

Boletín Informativo de la  
**Gerencia de Supervisión Minera**

Enero - marzo 2020



# Índice

Presentación.....	3
<b>Gerencia de Supervisión Minera</b> .....	4
Los 10 principales riesgos y oportunidades de la industria minera 2020 .....	4
<b>Panorama Minero Nacional</b> .....	5
Perú entre los primeros lugares del ranking mundial de producción y reservas mineras.....	5
Mina de litio en Perú superaría 6 o 7 veces las reservas de Bolivia y Chile .....	5
Hay 25 proyectos de exploración minera listos por US\$ 155 millones .....	6
Sector minero seguirá operando con menor capacidad durante Estado de Emergencia .....	6
<b>Geomecánica</b> .....	7
Geometría de excavaciones subterráneas.....	7
Resultados de la Supervisión.....	8
<b>Geotecnia</b> .....	9
Ensayo con Penetrómetro Panda N° Serie 295.....	9
Resultados de la Supervisión.....	10
<b>Ventilación</b> .....	11
Planeamientos de Ventilación.....	11
Resultados de la Supervisión.....	12
<b>Plantas de beneficio</b> .....	13
Línea de transporte de relaves.....	13
Resultados de la Supervisión.....	14
<b>Transporte, maquinarias e instalaciones auxiliares</b> .....	15
Seguridad en Construcción de Chimeneas.....	15
Resultados de la Supervisión.....	16
<b>Artículo técnico:</b> .....	17
Planificación de la ventilación en una mina subterránea .....	17
<b>Estadísticas</b> .....	19

## Presentación

El Estado de emergencia de nuestro país debido a la pandemia por la enfermedad de coronavirus, fue decretado el domingo 15 de marzo de 2020, seguido de una cuarentena que inició el lunes siguiente.

Nos ha tocado vivir tiempos particularmente difíciles en todos los aspectos: económicos, sociales, laborales, culturales que afectan sustantivamente los diversos campos productivos de nuestro país; y por supuesto a la industria minera, que es uno de los motores de la economía peruana; por cuanto se han restringido las labores de producción de las empresas mineras a garantizar el sostenimiento de operaciones críticas con el personal mínimo indispensable, en condiciones de seguridad, salud y ambiente. Recientemente se han activados las Fases 1 y 2 de la reactivación económica la cual implica el reinicio de operaciones de la Gran y Mediana Minería.

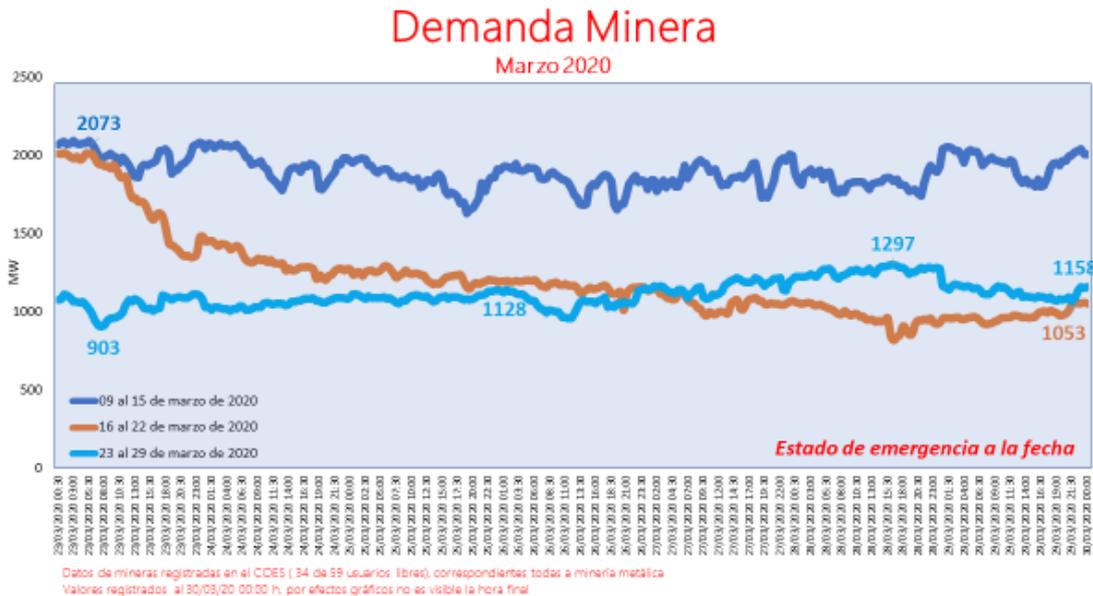
Dentro de este contexto difícil para nuestra nación, hacemos los votos para la recuperación económica, considerando a la industria minera un eje fundamental para tal situación.

