



Plan Nacional de Educación **Multimodal** en SST 2026

Talentos que **hacen país**

Comunidad Nacional de Conocimiento en

Prevención de Peligros en el Sector Minería

Talentos que **hacen país**



SESIÓN 3: SISTEMAS DE VENTILACIÓN DE MINAS INTELIGENTES



JOSÉ ALFREDO GUÍO GARZON

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



josealfredog@hotmail.com



3108717198

Perfil profesional:

Ingeniero en Minas, experiencia de 35 años en Minería
Especialista en salud Ocupacional y protección de Riesgos Laborales
Magister en Seguridad y Salud en el trabajo, experiencia de 23 años en SST
Entrenador Ludico Internacional en SST
Entrenador en labores mineras Bajo tierra
Auditor interno ISO 9001, 14001, 18001, 45000
Experto en ventilación de minas Subterráneas



Ruta del conocimiento

01

SESIÓN 1:
NORMATIVIDAD
ACTUALIZADA EN SST EN
EL SECTOR MINERO - AÑO
2026

02

SESIÓN 2:
MEDICIONES AMBIENTALES A
DESARROLLAR EN EL SECTOR
MINERO PARA PREVENCIÓN
DE ENFERMEDADES
LABORALES

03

SESIÓN 3:
SISTEMAS DE VENTILACIÓN
DE MINAS INTELIGENTES

04

SESIÓN 4:
DESARROLLO TECNOLÓGICO
EN EL SOSTENIMIENTO DE
MINAS

05

SESIÓN 5:
HACIA UNA MINERÍA A CIELO
ABIERTO CON ALTA
TECNOLOGÍA - DECRETO
0539/2022

Ruta del conocimiento



06

SESIÓN 6:
SISTEMAS DE TRANSPORTE
PARA MINERÍA
INTELIGENTES



07

SESIÓN 7:
INVESTIGACIÓN DE
ACCIDENTES DE TRABAJO
CON EL APOYO DE
INTELIGENCIA ARTIFICIAL



08

SESIÓN 8:
MONITOREO CONTINUO -
APUESTA HACIA EL
DESARROLLO TECNOLÓGICO
MINERO



09

SESIÓN 9:
CONTROL DE ATMÓSFERAS
EXPLOSIVAS Y TÉCNICAS DE
INERTIZACIÓN DE MINAS



suma 5.0



Evaluémonos



Tenemos que desarrollar tecnología, eficiencia y seguridad en el Entorno Minero del Siglo XX.

Jagg.

Contenido

- 01. Introducción
- 02. Análisis de accidentalidad Minera..
- 03. Sistemas de ventilación
- 04. Innovaciones tecnológicas



01.

Dar a conocer las principales estadísticas de accidentalidad Minera en Colombia.

02.

Dar a conocer los diferentes sistemas de ventilación en minería subterránea en Colombia.

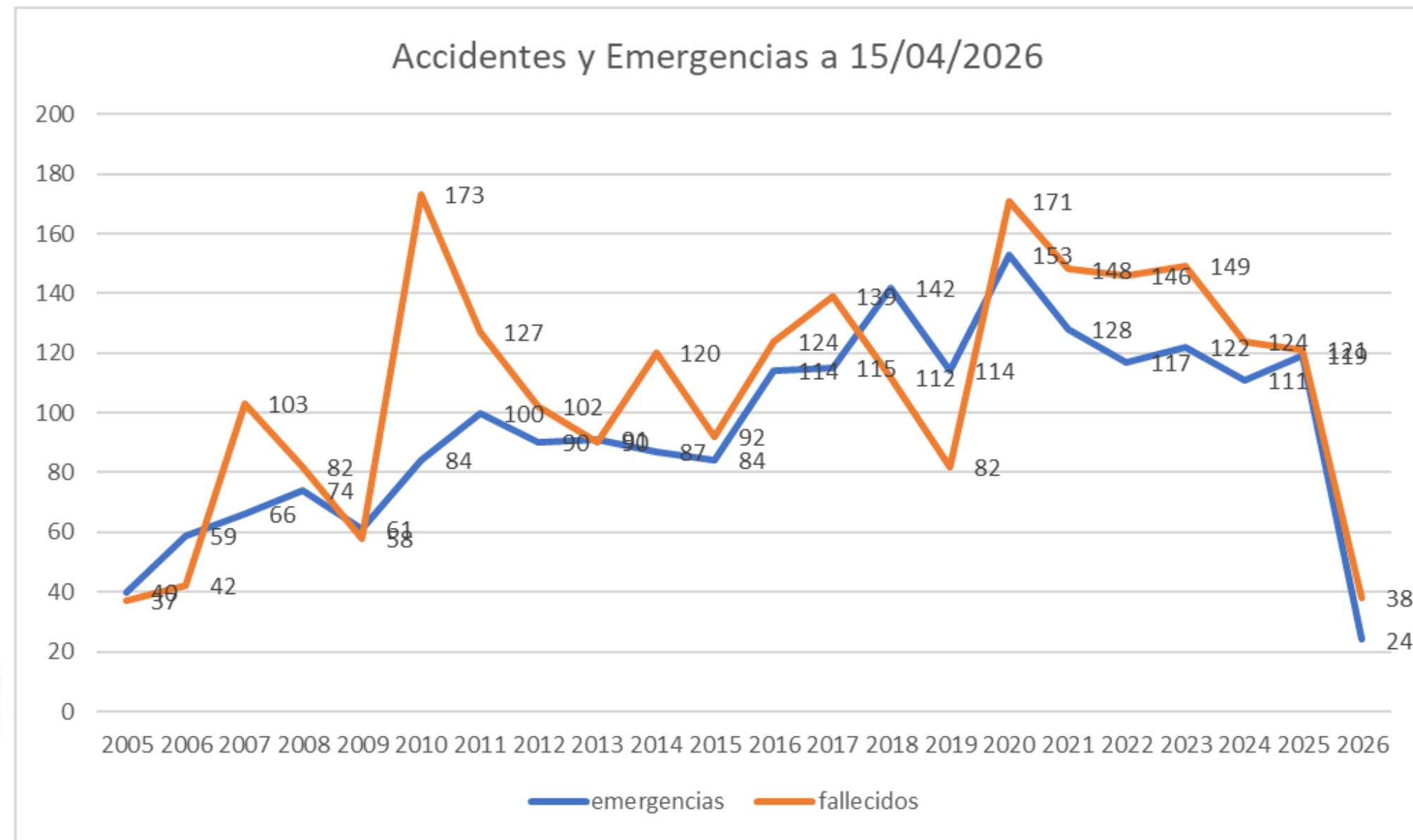
03.

