

Valores + Emociones + Competencias
Responsabilidad + Amor + Aprendizaje

SESIÓN 5: NUEVAS TÉCNICAS DE INERTIZACIÓN PARA PREVENCIÓN DE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS



JOSÉ ALFREDO GUÍO GARZÓN

COMUNIDAD NACIONAL DE CONOCIMIENTO EN PREVENCIÓN DE PELIGROS EN EL SECTOR MINERÍA

 josealfredog@hotmail.com

 310 8717798

INGENIERO EN MINAS, ESPECIALISTA EN SALUD OCUPACIONAL Y PROTECCIÓN DE RIESGOS LABORALES, MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, ENTRENADOR EN MINERÍA DECRETOS 1886/2015, 0944/2022, ENTRENADOR LUDICO INTERNACIONAL EN SST, LIDER DE LA ESTRATEGÍA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTALIDAD EN MINERÍA, EXPERIENCIA DE 31 AÑOS EN PEQUEÑA MINERÍA Y 23 AÑOS EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN MINERÍA, CONSTRUCCIÓN, OTROS.



Ruta de conocimiento



EVALUÉMONOS



Fórmulas para la vida

Valores + Emociones + Competencias

Respeto + Gratitud + Ética y sostenibilidad

"Minero precavido,
accidente evitado."

AUTOR

CONTENIDO



ESTADÍSTICAS DE
ACCIDENTALIDAD



NORMATIVIDAD JURÍDICA



DEFINICIONES



NUEVAS TECNOLOGÍAS



PRUEBAS DE INERTIZACIÓN



SISTEMAS EMERGENTES



MEJORA CONTINUA



COMPARACIÓN DE
TECNOLOGÍAS



OBJETIVOS

01

DAR A CONOCER
ESTADÍSTICAS DE
ACCIDENTALIDAD.

