



POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma 5.0

educa
comunica y cultura preventiva

VIGILADO SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA

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

Talentos que **hacen país**



Positiva Prevención

GRUPO
BICENTENARIO



Comunidad Nacional de Conocimiento en

Prevención de Peligros en el Sector Minería

Talentos que **hacen país**



SESIÓN 5:

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



JOSÉ ALFREDO GUÍO GARZÓN

**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

Evaluémonos



*“EL DESARROLLO TECNOLÓGICO SIEMPRE
MEJORA LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD EN
EL TRABAJO.”*

Jagg.

Contenido

-  **01.** Introducción
-  **02.** Análisis de accidentalidad Minera..
-  **03.** Desarrollo tecnológico en Minería.
-  **04.** Innovaciones tecnológicas



01.

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

02.

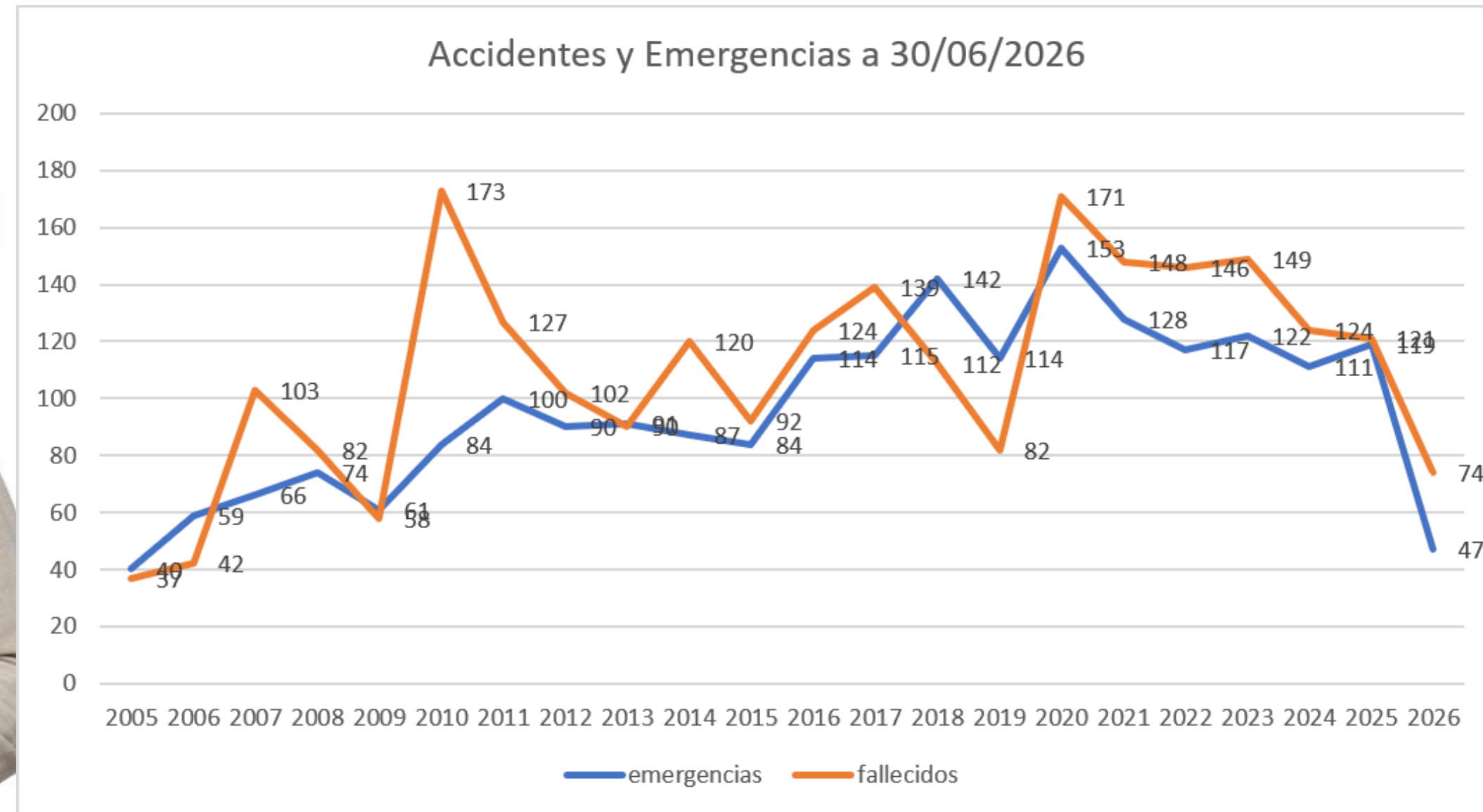
Dar a conocer los diferentes Desarrollos tecnológicos en la minería en Colombia.

03.

Dar a conocer las diferentes innovaciones tecnológicas existentes en Minería a Cielo Abierto.