Dar a conocer las diferentes innovaciones tecnológicas existentes en ventilación de minas.

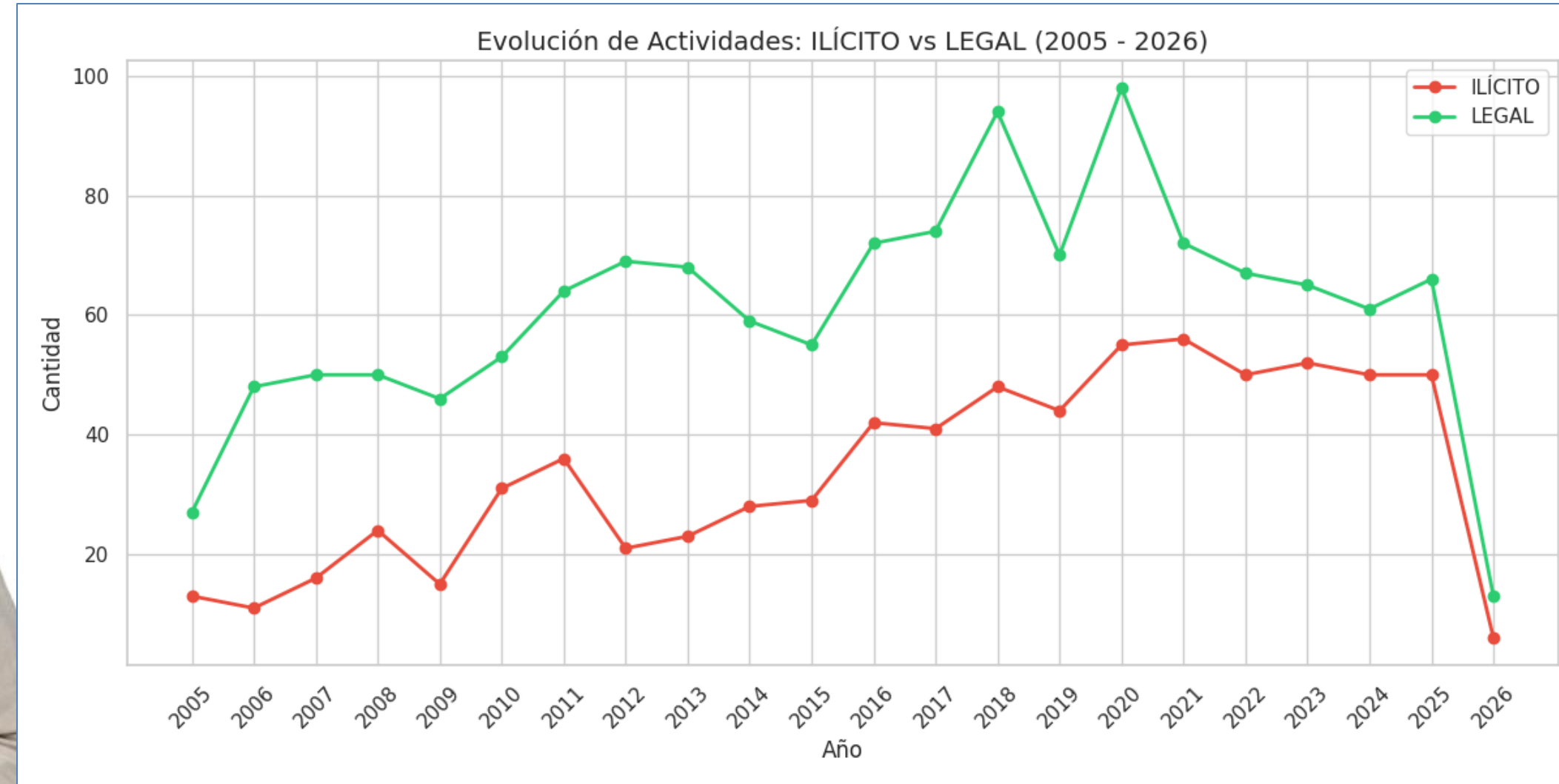
Objetivo



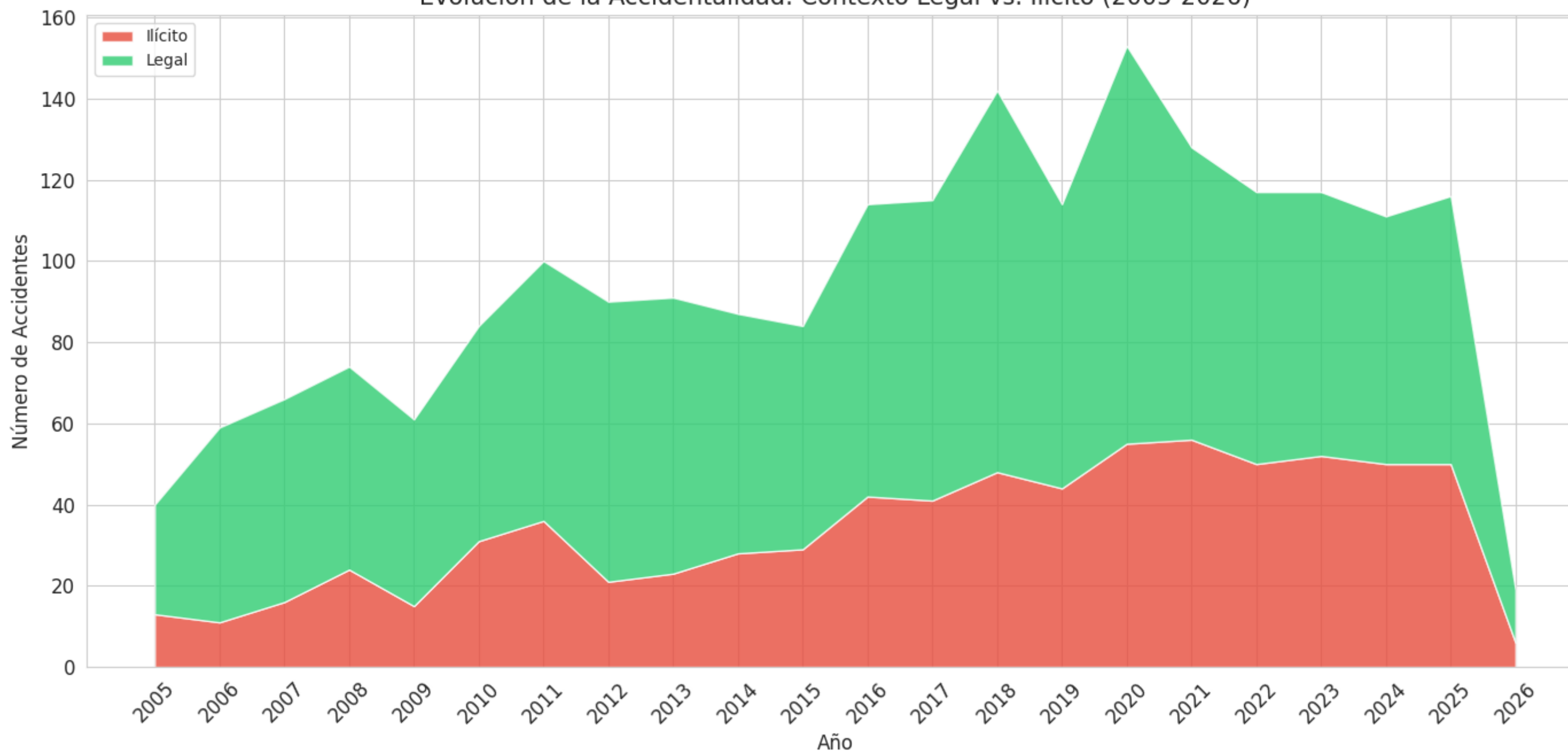
Fatalidades a 15/04/2026



Fatalidades a 16/04/2026



Evolución de la Accidentalidad: Contexto Legal vs. Ilícito (2005-2026)



INDICADORES

COMPORTAMIENTO DE LA SINIESTRALIDAD EN ORO EN PERÍODO 2021 - 2025

| AÑO | TRABAJADORES EN ORO EN EL PERÍODO S/N DANE | FALLECIDOS EN EL PERÍODO | TASA DE MORTALIDAD EN LA VIGENCIA POR C/100000 |
|------|--|--------------------------|--|
| 2021 | 123.930 | 39 | 31,47 |
| 2022 | 141.504 | 34 | 24,03 |
| 2023 | 130.419 | 32 | 24,54 |
| 2024 | 144.223 | 32 | 22,19 |
| 2025 | 168.815 | 33 | 19,55 |

| AÑO | TRABAJADORES EN CARBON | FALLECIDOS EN PERÍODO | tasa de mortalidad |
|------|------------------------|-----------------------|--------------------|
| 2021 | 55027 | 96 | 174,46 |
| 2022 | 59201 | 106 | 179,05 |
| 2023 | 59530 | 115 | 192,86 |
| 2024 | 67717 | 88 | 129,95 |
| 2025 | 53946 | 79 | 146,44 |



EL DESAFÍO ENERGÉTICO EN MINERÍA

APETITO ENERGÉTICO

La ventilación representa entre el 30% y 50% del consumo eléctrico total de una mina subterránea.

Sistemas estáticos operan al 100% incluso cuando no hay personal o maquinaria presente, generando un derroche masivo.

INEFICIENCIA OPERATIVA

El uso de compuertas manuales y ventiladores fijos impide la optimización dinámica de los frentes de trabajo.

A mayores profundidades, el costo térmico y de ventilación crece de forma exponencial (OPEX).