02

DEFINIR ATMOSFERAS
EXPLOSIVAS Y
ACTUALMENTE COMO SE
INERTIZAN

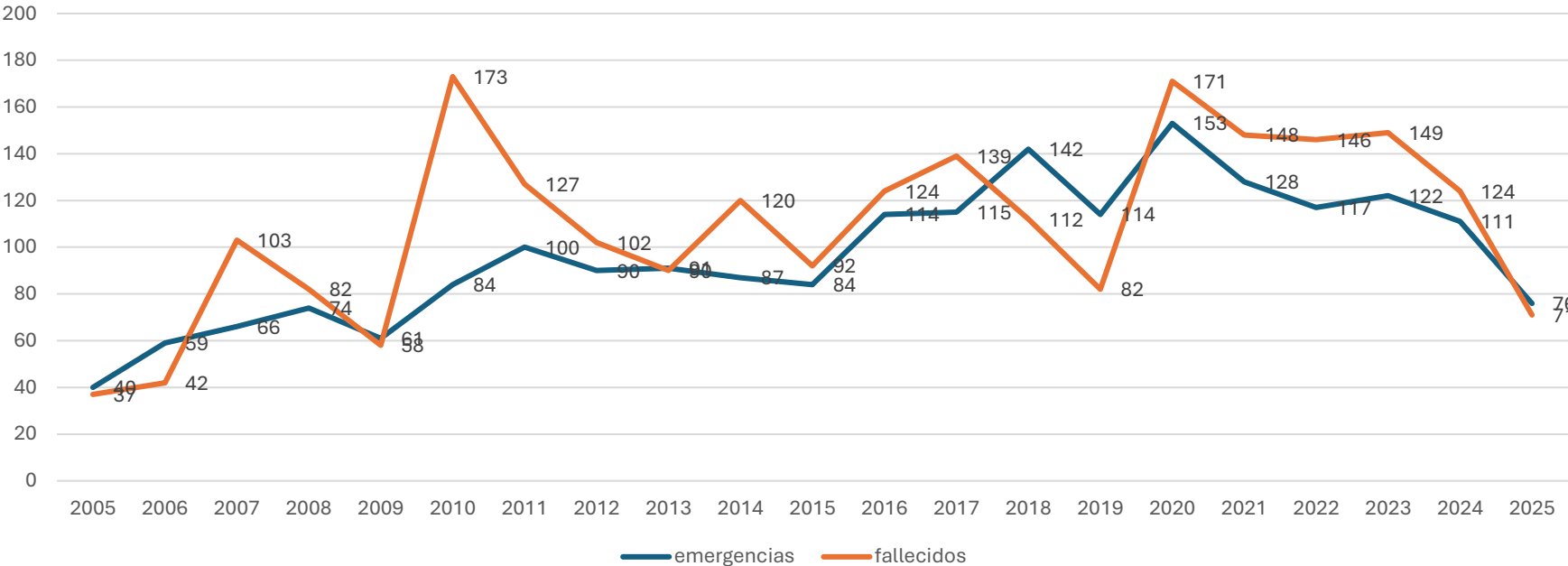
03

DEFINIR NUEVAS
TECNOLOGÍAS DE
INERTIZACIÓN DE
ATMOSFERAS EXPLOSIVAS

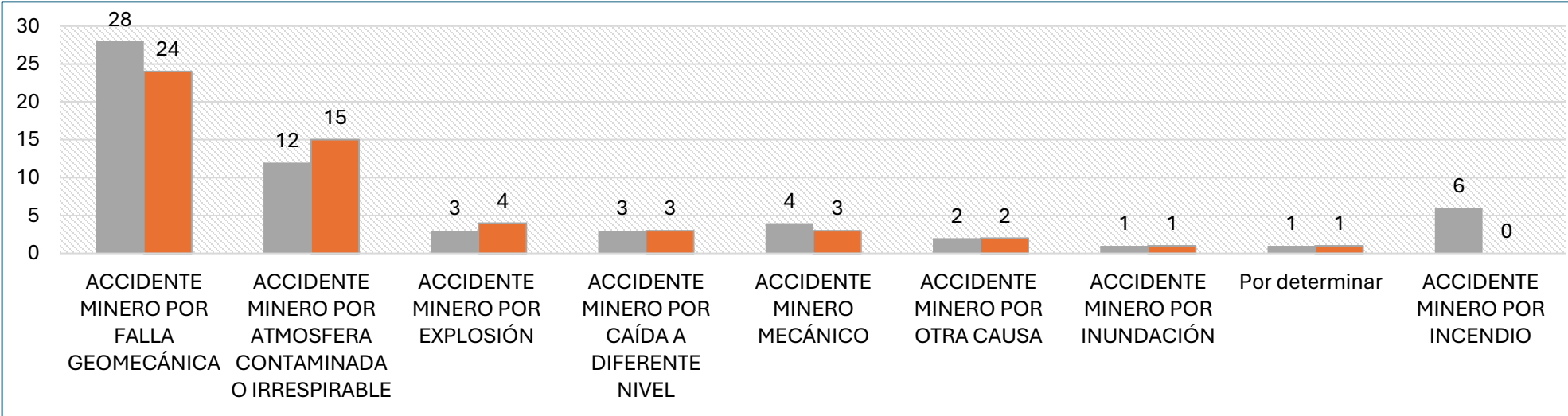
TÍTULO ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTALIDAD MINERA EN COLOMBIA