Objetivo

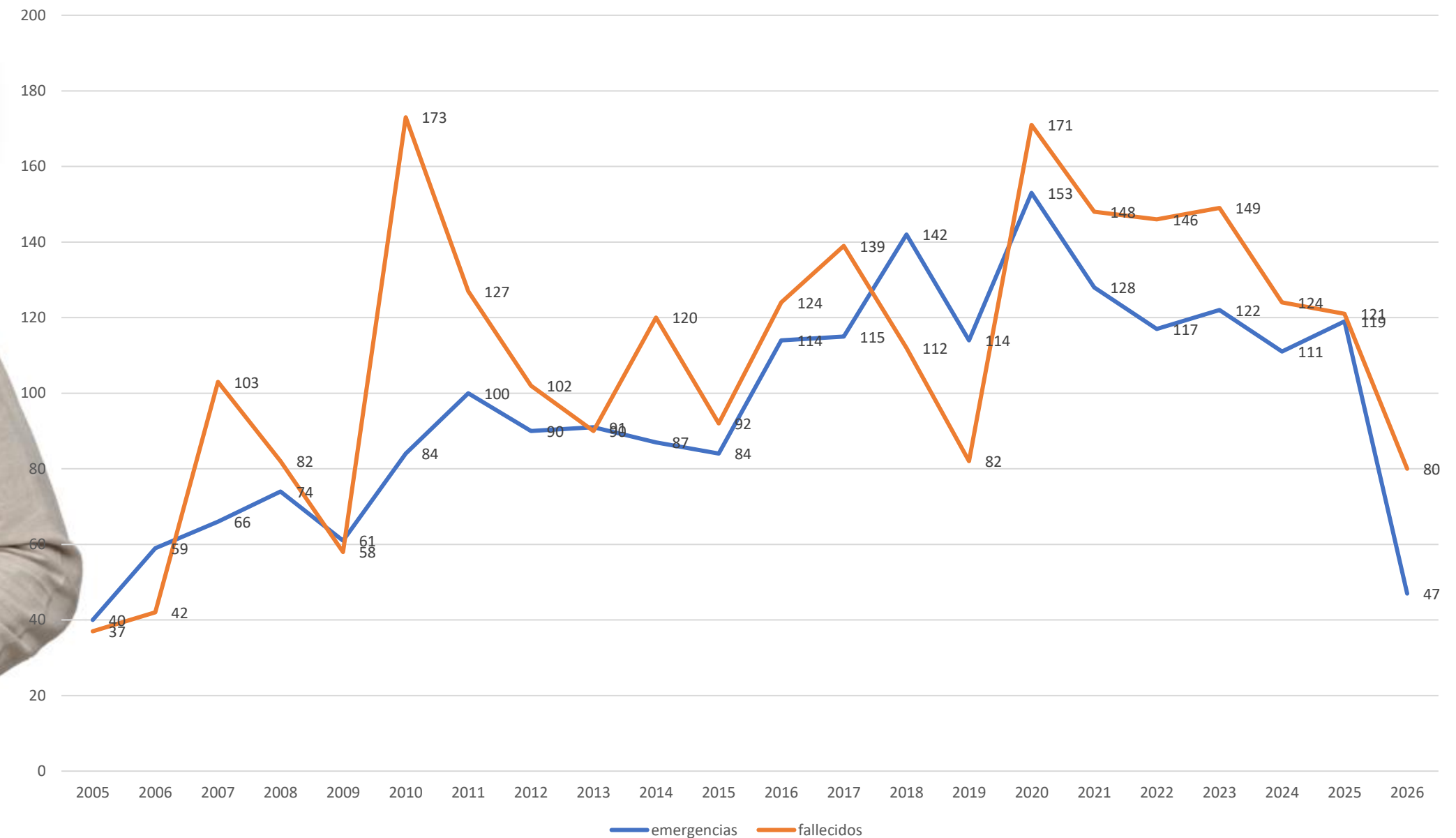
Fatalidades a 30/06/2026



Fatalidades a 30/06/2026



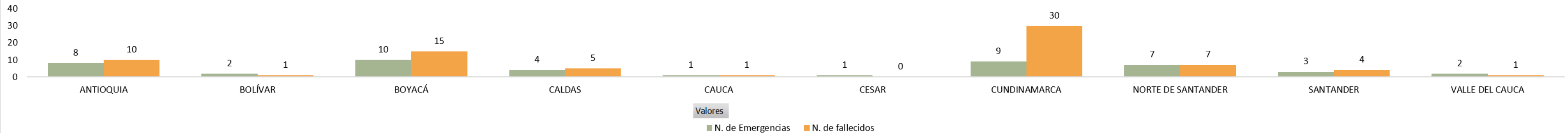
Accidentes y Emergencias a 30/06/2026



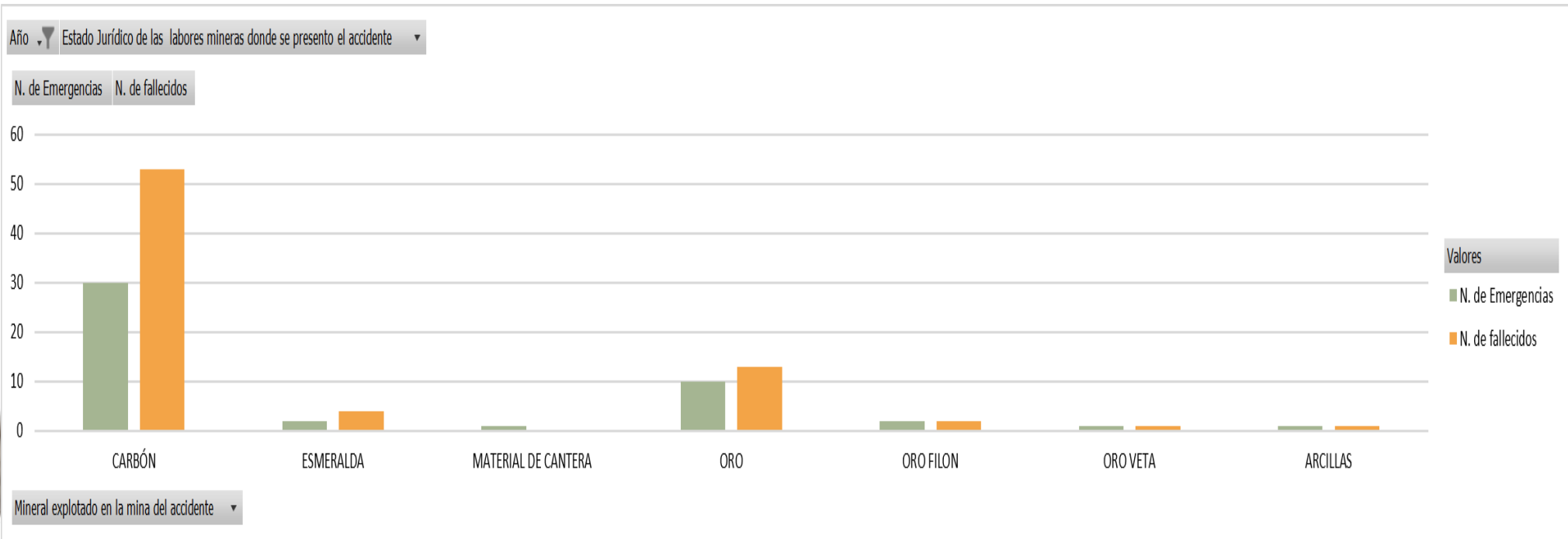