CONTEXTO ACTUAL DE LA VENTILACIÓN

Desafíos en la Ventilación Subterránea

40%

del Costo en
energía eléctrica
minero
es ventilación

35%

de accidentes
por gases
tóxicos y
explosiones

2km+

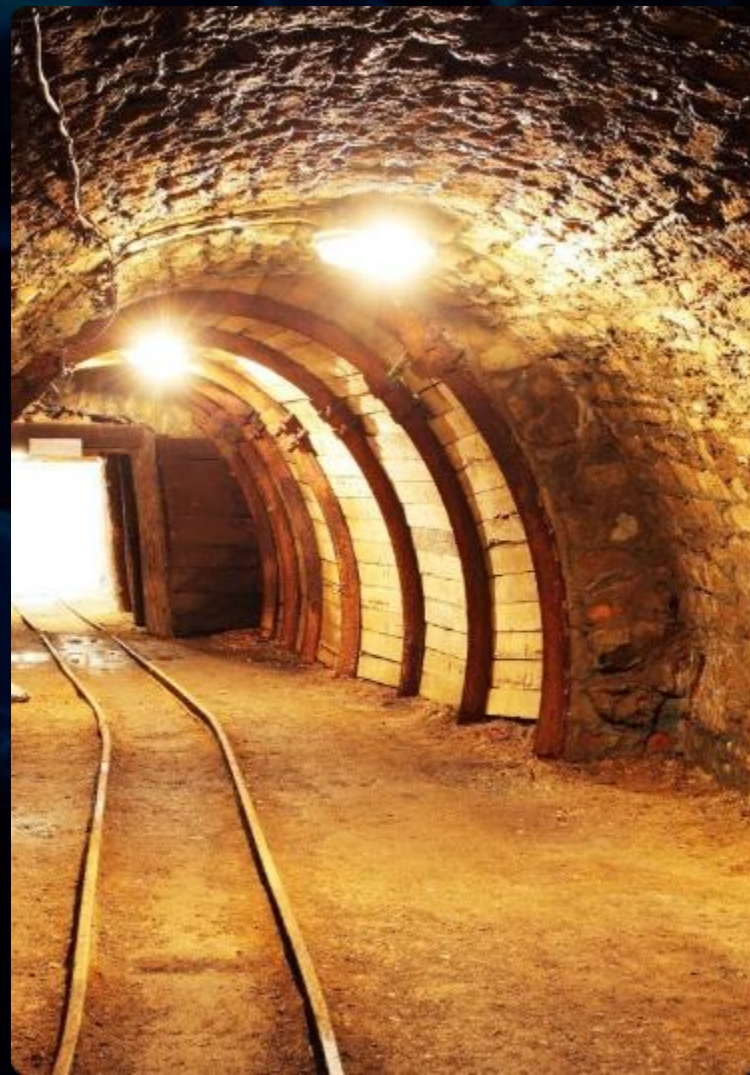
profundidad
promedio
actual

24/7

monitoreo
requerido

Principales retos del sector:

- Aumento de profundidad → mayor temperatura y menor oxígeno disponible
- Normativas ambientales más estrictas en emisiones y calidad del aire
- Sistemas de ventilación fijos e ineficientes con alto consumo energético
- Limitada visibilidad en tiempo real del estado de la red de ventilación



El Desafío: Ventilación Tradicional

40%

del consumo energético total de una mina subterránea se destina a ventilación



Limitaciones y costos en sistemas convencionales

Ventilación constante al máximo

Sin ajuste a necesidades reales, desperdicio permanente de energía

Reacción tardía a eventos

Los sistemas fijos no responden a emanaciones de gases o variaciones de personal

Alta emisión de CO₂

Respiración y otros contaminantes generan CO₂ y otros gases que requieren dilución costosa

Mantenimiento reactivo

Fallas imprevistas de equipos causan paros de producción y riesgos de seguridad



Inteligencia Artificial aplicada a la Ventilación

Predicción de Demanda

Modelos LSTM que anticipan necesidades ventilación según producción planificada

Optimización de Ventiladores

Algoritmos genéticos que minimizan consumo energético manteniendo estándares de seguridad

Detección de Anomalías

Redes neuronales que identifican fallos en equipos antes de que ocurran

Simulación CFD con IA

Modelos de dinámica de fluidos acelerados por deep learning para diseño de circuitos

Control Adaptativo

Sistemas de control PID aumentados con aprendizaje por refuerzo en tiempo real

Informes Automáticos

Generación automática de reportes de cumplimiento normativo y eficiencia operativa



VENTILACIÓN POR DEMANDA

Ventilación sobre demanda es un sistema dinámico que ajusta en tiempo real el caudal y dirección del aire según las necesidades operacionales, utilizando sensores, automatización e inteligencia artificial para optimizar la ventilación de forma continua.

01

SENSORES A UTILIZAR:
GASES, TEMPERATURAS,
MATERIAL PARTICULADO,
CAUDALES.