Fuente Agencia nacional de
Minería a 31/07/2025

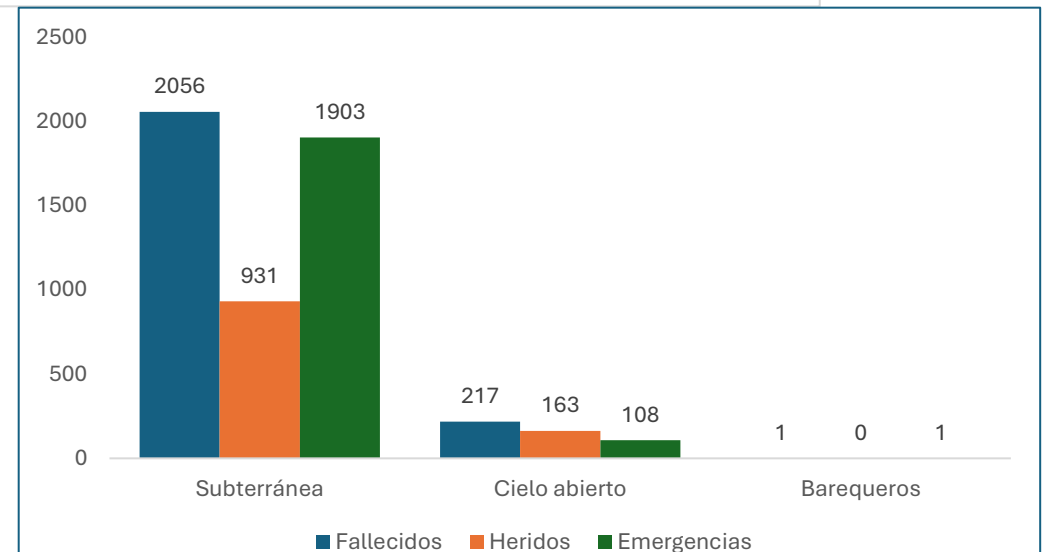
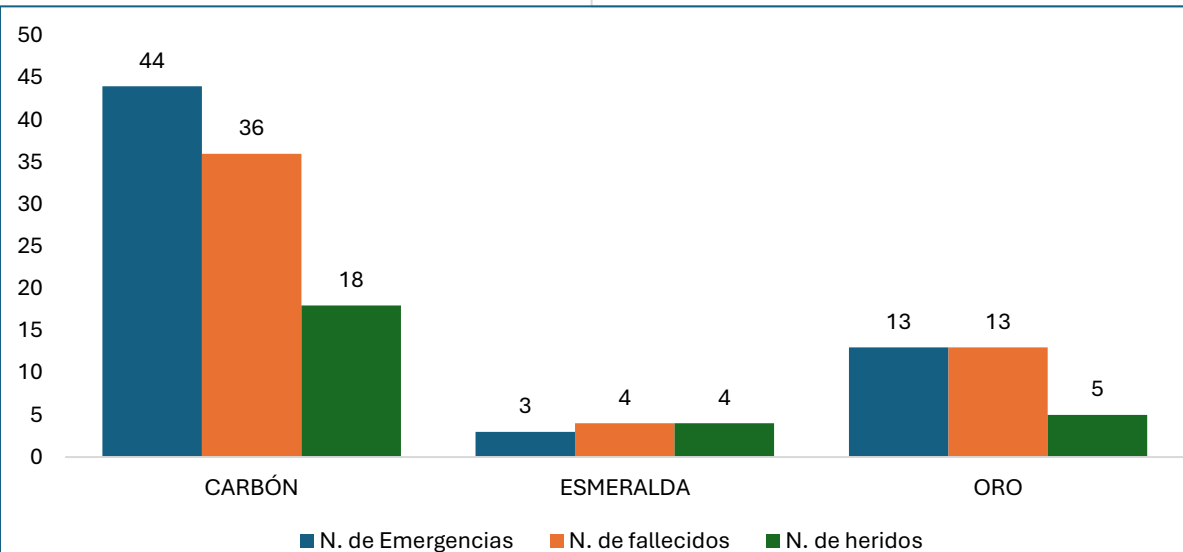
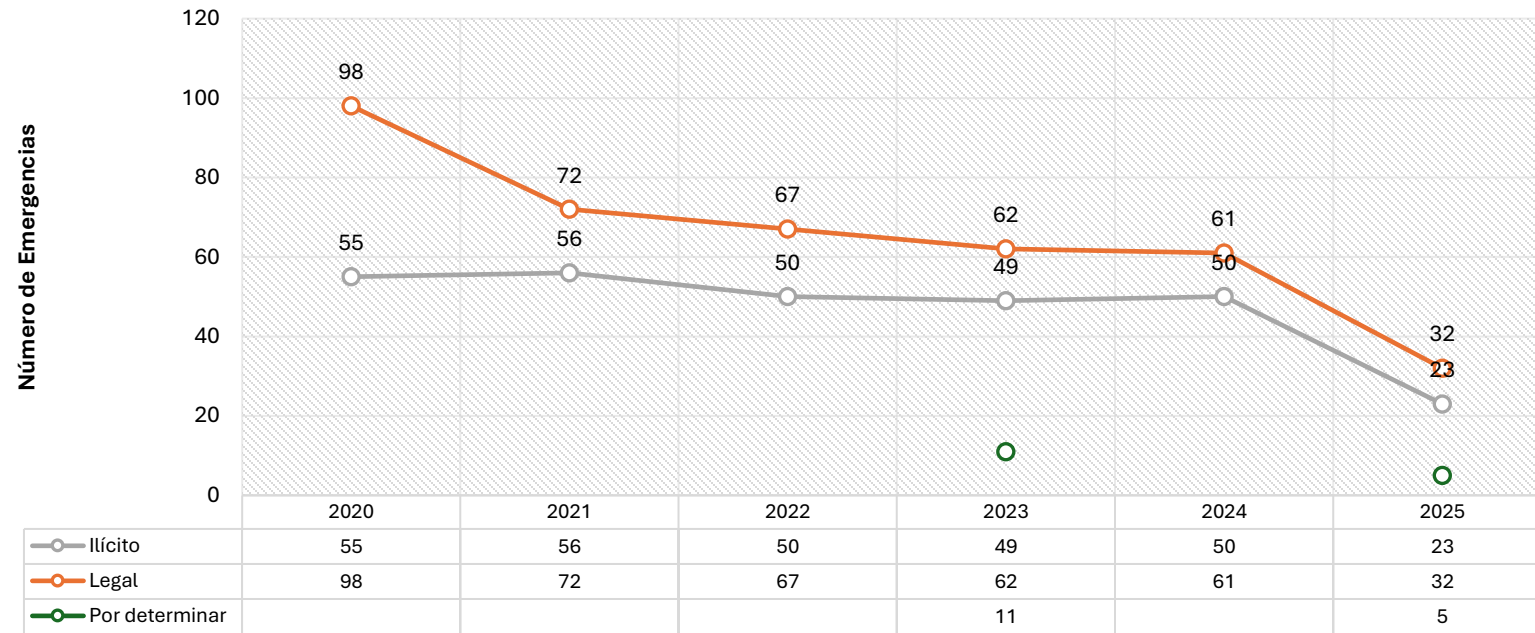
Accidentes y Emergencias a 31/07/2025



año	emergencias	fallecidos
2005	40	37
2006	59	42
2007	66	103
2008	74	82
2009	61	58
2010	84	173
2011	100	127
2012	90	102
2013	91	90
2014	87	120
2015	84	92
2016	114	124
2017	115	139
2018	142	112
2019	114	82
2020	153	171
2021	128	148
2022	117	146
2023	122	149
2024	111	124
2025	76	71
Total genera	2028	2292