Año Estado Jurídico de las labores mineras donde se presento el accidente

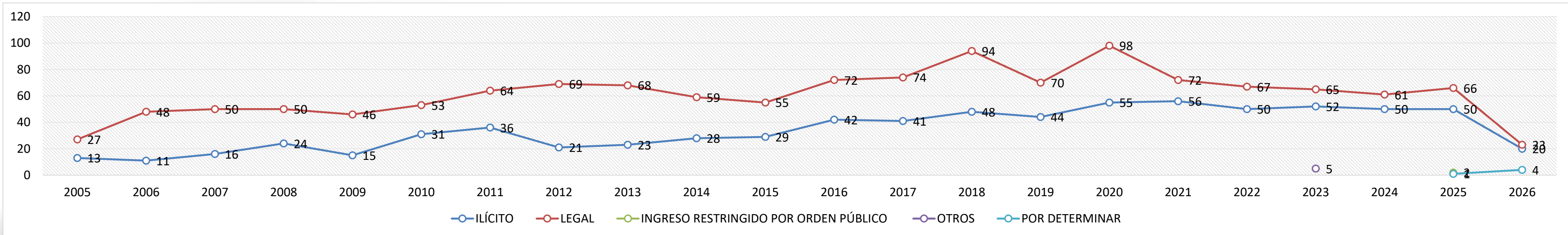
N. de Emergencias N. de fallecidos

ACCIDENTALIDAD MINERA 2026 (Corte 30/06/2026)