02

INGRESAR AL ALGORITMO
PERSONAL MINA Y EQUIPOS
Y DATOS DE MEDIO
AMBIENTE MINERO

03 PROCESAMIENTO DE
INFORMACIÓN CON:
ALGORITMOS, MODELOS
DE FLUJO, OPTIMIZACIÓN
EN TIEMPO REAL

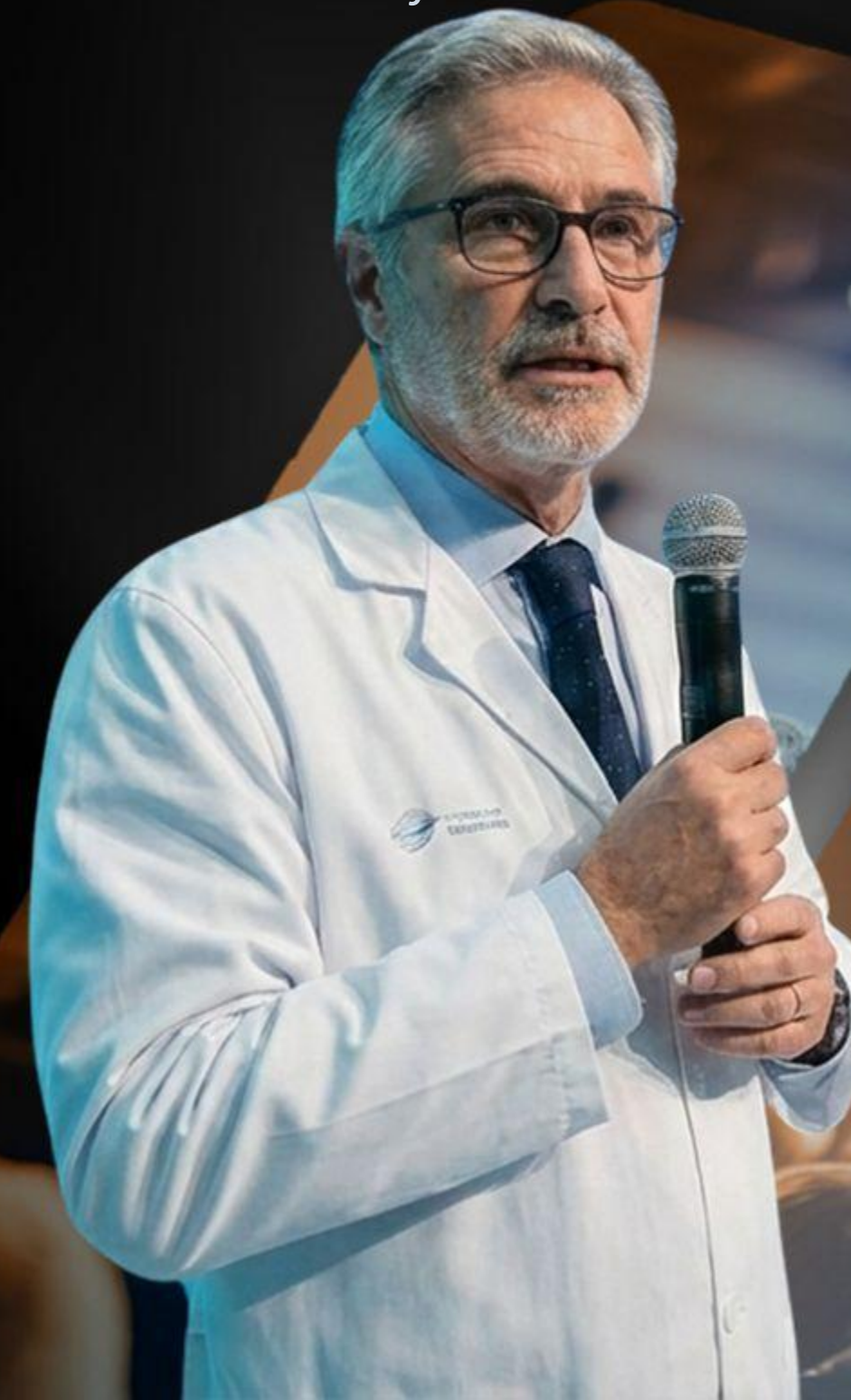
04

ACTUAR

05

Control de ventiladores
Compuertas automáticas Redireccionamiento
de flujos, alertas y reportes automáticos

HACIA UNA MINERÍA SEGURA CON SISTEMAS DE VENTILACIÓN INTELIGENTES



La ventilación por demanda suministra aire fresco solo donde y cuando se necesita
— en lugar de ventilar toda la mina continuamente
— reduciendo drásticamente el consumo eléctrico sin comprometer la seguridad operacional.

Ventilación por demanda.

Sistema Tradicional

Ventilación 100% continua

Sin sensores de presencia

Consumo fijo independiente de producción

Costo energético: ALTO

Sistema VOD

Ventilación según demanda real

Tracking GPS de equipos

Ajuste dinámico cada 60 segundos

Ahorro comprobado: 30–50%



Y la implicación en el Sistema de Seguridad y Salud en el trabajo.

"Presta atención al trabajo que realizas, la prisa es el mejor aliado del accidente."

⚠️ Detección de Gases

Alertas en <3 seg ante niveles críticos de CO, NO_x, CH₄

🚨 Protocolo de Emergencia

Activación automática de planes de evacuación con ventilación de emergencia

📍 Localización de Personal

RFID y UWB para ubicación en tiempo real de cada minero

📊 Cumplimiento Normativo

Registro continuo para auditorías RETIE, ICONTEC y normativa internacional



EJEMPLOS DE MINERÍA INTELIGENTE EN COLOMBIA

Caipa El Cerrejón, La Guajira

Reducción del 35% en tiempos de parada por alertas de gas metano.

Mina La Ye, Boyacá

Reducción del 70% en accidentes por CO (2019-2023).

Minas de Sal, Zipaquirá

Ahorro del 28% en energía mediante ventilación por aforo turístico.