Emergencias por estado Jurídico (corte desde 2020 al 11/06/2025)



Definiciones



¿Qué se define como
ATMOSFERAS EXPLOSIVAS?



¿Cómo se controlan las
atmósferas explosivas?



¿Cuáles son las nuevas
tecnologías desarrolladas
para controlar la explosion
de atmósferas explosivas?



¿Cómo se deben aplicar?

MATERIAL PARTICULADO POLVO DE CARBÓN

MEDIO AMBIENTE ATMÓSFERA
EXPLOSIVA.



MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE
CONTROL

TRABAJADOR



ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.



Las Atmósferas explosivas se forman al mezclarse gases inflamables con el aire, y si mantienen su concentración dentro de los Límites de Inflamabilidad (Inferior y Superior), que a veces los llamamos Límites de Explosividad

❓ **Atmósfera** → mezcla de aire con otra sustancia.

❓ **Explosiva** → porque tiene la capacidad de arder de manera súbita y violenta.

❓ **Condiciones normales** → entre -20°C y $+60^{\circ}\text{C}$ y presiones de 0,8 a 1,1 bar.

Ejemplos comunes de atmósferas explosivas:



- En minería subterránea → mezcla de **metano y aire** (grisú).
- En agricultura e industria → **polvo de harina, carbón, madera o azúcar** suspendido en el aire.
- En industria química/petroquímica → **vapores de solventes, gasolina, pinturas, alcoholes**.

👉 Por eso existen normativas como la **Directiva ATEX (Europa)** o la **norma IEC 60079** (internacional), que clasifican las zonas peligrosas (Zona 0, 1, 2 para gases y Zona 20, 21, 22 para polvos) y establecen qué equipos eléctricos o mecánicos se pueden usar allí para evitar explosiones.

Una **atmósfera explosiva en minería subterránea** es aquella donde la mezcla de **aire + metano** o **aire + polvo de carbón** alcanza concentraciones peligrosas que, con una chispa o llama, pueden desencadenar una explosión.

ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.

En **minería subterránea**, el concepto de **atmósfera explosiva** se adapta a las condiciones propias de las labores mineras, y se define como:

👉 **La mezcla con el aire, dentro de las labores subterráneas, de gases inflamables (principalmente metano) o de polvo de carbón en concentración tal que, en presencia de una fuente de ignición, puede producir una explosión.**

🔍 Componentes principales en minería:

- **Gas metano (CH_4):** también llamado **grisú**. Se genera de forma natural en los mantos de carbón y, al mezclarse con el aire en concentraciones entre **5% y 15%**, se vuelve explosivo.
- **Polvo de carbón:** cuando se encuentra en suspensión en el aire, en cantidades suficientes, puede arder y generar explosiones secundarias aún más violentas que las del metano.



CUADRO COMPARATIVO ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS EN MINERÍA SUBTERRÁNEA

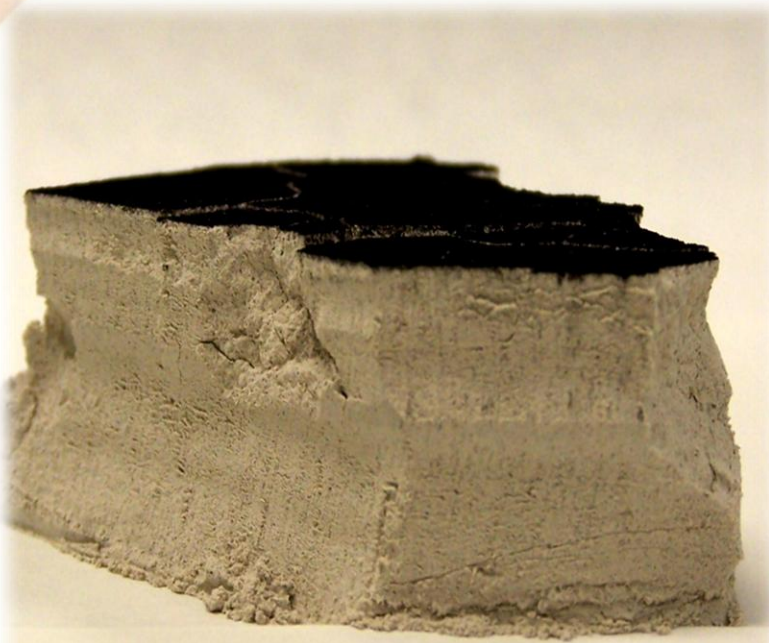
Agente explosivo	Rango de explosividad	Condiciones críticas	Observaciones en minería
Metano (CH ₄)	5 – 15 % en volumen en aire	- Límite inferior: 5% (comienza a ser explosivo). - Límite superior: 15% (por encima no hay suficiente oxígeno).	- El más común en minas de carbón (grisú). - Riesgo máximo si se combina con polvo de carbón. - Controlado por ventilación, drenaje de gas y monitoreo continuo.
Polvo de carbón	Depende de concentración en suspensión (≈ 50 – 1000 g/m ³ en aire).	- Explosivo cuando está seco, fino y en suspensión. - Mayor riesgo en galerías mal ventiladas o con acumulación en pisos, equipos y entibados.	- Puede causar explosiones primarias o alimentar explosiones secundarias tras una chispa o explosión de metano. - Control mediante humectación, inyección de agua, uso de polvo inerte (caliza).