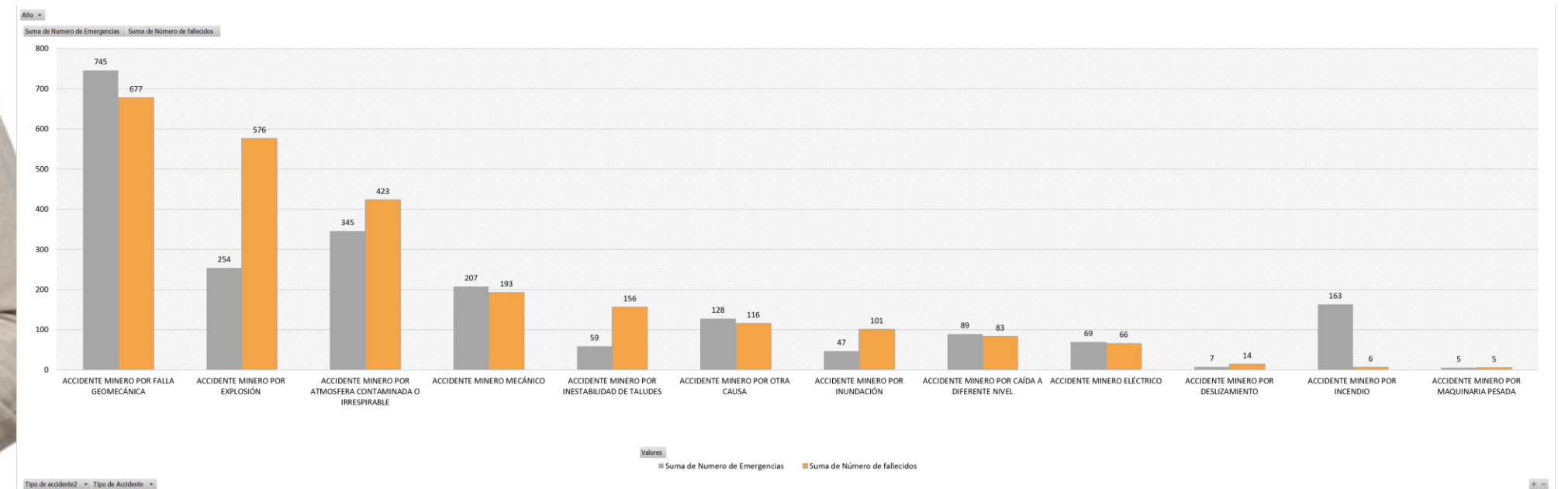


Departamento





Legales vs Ilegales.



CONTENIDO

Marco normativo: Decreto 0539 de 2022

Panorama de la minería a cielo abierto en Colombia

Por qué migrar hacia la alta tecnología

Monitoreo geotécnico inteligente de taludes

Equipos y vehículos autónomos / teleoperados

Drones, fotogrametría y topografía digital

Gestión de flota (FMS) y telemetría del operador
IoT ambiental y ocupacional en tiempo real

Gemelo digital y modelamiento 3D

Inteligencia artificial y mantenimiento predictivo

Requisitos SST por categoría minera

Beneficios, retos y hoja de ruta



DECRETO 0539 DE 2022.

MARCO NORMATIVO

Establece el reglamento de seguridad en las labores mineras a cielo abierto, fijando obligaciones diferenciadas de gestión del riesgo, personal SST y condiciones técnicas de explotación según la categoría de la operación minera.



El Decreto 0539/2022 es la puerta de entrada normativa para exigir estándares tecnológicos más altos en la minería a cielo abierto colombiana.



Gestión del riesgo

Exige sistemas de gestión de SST proporcionales al tamaño y complejidad de la explotación.



Personal SST calificado

Define perfiles y dedicación de profesionales SST según categoría minera.



Estabilidad de taludes

Refuerza controles técnicos de estabilidad geotécnica en tajos y bancos.



Actualización tecnológica

Abre la puerta a la incorporación de tecnologías de monitoreo y control.



DECRETO 0539 DE 2022.

El Decreto 0539 de 2022 establece el Reglamento de Higiene y Seguridad en labores mineras a cielo abierto. Su objetivo principal es salvaguardar la vida, la salud y la integridad de los trabajadores mediante la prevención y el control riguroso de riesgos operacionales





POSITIVA
COMPAÑIA DE SEGUROS

suma 5.0



comunica y cultura preventiva

La minería a cielo abierto en Colombia



Explotación por celdas o cajones

Método utilizado en minería a cielo abierto empleada en yacimientos masivos, diseminados o de gran profundidad, en la que la extracción se realiza formando una excavación escalonada

Es un método utilizado en terrenos topográficamente planos, muy común en la explotación de oro aluvial y de materiales de construcción. El área de trabajo se divide geométricamente en recuadros, bloques o celdas; la extracción se realiza de forma secuencial

Explotación por Contorno

Se aplica en laderas o terrenos montañosos donde la mineralización aflora. La extracción se realiza de forma horizontal siguiendo las curvas de nivel

Explotación por Dragado

Método utilizado en minería a cielo abierto en el que el material mineralizado se extrae del lecho de los ríos y cuerpos de agua naturales, mediante embarcaciones o equipos flotantes denominados dragas.



¿Por qué migrar hacia la alta tecnología?



Seguridad de las personas

Reduce la exposición humana a frentes inestables, tráfico pesado y atmósferas peligrosas.



Productividad operativa

Optimiza ciclos de carga, acarreo y perforación con datos en tiempo real.



Cumplimiento normativo

Responde a las exigencias crecientes del Decreto 0539/2022 y normas conexas.



Sostenibilidad ambiental

Permite trazabilidad de emisiones, material particulado y consumo de recursos.

La adopción tecnológica no reemplaza la gestión SST: la potencia con datos objetivos y verificables.



POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma 5.0



educa
comunica y cultura preventiva

EL ROL DE LA TECNOLOGÍA

La tecnología avanzada es el principal aliado estratégico para cumplir y superar las estrictas exigencias del Decreto 0539/2022.

PREVENCIÓN.

Aleja de manera efectiva al personal operativo de las zonas de mayor peligro físico o "línea de fuego".

SISTEMAS DE MONITOREO.

Permite el monitoreo continuo y automatizado de taludes, botaderos y activos críticos en frentes de trabajo.

ENFOQUE ACTUAL.

Proporciona sistemas de alertas tempranas y predictivas ante cualquier posible incidente operacional o ambiental

Ecosistema **Tecnológico Minero**



IoT y Sensores

Conectividad total en red y monitoreo ininterrumpido en tiempo real de todo el entorno físico, equipos y condiciones climáticas del pit.