Frontino Gold, Antioquia

Integración con localización en tiempo real (RTLS) a 1400m de profundidad.



TECNOLOGÍA IMPULSORA DEL AHORRO



SCADA & CONTROL



SENSORES IOT



GESTIÓN DE GASES



ESCENARIOS DE AHORRO ENERGÉTICO

Sistema Convencional.

100% (BASE)

Primera etapa de tecnificación

78% (-22%)

Segunda etapa de tecnificación

62% (-38%)

Sistema Inteligente

46% (-54%)



COMO DEBE REALIZARSE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

- Sistemas de ventilación automatizados.
- Circuitos De Ventilación Con Ventiladores Inteligentes.
- Tableros De Control
- Puertas Regulatorias Inteligentes
- Variadores De Frecuencias
- Monitoreo De Condiciones De Ventilación
- Ductos Adecuados
- Otros



IMPLEMENTACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

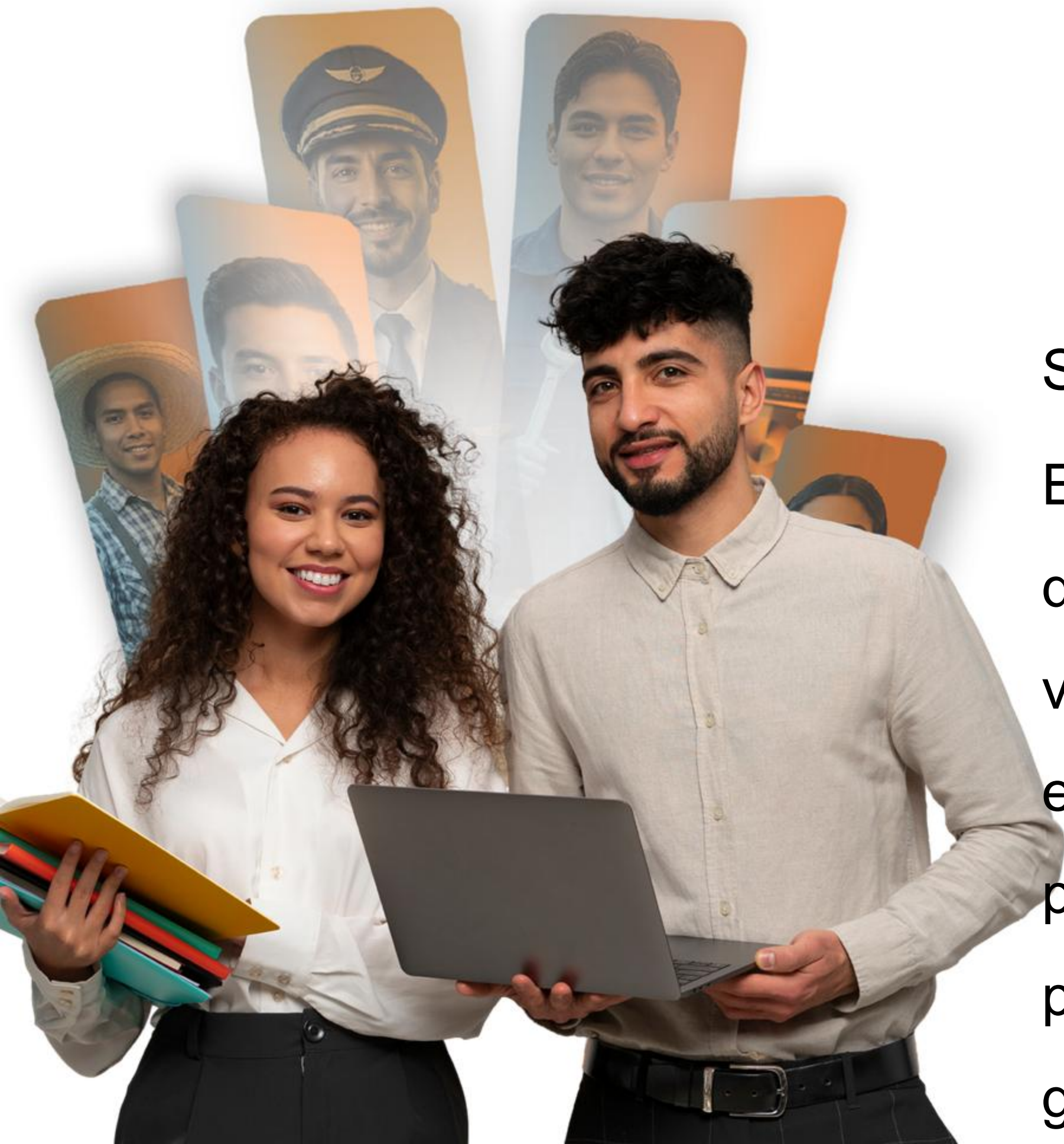
- La combinación de sistemas de ventilación natural y mecánica, junto con tecnologías avanzadas de monitoreo y control, está llevando el camino hacia un entorno minero más seguro y sostenible.
- Un variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que regula la velocidad de los motores eléctricos. Se utiliza para optimizar el consumo energético y reducir el impacto ambiental



IMPLEMENTACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

- **Monitoreo y Control avanzados.** El monitoreo y control avanzados son esenciales para garantizar la eficiencia y la seguridad en la ventilación en minería. Esto implica la instalación de sensores de calidad del aire, temperatura, humedad y velocidad del aire en ubicaciones estratégicas dentro de la mina. Los datos recopilados se utilizan para controlar y ajustar los sistemas de ventilación en tiempo real. La capacidad de respuesta rápida a cambios en las condiciones del aire es crítica para evitar incidentes.