Se debe aplicar **ventilación, drenaje de gas, humectación del carbón y supresión de polvo** para prevenir atmósferas explosivas.

NEUTRALIZACIÓN

Conclusión técnica para minería subterránea:

- **Metano** → es el principal origen de atmósferas explosivas en galerías de carbón.
- **Polvo de carbón** → agrava la severidad, porque **propaga** las explosiones.
- Ambos requieren **ventilación adecuada, monitoreo continuo y medidas de inertización**.

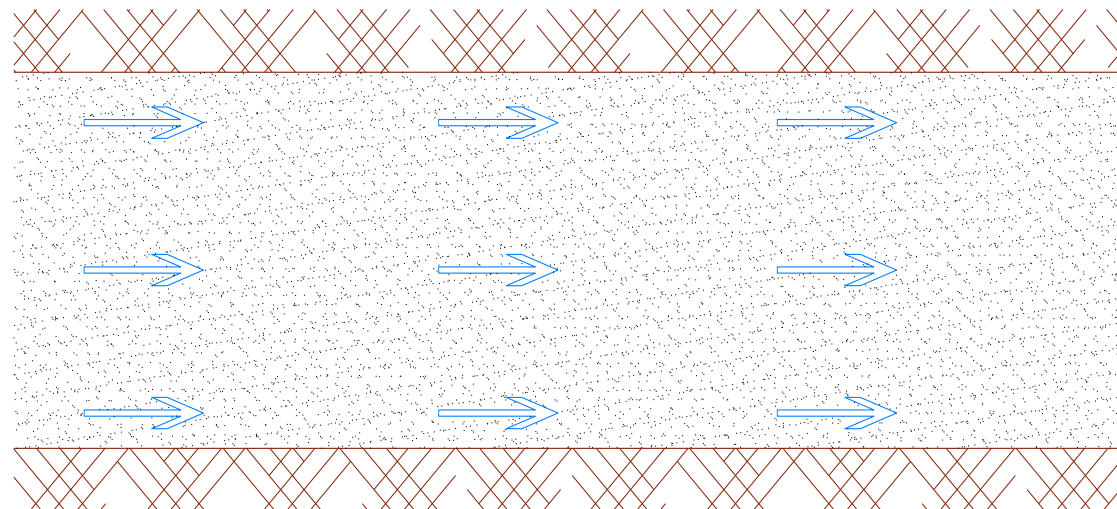


NEUTRALIZACIÓN

Se neutraliza con el riego de una niebla de agua y luego polvo de caliza a 400 mallas

Se neutraliza con el riego de una niebla de agua luego polvo de caliza a 400 mallas, vías de ventilación y fuentes generadoras de polvo de carbón