De acuerdo al compromiso asumido por la Gerencia de Supervisión Minera del Osinergmin de publicar nuestro boletín informativo trimestral; ponemos a disposición el presente correspondiente a los meses de enero, febrero y marzo 2020, el mismo que contiene datos de las cinco especialidades materia de supervisión: Geotecnia; Geomecánica; Plantas de Beneficio; Ventilación y Transporte, maquinaria e instalaciones auxiliares; así mismo, las actividades realizadas por la gerencia, el panorama minero y un artículo técnico con información actualizada en la materia; esperamos que sea un documento de referencia para el sector.

**Rolando Ardiles Velasco**  
**Gerente de Supervisión Minera (e)**

# Gerencia de Supervisión Minera

La GSM empleando fuentes secundarias viene haciendo el seguimiento de 34 unidades mineras a nivel nacional de la gran y mediana minería. A partir de la información eléctrica de la demanda registrada en el COES y la DSE se ha elaborado una presentación donde da cuenta de la evolución de la demanda eléctrica (como proxy de la producción minera) para cada unidad hasta las 24 horas del domingo 29.03.2020.



Fuente: COES (30/03/2020) Portal de Indicadores

Los temas relevantes que se observan son:

- La demanda eléctrica explica con alta aproximación (correlación 90%) la producción minera.
- La producción minera (demanda eléctrica) se ha reducido la última semana en 45% de sus niveles habituales de la semana previa a la emergencia (Del 09 al 15 de marzo 2020) - esto significa una reducción de demanda de 915 MW (106 MW mayor a la semana anterior).

Los niveles de reducción de la producción (basado con la aproximación de la demanda eléctrica) son:

A nivel nacional	EMPRESA	Reducción (MW)	EMPRESA	Reducción (MW)
✓ La demanda minera al 30/03/2020 se ha reducido en 44.1% (una aproximación a la reducción a la operación minera – producción )  ✓ Los sectores reducidos:  -38.9% en el Sur -55.4% en el Centro -23.2% en el Norte  El estado de reducción de demanda eléctrica minera de las principales compañías minera es el siguiente:	ANTAMINA	-100%	CERRO VERDE	-58%
	CORONA	-100%	VOLCAN	-40%
	SHOUGANG	-100%	DOE RUN PERU	-36%
	HUDBAY	-98%	LOS QUENUALES	-36%
	EMP. ADM.CERRO	-98%	BUENAVENTURA	-33%
	SHOUXIN	-98%	YANACOCHA	-26%
	MISKY MAYO	-94%	CAJAMARQUILLA	-25%
	EL BROCAL	-85%	CONDESTABLE	-22%
	MARCOBRE	-82%	GOLD FIELDS	-9%
	ALPAYANA	-81%	MARSA	-8%
	NEXA PERÚ	-76%	ANTAPACCAY	-7%
	ARES	-76%	SOUTHERN	-7%
	CHUNGAR	-75%	CHINALCO	-4%
	OXIDOS DE PASCO	-69%	LAS BAMBAS	-4%
	MINSUR	-67%	BARRICK	-2%
			HORIZONTE	0%

# Panorama Minero Nacional

## Perú entre los primeros lugares del ranking mundial de producción y reservas mineras

La última encuesta mundial “Mineral Commodity Summaries 2020” del U.S. Geological Survey (USGS), el Servicio Geológico de los Estados Unidos en español, revela que durante el 2019 el Perú se mantuvo como el segundo productor mundial de cobre, plata y zinc; además de ubicarse en el tercer puesto en la producción de plomo, y cuarto en estaño y molibdeno.