Sistemas de Monitoreo Remoto

El monitoreo remoto permite a los operadores de minas supervisar y controlar los sistemas de ventilación desde ubicaciones alejadas. Esto es especialmente valioso en minas profundas o peligrosas. La capacidad de realizar ajustes precisos en tiempo real es fundamental para garantizar la seguridad de los mineros.

IMPLEMENTACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

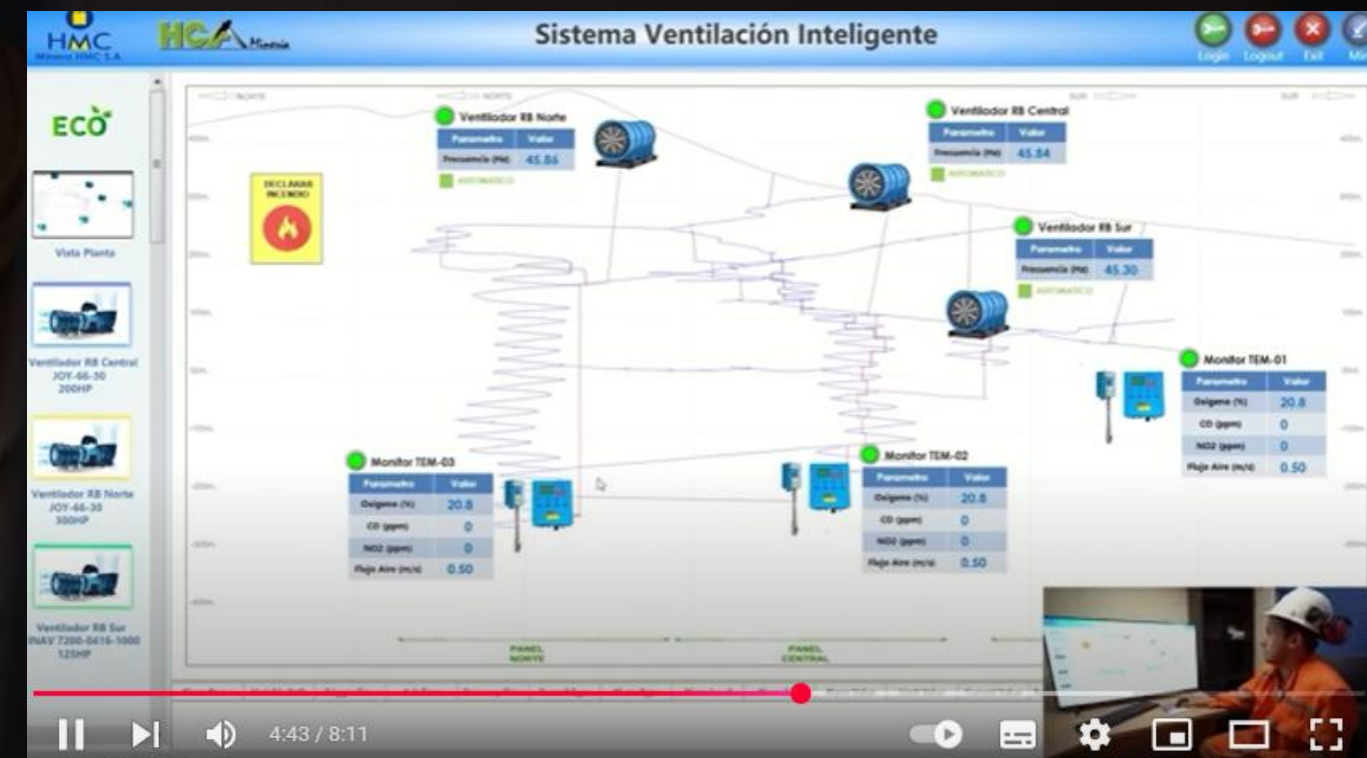
Ventilación Inteligente

La ventilación inteligente hace uso de algoritmos y análisis avanzados para optimizar la distribución del aire y minimizar el consumo de energía. Esta tecnología puede ayudar a reducir los costos operativos y mejorar la eficiencia energética.



RESULTADOS DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO

- Disminución del 40 AL 53 % de los costos de energía.
- Disminución de la concentración de gases en los frentes de trabajo.
- Disminución de acumulación de polvo de carbón en las vías.
- Disminución de enfermedades laborales en las minas tecnificadas.
- Disminución de cortos circuitos de ventilación y turbulencias.
- Eficiencia energética y seguridad minera.
- Aplicación de software para el cálculo de ventilación de la mina.



Conclusiones.