Nubes de polvo de carbón

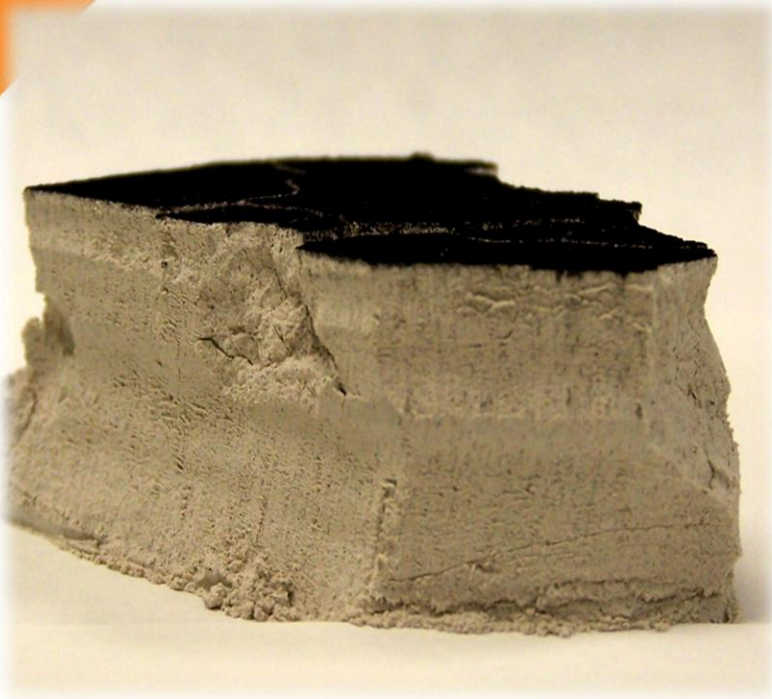


POLVO EXPLOSIVO ENEMIGO SILENCIOSO...

- POLVO DE CARBÓN ES UN ENEMIGO PELIGROSO Y SI HAY UNA EXPLOSION DE
- GAS METANO LOS RESULTADOS DEL EFECTO COMBINADO ES TODAVÍA MAS
- PELIGROSO POR LOS EFECTOS DE TEMPERATURA Y FUERZA QUE TOMA EL
- FENÓMENO.
- POR ESO QUE LUCHA CONTRA LOS DOS DEBE SER A FONDO CON TODAS LAS
- DEFENSAS QUE SEAN POSIBLES.
- EL POLVO SE COMBATE HACIÉNDOLO INCOMBUSTIBLE Y SACANDO EL ESTE
- POLVO AFUERA DE LA MINA.
- EL METANO SE COMBATE MIDIÉNDOLO DIARIAMENTE Y CON SUFICIENTE
- VOLUMEN DE AIRE, INSTALANDO UN VENTILADOR PRINCIPAL Y SECUNDARIOS DONDE SEAN NECESARIOS



ACTUALMENTE LA MINERÍA QUE HACE PARA CONTROL POLVO EXPLOSIVO...



1. Prevención de la formación y dispersión de polvo

- **Ventilación adecuada:** mantener caudales de aire que arrastren el polvo respirable y explosivo, evitando su acumulación en frentes y galerías.

- **Aspersión de agua (nebulizadores o aspersores):** humedecer los frentes de corte, transporte y transferencia de carbón. El agua reduce la dispersión y la acumulación de polvo fino.

- **Supresión en puntos críticos:** cargue, descargue de bandas, trituración y perforación, donde el polvo se genera en mayor cantidad.

- **Uso de aditivos humectantes:** mejoran la capacidad del agua para captar partículas finas de carbón.



NEUTRALIZACIÓN

2. Inertización con polvo incombustible

- **Rocío de polvo de roca inerte (caliza o dolomita):** práctica estándar para neutralizar el poder explosivo del polvo de carbón.
 - Se requiere que **≥ 80 % del material depositado sea incombustible**, según normas internacionales (NIOSH, MSHA, OIT).
 - El polvo de roca se aplica en techos, costados y pisos, en capas suficientes para recubrir el polvo de carbón.
- **Barreras de polvo inerte:** acumulaciones de polvo de roca estratégicamente ubicadas que, en caso de explosión, son levantadas por la onda de choque y sofocan la propagación.



Tamaño.....	5.4 x 2.4 x 1.2 pulgadas (13.7 x 6.2 x 3.2 cm)
Frecuencia de calibración.....	Cada 200 pruebas o con cambios en la roca inerte
Chequeo de Reflectancia.....	Cada 1000 pruebas
Energía.....	batería 9V Alcalina
Precisión.....	+/- 2% de roca inerte para mezclas por encima del 70% de roca inerte cuando la
Pantalla Extendida en Rojo.....	Se muestra el % de roca inerte en rango **ROJO** para indicaciones con proporción de roca inerte superior al 70%

Mide porcentaje de roca
inerte en muestras de
minas de carbón

Indicación instantánea de
explosividad

Monitoreo

3. Monitoreo y verificación

- **Muestreo periódico** de polvo en galerías y frentes, verificando el porcentaje de material incombustible.
- **Inspecciones de acumulación:** revisión visual y con lámparas en zonas de difícil limpieza.
- **Normas de referencia:**
 - MSHA (EE. UU.): exige 80 % de incombustible en general y 65 % en áreas con alta humedad.
 - Resolución 1886 de 2015 (Colombia): obliga a aplicar polvo inerte en techos, hastiales y pisos, y mantener registros de aplicación.