IA y Analítica

Procesamiento avanzado de grandes volúmenes de datos para la predicción probabilística de riesgos geotécnicos y fallas mecánicas.



Automatización

Implementación de maquinaria y equipos pesados operados a distancia para eliminar radicalmente la exposición humana a riesgos extremos.

Control Ambiental.

Monitoreo Geotécnico IoT

Instalación de sensores en taludes que miden deformaciones milimétricas, piezómetros y radares conectados a la red central. Permite detectar inestabilidades geológicas antes del colapso, cumpliendo estrictamente con la seguridad geotécnica exigida por el decreto.

Higiene y Control Ambiental

Sistemas automatizados para el control en tiempo real de material particulado (polvo), emisión de gases y niveles de ruido. Garantiza el cumplimiento de los estándares de higiene ocupacional, protegiendo la salud respiratoria y auditiva del trabajador.

Drones (UAVs)

Inspección Aérea Segura

Los drones revolucionan la topografía y la inspección visual en minería. Permiten evaluar frentes de trabajo, botaderos y zonas de voladura de difícil acceso sin exponer al ingeniero a riesgos de caída o deslizamiento, alineándose perfectamente a la prevención de accidentes.



Monitoreo geotécnico inteligente de taludes



Radars de monitoreo de taludes (SAR)

Detectan desplazamientos milimétricos en tiempo real sobre bancos y taludes activos.



Prismas robotizados y estaciones totales

Miden puntos de control geodésico de forma automática y continua.



InSAR satelital

Complementa el monitoreo terrestre con series históricas de deformación del terreno.



Alertas tempranas automatizadas

Genera alarmas y protocolos de evacuación ante umbrales de velocidad de desplazamiento.

Relevancia SST

La inestabilidad de taludes es una causa recurrente de accidentes graves en tajos abiertos. El monitoreo instrumentado sustituye la sola inspección visual y permite decisiones basadas en datos objetivos.

Aplica especialmente a operaciones de mediana y gran minería con taludes de alta pendiente.





Equipos y vehículos autónomos / teleoperados



Camiones de acarreo autónomos (AHS)

Operan rutas de acarreo sin conductor, reduciendo la exposición a fatiga y colisiones.



Perforación teleoperada

Permite operar tenazas y equipos de perforación desde salas de control remotas.



Sistemas anticolisión y detección de proximidad

Frenan o alertan automáticamente ante presencia de personas o equipos cercanos.



Guiado GPS de alta precisión

Optimiza trayectorias de acarreo y reduce el desgaste de vías internas.

Impacto SST: elimina al operador de zonas de alto riesgo dinámico (bermas, frentes activos, tráfico pesado).





Gestión de flota (FMS) y telemetría del operador



Fleet Management System (FMS)

Asigna en tiempo real camiones, palas y cargadores según el plan de producción del día.



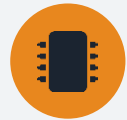
Monitoreo de fatiga y somnolencia

Cámaras y sensores biométricos alertan al centro de control ante signos de fatiga del operador.