Durante el 2019 nuestro país produjo 2 455 440 TMF (toneladas métricas finas) de cobre, lo que representó el 12% de la producción mundial; mientras que la plata sumó 3 800 TMF, monto que equivale al 14% de la producción argentífera global. Asimismo, en el caso del zinc sumó 1 404 382 TMF, significando aproximadamente el 10% de la producción total de este metal.

Otro aspecto que destaca el informe, son las reservas a nivel mundial durante el 2019, y Perú se encuentra en el primer lugar en cuanto a reservas mineras de plata, representando el 21,4% del total de reservas en el mundo.

Nuestro país también mantiene la segunda posición en el mundo con las mayores reservas de cobre y molibdeno; mientras que ocupamos el cuarto lugar en las reservas de plomo y el quinto en zinc a nivel global.

## Mina de litio en Perú superaría 6 o 7 veces las reservas de Bolivia y Chile

Macusani Yellowcake, empresa operadora del proyecto de litio y uranio Macusani aseguró que, de darse las condiciones adecuadas, esperan contar con la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y el Estudio de Factibilidad en el 2020, con lo que, a fines de ese año, iniciarían la construcción de la planta de extracción en la zona de Falchani (Macusani – Puno).

Plateau Energy Metals, matriz de Macusani Yellowcake, dio a conocer los resultados de un estudio económico independiente que demuestra que su proyecto de litio Falchani, localizado en Puno, tiene la "capacidad de convertirse en un productor de gran tamaño, larga vida útil y bajo costo". Según el estudio, desarrollado por la consultora australiana DRA Global, el proyecto puede llegar a producir un promedio de 63 mil toneladas anuales de carbonato de litio durante un horizonte de 33 años. El estudio propone el desarrollo de la mina en tres fases: una primera en la que producirá 22 mil toneladas anuales (años 1 al 7); una segunda en la que producirá 45 mil (años 8 al 12); y una tercera fase, que implica la producción de 85 mil toneladas anuales (años 13 al 33). Para ello, DRA Global estima una inversión global de hasta US\$ 2 089 millones, de los cuales US\$ 587 millones corresponden a la primera fase (capex inicial).

Las tobas litíferas que se encontraron en Falchani tienen un contenido de 3 500 a 4 000 partes por millón (ppm), con lo que Perú superaría seis o siete veces a las encontradas en los salares de Bolivia y Chile.

Por su parte, el Gobierno ha pedido asistencia a Estados Unidos para elaborar una normativa que le permita desarrollar sus reservas de litio, que se estiman en 2,5 millones de toneladas, debido a que se encuentran asociadas a uranio, un elemento radioactivo. El Gobierno se ha planteado terminar este año con el diseño de la normativa que permitirá explotar en forma conjunta el litio y el uranio, localizados en Macusani. El litio es un mineral cada vez más demandado para la producción de baterías móviles y autos eléctricos, además de otros usos en la industria farmacéutica.

## Hay 25 proyectos de exploración minera listos por US\$ 155 millones

La mayor parte de las iniciativas se enfocan en la búsqueda de nuevos yacimientos de oro y plata, y en menor medida de cobre. Este año se invertirían US\$ 451 millones, prevé el Ministerio de Energía y Minas (Minem).

El MINEM actualizó su cartera de proyectos de exploración minera, registrando un total de 64 iniciativas de ese tipo, que suman inversiones por US\$ 498,6 millones, ubicadas en 16 regiones del país y que, de concretarse este año, permitirían una recuperación de las inversiones (totales) en esa actividad, de acuerdo a proyecciones de ese sector.

De esos 63 proyectos, el Minem precisó que veinticinco ya cuentan con autorización de exploración otorgada por la Dirección General de Minería (DGM) de ese sector, y que se encuentran aptos para iniciar actividades exploratorias. Indicó que algunos de esos planes exploratorios ya se están ejecutando o se prevé que se ejecutarán este año, y que acumulan un estimado de inversión de US\$ 155 millones.

Entre estos proyectos, destaca el de Tantahuatay 4, de Compañía Minera Coimolache S.A., para buscar yacimientos auríferos en Cajamarca, por US\$ 28 millones; además del proyecto Shahuindo, de la empresa Shahuindo SAC, por US\$ 13,2 millones, ubicado en el mismo departamento. Ocho de esta lista que ya tienen luz verde para empezar su actividad y se centran en la búsqueda de oro, siete en la búsqueda de plata, cuatro en la búsqueda de cobre y el resto en plata y zinc.