CDEM-1000

Medidor portátil de explosividad de polvo de carbón

Nuevas tecnologías



Tecnologías emergentes

- **Espumas químicas y agentes supresores:** para zonas de difícil acceso donde el polvo inerte no es suficiente.
- **Sistemas automáticos de supresión:** sensores de explosión incipiente que liberan polvo inerte o niebla de agua en milisegundos.
- **Monitoreo en línea:** equipos que miden concentración de polvo respirable y explosivo en tiempo real.

- **Tradicional** = agua + ventilación + polvo inerte aplicado manualmente.
- **Innovador** = sensores + automatización + supresores rápidos + tecnologías de inertización más efectivas.

Espumas químicas

Son mezclas de **agua + espumógeno (surfactante) + aire o nitrógeno** que forman una espuma húmeda y estable.

• **Función principal:** atrapar y fijar el polvo fino de carbón en superficies, evitando su dispersión al aire.

• **Ventajas:**

- Humectan mucho más que el agua sola.
- Forman una película que se adhiere al carbón.
- Reducen el consumo de agua (se requiere hasta 70 % menos).

• **Tipos usados en minas:**

- **Espumas a base de tensioactivos aniónicos y no iónicos** (similares a detergentes industriales).
- **Espumas poliméricas** que generan burbujas más estables para zonas de transporte y trituración.

• **Aplicaciones:**

- Frentes de corte.
- Puntos de transferencia (cargue/descargue de bandas).
- Áreas de trituración y cribado.
- Sellado temporal de zonas abandonadas.



Agentes supresores

Son sustancias que **reducen o neutralizan la energía de una explosión de polvo**. Se pueden usar solos o en combinación con agua/espumas:



1. Polvo inerte proyectado

- Polvo de roca (caliza/dolomita) aplicado por sistemas automáticos cuando se detecta una onda de choque.
- Base de las **barreras de polvo inerte** tradicionales.

2. Supresores químicos en polvo

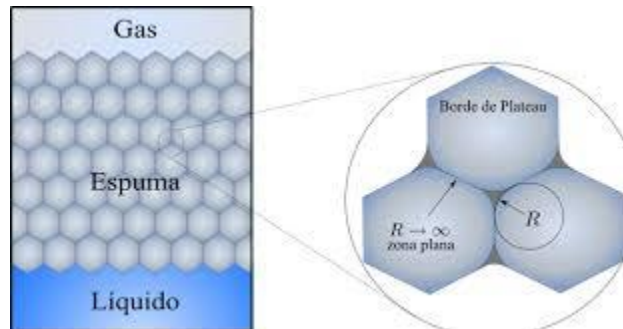
- Carbonato de sodio (Na_2CO_3).
- Bicarbonato de sodio (NaHCO_3).
- Fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$).
- Funcionan por **absorción de calor y liberación de CO_2** que desplaza el oxígeno y reduce la reacción de combustión.

3. Supresores líquidos

- Soluciones de sales inorgánicas (cloruros, carbonatos, fosfatos) disueltas en agua.
- Se nebulizan en caso de emergencia.

Resumen

- Las **espumas químicas** sirven para **control preventivo del polvo** (fijación y humectación).
- Los **agentes supresores** se emplean como **medida reactiva**, es decir, para **detener o mitigar la propagación de una explosión** de polvo de carbón.





Ejemplos comerciales usados en minería

- **Aerofoam y FireFoam** → espumas de supresión de polvo y control de incendios.
- **F-500 Encapsulator Agent** → agente supresor líquido de acción rápida (EE. UU.).
- **Mousses inertes para minería en Europa** → a base de surfactantes biodegradables y carbonatos.
- **Sistema BaroMin®** → barreras automáticas de polvo inerte + espuma.

COMPARACIÓN



Categoría	Técnicas tradicionales	Técnicas innovadoras / emergentes
Prevención de generación de polvo	- Ventilación general y auxiliar.	- Aspersión con aditivos humectantes (surfactantes) que mejoran la captura del polvo fino.
	- Aspersión manual o fija con agua.	- Niebla de agua atomizada con microgotas de alta presión.
	- Riego en frentes de corte y transporte.	
Control directo en frentes y transporte	- Riego en cargue/descargue de bandas.	- Sistemas automáticos de aspersión activados por sensores de polvo.
	- Aplicación manual de agua.	- Espumas supresoras aplicadas en puntos críticos (trituración, transferencias).
Inertización	- Aplicación manual o mecanizada de polvo de roca inerte (caliza/dolomita).	- Barreras automáticas de polvo inerte que se activan por ondas de choque.
	- Barreras de polvo inerte en galerías principales.	- Uso de mezclas químicas retardantes de explosión.
Monitoreo y verificación	- Muestreo periódico de polvo para medir porcentaje de incombustible.	- Sensores en línea para medir concentración de polvo explosivo en tiempo real.
	- Inspecciones visuales.	- Sistemas de alerta temprana conectados a centros de control.
Supresión de explosiones	- Rocío de polvo de roca levantado por la onda de choque.	- Sistemas automáticos de supresión por inyección de polvo inerte o niebla de agua a alta velocidad (milisegundos después de detectada la explosión).
Normatividad	- Colombia: Res. 1886 de 2015 → exige aplicación de polvo inerte en techos, costados y pisos.	- Integración con sistemas de seguridad digital (IoT).
	- Internacional: MSHA/NIOSH → mínimo 80% de material incombustible.	- Planes de ventilación inteligentes que ajustan caudal de aire según sensores en tiempo real.