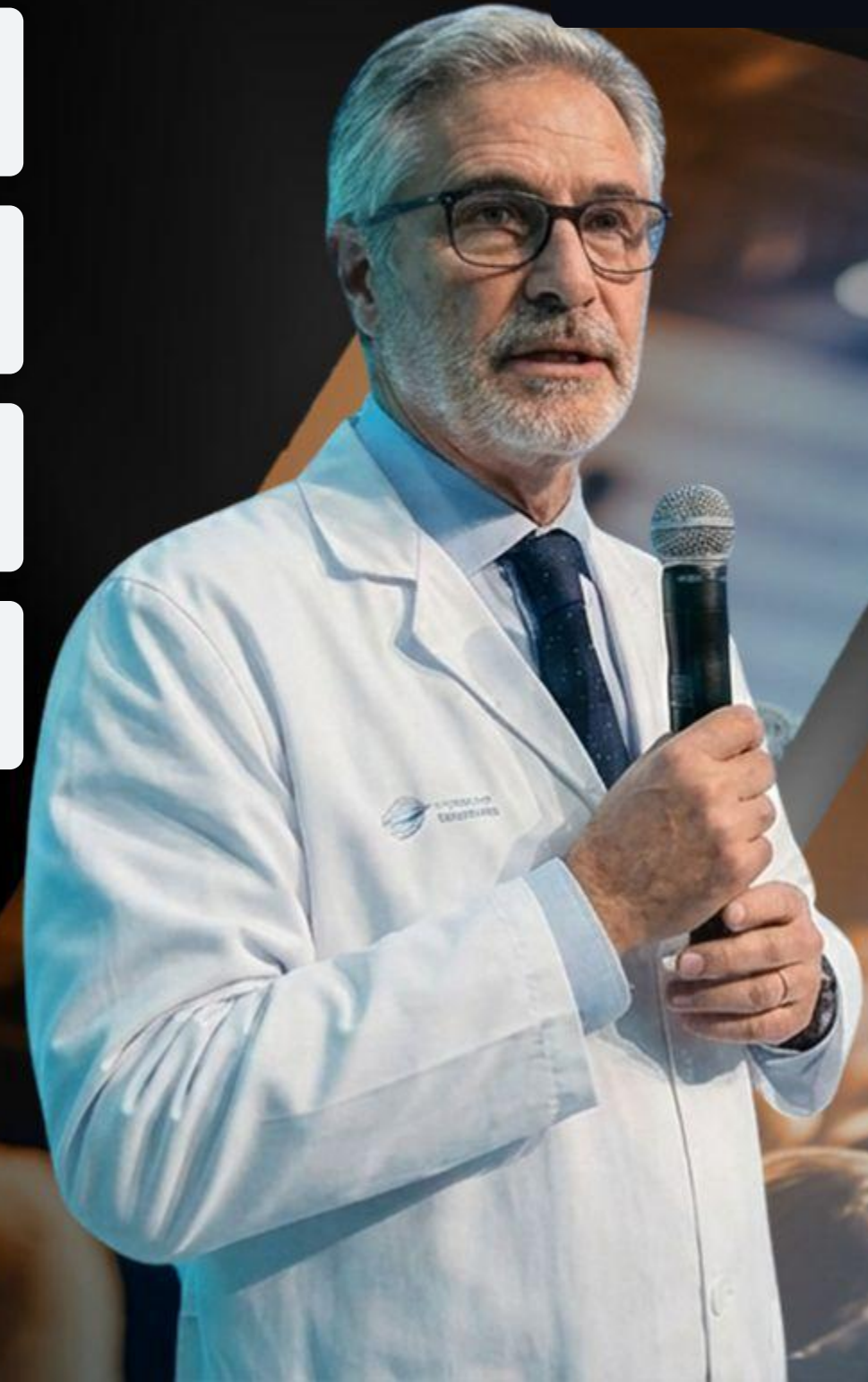
Geocercas y zonas restringidas

Bloquean o alertan el ingreso de equipos a áreas de riesgo activo (voladura, taludes inestables).



Telemetría de equipos

Registra horas de uso, presión de neumáticos, temperatura de frenos y variables críticas de mantenimiento.





POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma 5.0

educa
comunica y cultura preventiva

Flotas de camiones mineros de acarreo totalmente autónomos que operan 24/7 con precisión milimétrica guiados por GPS.

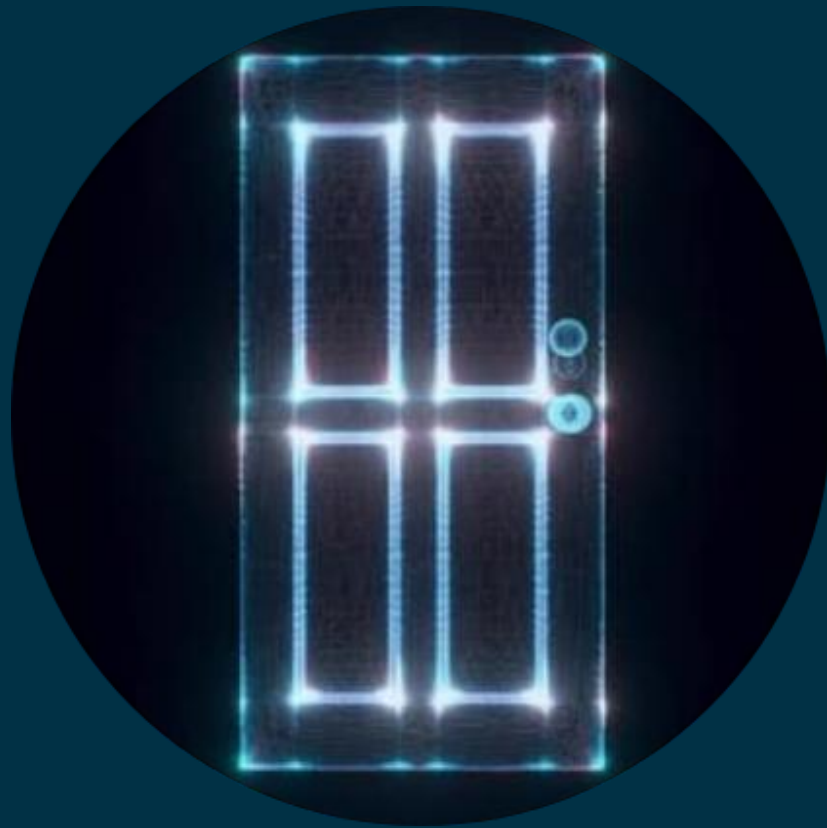
Perforadoras y maquinaria pesada teleoperadas desde cabinas ergonómicas y seguras ubicadas a kilómetros de distancia.

Reducción drástica de incidentes asociados a la fatiga severa del operador y a los errores de cálculo humano.

Cumplimiento absoluto de los artículos normativos sobre maquinaria segura, resguardo y protección integral del trabajador.



Gemelos Digitales (Digital Twins)



Simulación Preventiva

La creación de una réplica virtual o "gemelo digital" exacto de la mina a cielo abierto permite simular múltiples escenarios de explotación complejos.



Gemelo digital y modelamiento 3D de la operación



Modelo geológico-minero 3D

Integra litología, calidad del mineral y diseño de explotación en un solo entorno digital.