A nivel de montos de inversión, Arequipa se mantiene como la región con mayor participación concentrando el 34,5% de la cartera con nueve proyectos (inversión de US\$ 172 millones), siendo los más destacados: Chapitos (US\$ 83,4 millones) y Zafranal (US\$ 47 millones).

En segundo lugar, se ubica Cajamarca con 7 proyectos y un monto de inversión conjunta de US\$ 66 millones, que representa el 13,2% del presupuesto en exploración, resaltando los planes de Tantahuatay 4 (US\$ 28 millones) y El Galeno (US\$ 15 millones).

Mientras que en tercer lugar se encuentra Pasco con 8 proyectos y una inversión estimada de US\$ 55 millones, el cual representa 10,9% del monto total de inversión en cartera, destacándose Yumpag (US\$ 20 millones) y Ayawilca (US\$ 18 millones).

## Sector minero seguirá operando con menor capacidad durante Estado de Emergencia

Fuentes del sector, revelaron que las unidades mineras del país continuarían operando durante el Estado de Emergencia decretado por el gobierno peruano, con una capacidad menor a la usual.

En una reunión entre el Ministerio de Energía y Minas (Minem) y representantes del sector minero, realizada ayer, se acordó la continuidad del funcionamiento de este sector, a pesar de que ello no se encuentra indicado en el Decreto Supremo N° 044-2020-PCM, que declara el Estado de Emergencia en el país para evitar que continúe la propagación del coronavirus.

Así, los trabajadores que actualmente se encuentren en las minas realizarán jornadas laborales de menos horas y se relevarán entre sí para mantener el curso de las operaciones, puesto que trabajadores que se encontraban de descanso en otras ciudades no pudieron trasladarse a las minas debido a que se ha suspendido el transporte interprovincial.

Se tiene prevista una segunda reunión entre el gobierno y representantes del sector minero para acordar detalles en torno al funcionamiento de las minas durante la cuarentena.

# Geomecánica

## Tamaño y geometría de excavaciones subterráneas

La minería subterránea enfrenta desafíos cada vez mayores, es por ello que la forma del perímetro de la excavación, la orientación con respecto a las discontinuidades y esfuerzos tiene gran influencia en la estabilidad de las excavaciones subterráneas. Las dimensiones deben ser compatibles con las condiciones geoestructurales del macizo rocoso. Teniendo en cuenta estos conceptos se logrará la estabilidad controlada por estructuras.

### Recomendaciones relacionadas con la forma de la excavación:

- Para la estabilidad, las formas esquinadas (ej. rectangulares) son desfavorables, porque las esquinas en ángulo son lugares de alta concentración de esfuerzos. Siendo, la forma de arco la más favorable para lograr la estabilidad. (ej. los techos de tajeos en arco eliminan los esfuerzos críticos).
- Para conseguir excavaciones estables, la forma de la excavación deberá acomodarse a los rasgos estructurales del macizo rocoso. De no ser así se tendrá que emplear mayor sostenimiento con el consiguiente aumento de costos.
- En ambientes de altos esfuerzos, la mayor dimensión de la excavación, en lo posible, debe estar orientada en forma paralela al esfuerzo principal mayor.



Forma en arco favorece la estabilidad(SNMPE, 2004)



Forma esquinada desfavorece la estabilidad(SNMPE, 2004)

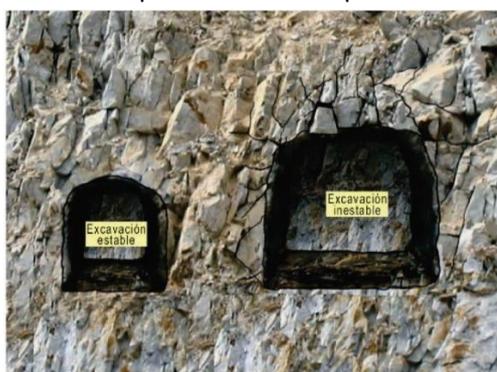
### Recomendaciones relacionadas con la orientación de las excavaciones:

- La orientación de la excavación, con respecto a rasgos estructurales como: fallas, diaclasas, etc. Tiene influencia en la estabilidad; por tanto, es mejor avanzar perpendicularmente a la discontinuidad o a las zonas de corte.
- En ambientes de altos esfuerzos, no es adecuado avanzar cerca a fallas geológicas porque los esfuerzos se concentran entre la falla y la excavación.
- En la explotación de vetas angostas no existe opción para la dirección preferencial de avance y si el macizo rocoso es de mala calidad se implementará el sostenimiento como parte integrante del proceso de explotación.
- En condiciones de altos esfuerzos resulta adecuado avanzar o minar siguiendo la dirección del mayor esfuerzo principal horizontal.
- En las rocas diaclasadas, el volumen de las cuñas dependerá del tamaño y geometría del tajeo.

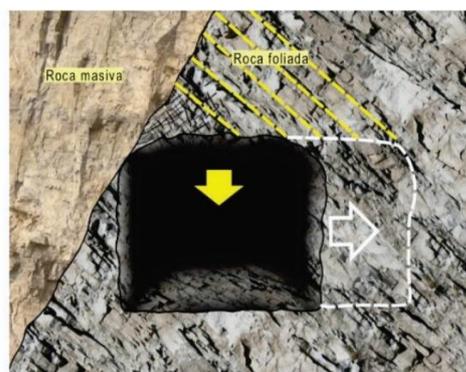


### Recomendaciones relacionadas con el tamaño de la excavación:

- En roca de mala calidad no es recomendable ampliar las excavaciones porque se genera inestabilidad, siendo necesario adoptar medidas de control adecuadas.
- Considerar que un aumento en el tamaño de la excavación incrementa el peligro crece y genera que las rocas encajonantes se expongan a los rasgos estructurales (ej. los techos liberarán los bloques que estaban auto sostenidos generándose riesgo potencial de deslizamientos).
- Tener cuidado con rocas intensamente fracturadas y débiles, porque el crecimiento de la excavación producirá su colapso.



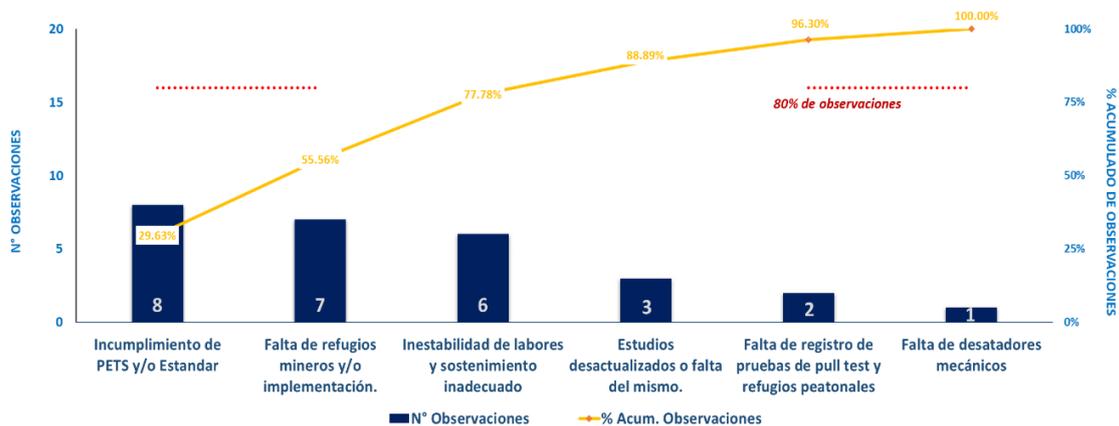
Cuando las dimensiones de la excavación crecen, incrementa la posibilidad de que la roca pueda deslizarse o caerse (SNMPE, 2004)



Cuñas potencialmente inestables con el incremento del ancho de la excavación (SNMPE, 2004)

### Resultados de la supervisión

Hasta el mes de marzo del año 2020, se tiene 3 eventos (accidentes), con un total de 3 accidentes mortales producidos en la especialidad de geomecánica. Por otro lado, en las supervisiones ejecutadas se detectó las siguientes observaciones:



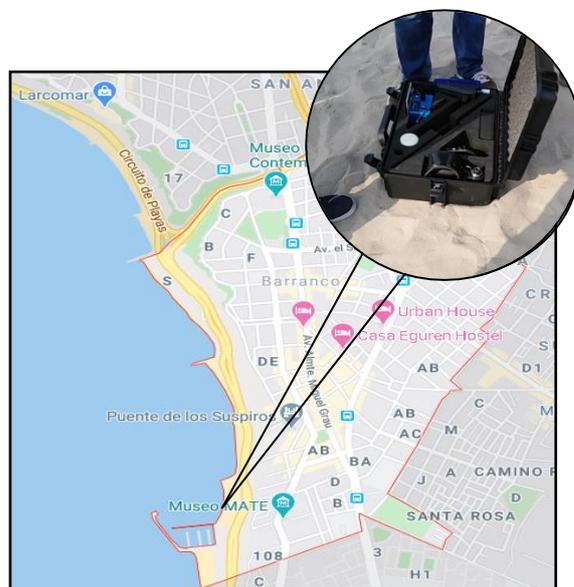
# Geotecnia

## Ensayo con Penetrómetro Panda N° Serie 295

Con el fin de iniciar las actividades de supervisión con la aplicación de ensayos con el Penetrómetro dinámico ligero de energía variable se procedió a verificar la capacitación de los supervisores y el estado del equipo mediante una demostración el día viernes 06 de marzo del 2020, en el suelo de la playa los Yuyos.

### Datos generales

- Ubicación:
  - Distrito: Barranco
  - Provincia: Barranco
  - Región: Lima
- Nombre del equipo: Penetrómetro dinámico ligero de energía variable.
- Fabricante: Sol solution
- Tipo: PANDA
- N° de Serie: 295

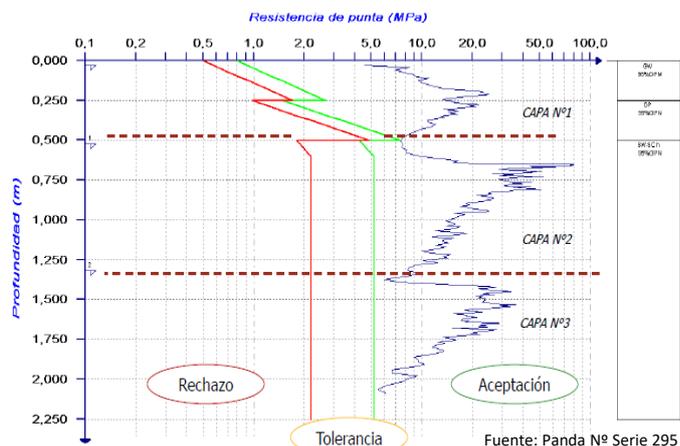


Fuente: Google Maps / Osinergmin

### Objetivo

El objetivo de la implementación del penetrómetro en la supervisión de geotecnia, es medir el grado de compactación de los diques de los depósitos de relaves que hayan sido construidos con material de relaves gruesos cicloneados. No es aplicable para diques conformados con material de préstamo.

Los resultados del penetrómetro es una gráfica que muestra la resistencia de punta en megapascales (Mpa) que ofrece el dique del depósito de relaves, el mismo que va ser comparado contra un rango de tolerancia determinado por el fabricante. El sistema del penetrómetro tiene la opción de asignar el tipo de suelo de acuerdo a la norma SUCS para las capas que se van obteniendo en el ensayo lo que define los rangos de tolerancia. Este rango de tolerancia señala un área de rechazo, un área de tolerancia y un área de aceptación. En la figura siguiente la gráfica de color azul corresponde al resultado del penetrómetro. Los umbrales están separados por la línea roja y verde; se aprecia que el ensayo del penetrómetro cae sobre un área de aceptación.