QUÉ DEBE HACER PARA DISMINUIR ACCIDENTES POR ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS?

Espumas Químicas y Agentes Supresores en Minas de Carbón Subterráneas”

Bloque 1 – Espumas Químicas (Color azul claro, ícono: 💧 + 泡)

- **Composición:** Agua + surfactantes + aire.
- **Acción:** Humectan y fijan polvo de carbón.
- **Aplicación:** Frentes de corte, bandas, tritución.

Bloque 2 – Polvo Inerte Proyectado (Color gris, ícono: 🧱)

- **Composición:** Caliza o dolomita.
- **Acción:** Diluye la mezcla explosiva.
- **Aplicación:** Barreras de polvo, rociado en galerías.

Bloque 3 – Supresores Químicos en Polvo (Color naranja, ícono: 🧪)

- **Composición:** Carbonato/bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico.
- **Acción:** Absorben calor, liberan CO₂ y rompen reacción de combustión.
- **Aplicación:** Sistemas automáticos de supresión.

Bloque 4 – Supresores Líquidos (Color verde, ícono:)

- Composición:** Sales disueltas en agua + agentes encapsulantes.
- Acción:** Enfriamiento rápido y atmósfera inerte.
- Aplicación:** Sistemas automáticos y equipos móviles.

Bloque 5 – Espumas Especiales Retardantes (Color morado, ícono: burbuja reforzada)

- Composición:** Surfactantes + polímeros + carbonatos/fosfatos.
- Acción:** Combinan fijación del polvo + inertización.
- Aplicación:** Pruebas en minas de alto riesgo (Europa/EE.UU.).

“Tradicional = agua + polvo inerte. Innovador = sensores + espumas + agentes supresores automáticos”

BIBLIOGRAFÍA

- www.anm.gov.co
- www.mintrabajo.gov.co
- www.minsalud.gov.co
- www.icontec.org.co
- www.presidencia.gov.co

EVALUÉMONOS



Fórmulas para la vida

Valores + Emociones + Competencias

Respeto + Gratitude + Ética y sostenibilidad



PREGUNTAS

Recuerda que POSITIVA tiene para ti:



<https://posipedia.com.co/> 



Cursos virtuales



Artículos



Audios



Juegos digitales



OVAS



Guías



Mailings



Videos



¿Quieres profundizar tus conocimientos y
potenciar tus competencias en SST?

¡Capacítate y fortalece
la seguridad de tu empresa!

CURSOS

**VIRTUALES SG-SST
DE 50 Y 20 HORAS**

Escanea e insíbete



Para trabajadores de todas las empresas, áreas y sectores.

¡TE ESPERAMOS!



Conoce cómo

descargar los certificados de las acciones educativas

01



02

Consulta tu certificado

Descarga el certificado y/o constancia de participación a las acciones educativas Positiva.

Para iniciar el proceso de descarga debes ingresar tu número de documento (sin espacios, puntos y comas) y luego dar clic en el botón "Consultar."

Tipo de identificación
Escoge tu tipo de identificación

Numero de documento

Consultar

03

Consultar certificados

Datos del Usuario

Documentos:

Nombre:

Total horas: 205

Mostrar: 10 - respuestas

No.	Acción educativa	Fecha de Certificación	Duración en Horas	Modalidad	Descarga
1	CERTIFICACION INTERNACIONAL COMO ENTRENADOR LUGAR NIVEL 1	2023-09-14	8	PRESENCIAL	
2	CONGRESO TECNICO EN PROMOCION Y PREVENCIÓN 2024 BOGOTÁ MAS POSITIVA	2024-10-10	9	PRESENCIAL	
3	CURSO VIRTUAL DE 20 HORAS ACTUALIZACIÓN DEL PROCESO EDUCATIVO VIRTUAL DE 50 HORAS SOCOT	2024-04-05	20	VIRTUAL	
4	CURSO VIRTUAL DE 10 HORAS SISTEMA DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	2023-09-05	50	VIRTUAL	

Paso 1:
Escanea el código QR

Paso 2:
Selecciona el **tipo de documento** y escribe el **número**, una vez diligenciados da clic en consultar.

Paso 3:
Encontrarás tu historial académico y podrás generar la descarga de tu certificado en el icono