Gemelo digital operativo

Refleja en tiempo real el estado del tajo: avances, equipos, agua y estabilidad geotécnica.



Simulación de escenarios

Permite probar diseños de banco, secuencias de voladura y planes de cierre antes de ejecutarlos.

Por qué importa para SST

Un gemelo digital actualizado permite anticipar zonas de riesgo antes de enviar personal al terreno, y respalda con evidencia técnica los conceptos e informes exigidos por la autoridad minera.



Sensores ambientales y ocupacionales en tiempo real

Redes de sensores de bajo consumo (LPWAN / LoRa) transmiten variables críticas de higiene industrial y calidad ambiental de forma continua, reemplazando mediciones puntuales aisladas.



Material particulado (PM10 / PM2.5)



Gases: CO, CO₂, H₂S, NO_x



Ruido y vibración ocupacional



Variables psicrométricas (T°, humedad)



Velocidad y caudal de aire (Q)



Oxígeno disponible en frentes cerrados



Wearables y EPP Inteligente

Cascos Inteligentes



Monitores de Fatiga



Pulseras y dispositivos biométricos portátiles que miden signos vitales y emiten vibraciones para alertar sobre microsueños o cansancio.

Rastreo en Tiempo Real

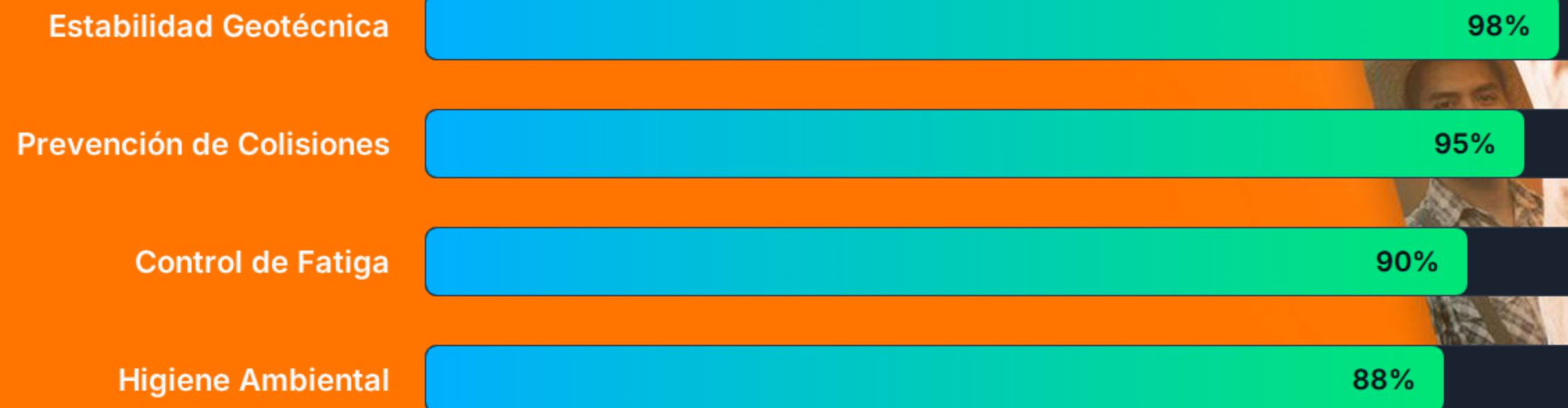


Sistemas de geolocalización GPS individual del personal en campo para coordinar evacuaciones ultrarrápidas en caso de emergencias.



Equipos de protección equipados con sensores de impacto, iluminación adaptativa y alertas acústicas de proximidad de maquinaria.

Cumplimiento Normativo (Dec 0539/2022)



La implementación progresiva de un ecosistema tecnológico eleva el cumplimiento de los indicadores críticos de higiene y seguridad del Decreto 0539/2022 a niveles superiores al 90%.

Inteligencia artificial y mantenimiento predictivo



Analítica predictiva de riesgo

Modelos que cruzan variables geotécnicas, climáticas y operativas para anticipar eventos de inestabilidad.



Mantenimiento predictivo de equipos

Sensores de vibración y temperatura anticipan fallas antes de que generen paradas o incidentes.



Visión artificial en frentes de trabajo

Cámaras con IA detectan uso de EPP, intrusiones a zonas restringidas y comportamientos inseguros.



Beneficios de la adopción tecnológica

Situación tradicional

- ⚠ Inspección visual esporádica de taludes
- ⚠ Registro manual de variables ambientales
- ⚠ Operadores expuestos en frentes activos
- ⚠ Decisiones basadas en percepción y experiencia

Operación con alta tecnología

- ✅ Monitoreo geotécnico continuo e instrumentado
- ✅ Sensores IoT con transmisión y alertas en tiempo real
- ✅ Teleoperación y equipos autónomos en zonas críticas
- ✅ Decisiones basadas en datos verificables y trazables

Retos de implementación en el contexto colombiano



Costos de inversión inicial

Especialmente restrictivos para la pequeña minería formalizada.



Capacitación del talento humano

Se requiere formación técnica para operar e interpretar los nuevos sistemas.



Conectividad rural limitada

Zonas mineras alejadas con cobertura de red intermitente para IoT y telemetría.