## Metodología

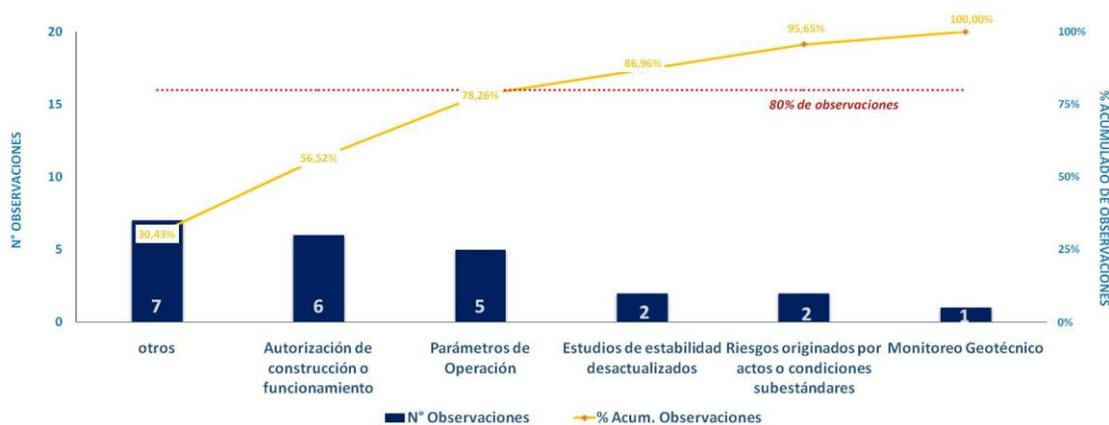
Se realizó la demostración del ensayo con penetrómetro en los suelos de la playa los Yuyos, la cual está conformada en su mayoría por arenas con cierto grado de plasticidad, estando conforme al tipo de suelos posibles de estudio con el penetrómetro para evitar su deterioro.

Durante el ensayo se siguió la siguiente metodología:

- Verificar los elementos del equipo y las condiciones de los mismos (varillas, tipo de punta, extremos de atornillado) para evitar errores en los resultados.
- Seleccionar los puntos donde se practica el ensayo e instalación del equipo para iniciar la prueba.
- Iniciar el ensayo mediante el hincado de la primera varilla de 50 cm en dirección vertical con golpes de martillo.
- Colocar de varilla adicional al alcanzar aproximadamente la profundidad de 30cm de la varilla antecesora para continuar el ensayo.
- Al finalizar el ensayo, proceder a verificar la rectitud de las barras y extremos de atornillado, para luego ser guardado el equipo.

## Resultados de la supervisión

Hasta el mes de marzo del año 2020, no se tienen accidentes mortales producidos en la especialidad de geotecnia. Por otro lado, en las supervisiones ejecutadas se detectó las siguientes observaciones:



# Ventilación

## Planeamiento de Ventilación

El dinamismo es una de las características inherentes a la actividad minera, el cuales determinado por diversos factores, de los cuales mencionaremos tres: el método de explotación utilizado en la unidad minera, la dimensión de la mina y distancia entre los cuerpos mineralizados y el precio de los minerales.

El primero es fundamental pues determina el avance promedio (en metros) de las labores, la cantidad de personal a utilizar por guardia y los equipos a utilizar para el avance de las mismas; segundo, la dimensión de la mina y distancia entre los cuerpos mineralizados, pues estos influyen en el diseño y distribución de entradas, salidas y ventiladores según necesidad de flujo de aire; el tercero, es importante porque puede hacer que la velocidad de producción sea mayor o menor según el margen que genere la extracción de mineral o el concentrado producido a dicho precio; por ejemplo, ante una baja de precio algunas unidades usan métodos de explotación más selectivos que el que habitualmente usan y con ello la velocidad de producción es menor.

Es allí donde radica la importancia de las evaluaciones semestrales del sistema de ventilación que se realizan en las distintas unidades mineras, pues la combinación de los factores expuestos genera un distinto escenario de la misma unidad minera; por tanto, diferente necesidad de flujo de aire. Estas evaluaciones sirven para calcular si el flujo de aire que ingresa a la mina es suficiente, teniendo en cuenta la cantidad de personal, el requerimiento de flujo por equipos diésel, la cantidad de niveles de producción con temperaturas mayores a 24 °C, entre otros. Los cambios se pueden deber a:

- **Cambio en la producción diaria de mina:** Debido a un cambio en los precios de los metales o a la cantidad de reservas.
- **Mantenimiento de ventiladores:** Si es de capacidad considerable la cantidad de flujo de aire que ingresa se verá mermada.
- **Profundización:** Se necesitarán ventiladores con mayor capacidad.