54%

AHORRO MÁXIMO ENERGÍA

2h

PRODUCTIVIDAD GANADA P/DÍA

Zero

INCIDENTES POR GAS VICIADO



La ventilación inteligente no es una opción tecnológica; es la base de la rentabilidad y la supervivencia operativa en la minería moderna

Bibliografías

- AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA ESTADÍSTICAS
- LEY 9 DE 1979
- DECRETO 2490 DE 1979
- Ministerio de Minas y Energía 2015-2026.
- Ministerio del trabajo 1979-2026
- Ministerio de Salud 2000-2026.
- Administradoras de riesgos Laborales. 2026
- Estudio de Calidad del aire de las minas en Colombia, 2026

<https://rockwellautomation.scene7.com/is/image/rockwellautomation/allen-bradley-variable-frequency-drives-vfds-industrial-automation-smart-motor-control.3719.png>

Source: www.rockwellautomation.com

https://i.ytimg.com/vi/-UN6vjsX4nM/hq720.jpg?sqp=-oaymwEhCK4FEIIDSFRyq4qpAxMIARUAAAAAGAEIAADIQj0AgKJD&rs=AO4n4CLDcuTb54k-_guiJA72zvgBt3ZzaFA

Source: www.youtube.com

<https://mlsyamblqynx.i.optimole.com/cb:iSPV.9301/w:800/h:450/q:auto/f:best/https://vuwall.com/wp-content/uploads/Mining-Control-Room.png>

Source: vuwall.com

<https://minearc.com/wp-content/uploads/2021/04/Digital-Gas-Monitoring-For-Underground-Environments.png>

Source: minearc.com

<https://www.hseblog.com/wp-content/uploads/2026/05/Atmospheric-Hazards-Ventilation-Must-Manage.webp>

Source: www.hseblog.com

Evaluémonos



Preguntas



Recuerda que Positiva tiene para ti:



posipedia

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



Cursos virtuales



Artículos



Audios



Juegos digitales



OVA's



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**

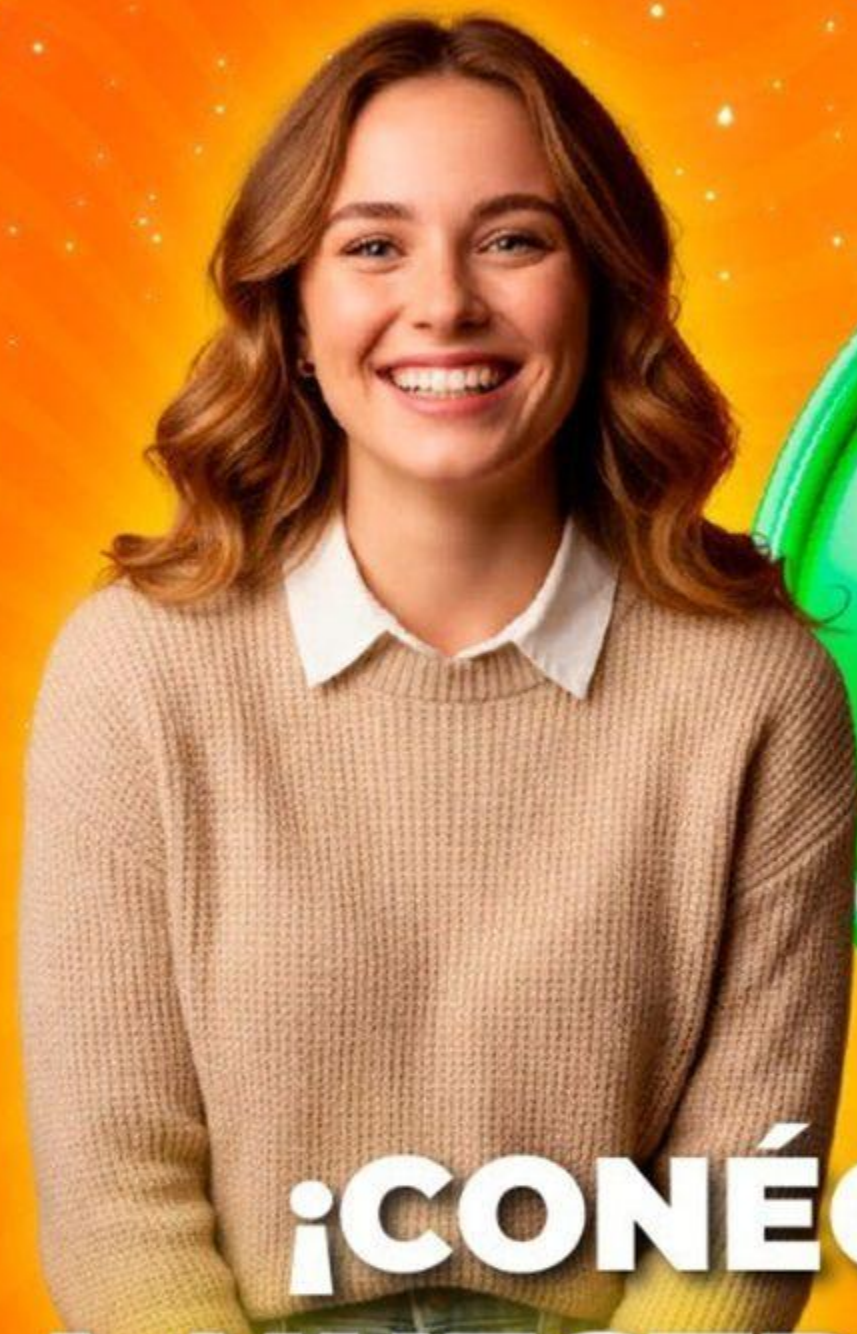
Escanea e insíbete



Para trabajadores de todas las empresas, áreas y sectores.

¡TE ESPERAMOS!





**¡CONÉCTATE
A NUESTRO CANAL
de WhatsApp!**

POSITIVA PREVENCIÓN



Descubre campañas, novedades y tips en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) que te ayudarán a fortalecer tu bienestar y la cultura de prevención laboral.

**¡Únete y sé parte de la
comunidad de Positiva!**

¡Síguenos en nuestra COMUNIDAD EDUCATIVA!



Escanea el código QR para entrar
a nuestro Canal de Whatsapp