Actualización normativa gradual

La reglamentación debe evolucionar al ritmo de la adopción tecnológica real.



Hoja de ruta de implementación

01

Diagnóstico

Evaluar la categoría minera y el nivel tecnológico actual de la operación.

02

Priorización

Iniciar por monitoreo geotécnico y sensores ambientales según el riesgo dominante.

03

Escalamiento

Incorporar telemetría, FMS y automatización progresiva de equipos.

04

Integración

Consolidar gemelo digital e IA como soporte de decisiones SST y de producción.

La modernización tecnológica de la minería a cielo abierto es progresiva: cada categoría minera avanza según su capacidad, pero el Decreto 0539/2022 marca el rumbo hacia una gestión SST basada en evidencia y datos.





POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma 5.0

educa
comunica y cultura preventiva

Conclusiones.



La tecnología disminuye los riesgos laborales



Se controla mejor la explotación



La digitalización y el IoT son el próximo paso para la minería colombiana segura.



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=AOOn4CLDcuTb54k-_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



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!



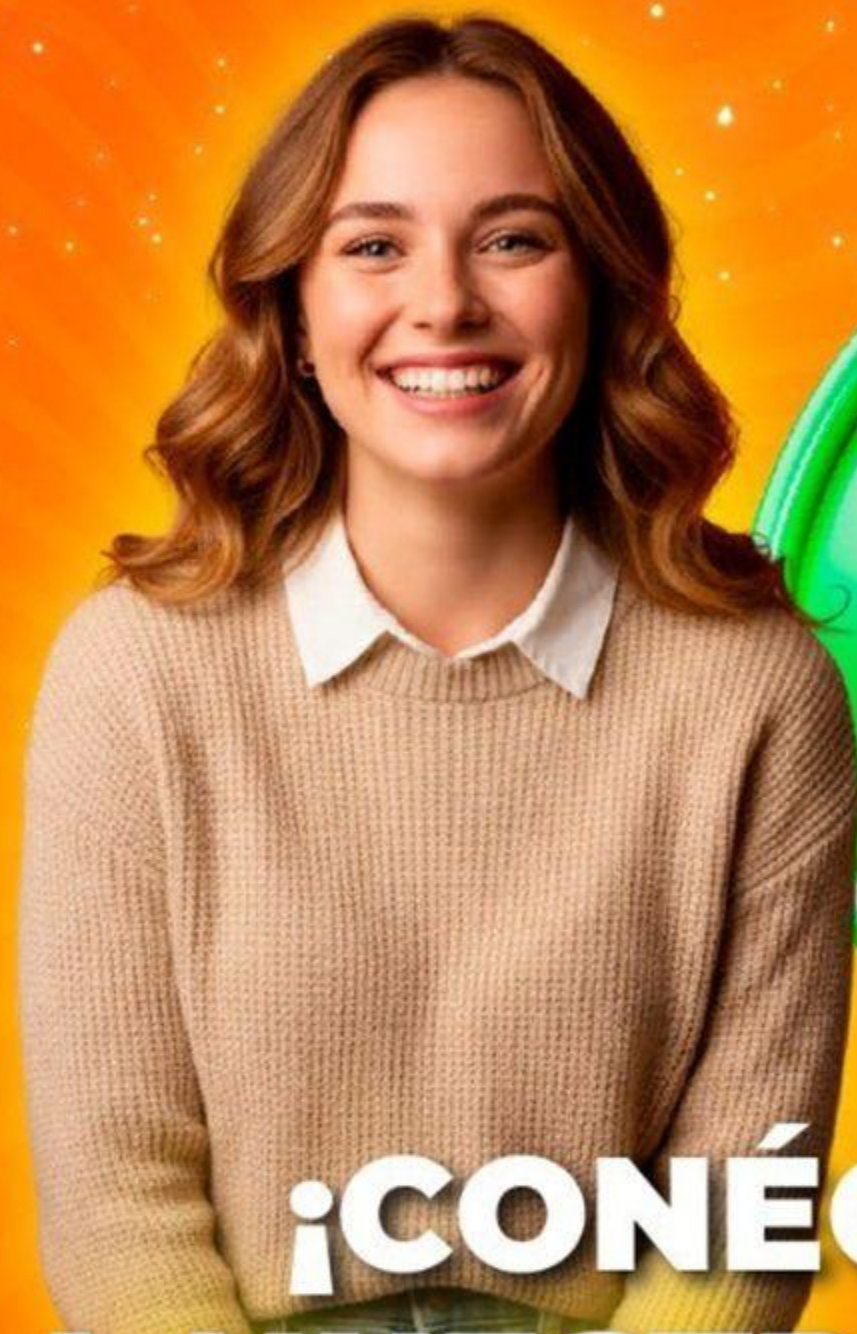


POSITIVA
COMPAÑÍA DE SEGUROS

suma 5.0



educa
comunica y cultura preventiva



**¡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!**



POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma 5.0

educa
comunica y cultura preventiva

¡Síguenos en nuestra COMUNIDAD EDUCATIVA!



Escanea el código QR para entrar
a nuestro Canal de Whatsapp