Por otro lado, un punto de relevancia se da cuando se produce la conexión de labores a través de la construcción de chimeneas. El titular minero realiza evaluaciones locales antes y después de culminar la conexión, en las cuales se detallan el caudal requerido, el ingreso de caudal de aire a la labor y, con estas dos, se calcula la cobertura local de la labor. Por lo general, esta conexión se da por una necesidad de flujo de aire mayor al previo, por ello, es fundamental el cálculo de cobertura.

El cálculo del ingreso de caudal de aire a la labor se obtiene de las mediciones de velocidad de aire que realiza el titular minero en el punto de monitoreo establecido. El valor promedio de esta medición se multiplica por el área de la sección, con lo cual obtenemos el caudal mencionado. Por otro lado, el caudal requerido se calcula teniendo en cuenta la cantidad de personas en la labor y, para el requerimiento referido a los equipos petroleros, se considera la potencia de todos los equipos presentes, en caso trabajen dos en simultáneo, o el de mayor potencia en caso la sección sólo permita trabajar uno a la vez.

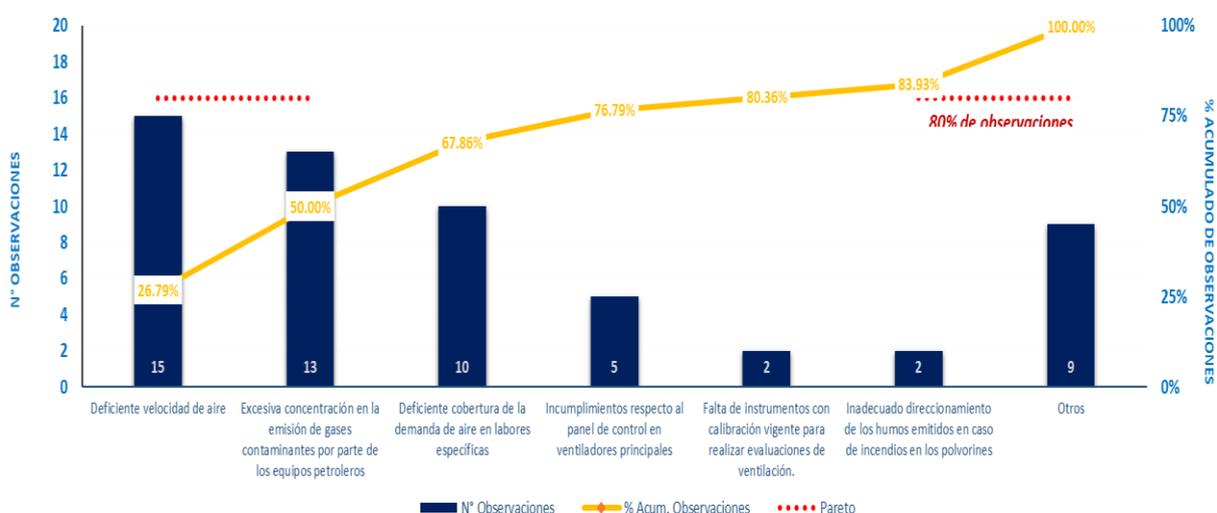
$$\text{Cobertura local (\%)} = \frac{\text{Ingreso de caudal de aire a la labor}}{\text{Caudal requerido}} * 100\%$$

Por ello, es de vital importancia el cálculo de cobertura específica en las distintas labores en interior mina, ya que con ello se puede contrastar las evaluaciones locales realizadas por el titular minero con las realizadas durante las supervisiones realizadas. De la misma manera, se hace la comparación entre las evaluaciones integrales de la mina y el cálculo global de mina realizado por el equipo supervisor, obtenido a partir de las mediciones de velocidad de aire en los ingresos y salidas de las unidades mineras.

Adicionalmente se debe recalcar que todas la evaluaciones y estudios de ventilación deben realizarse con instrumentos de medición adecuados y con calibración vigente, para que los datos obtenidos en campo se acerquen lo más posible a la realidad y garantizar que las simulaciones del sistema de ventilación den resultados que aseguren el adecuado suministro de aire a las labores de interior mina.

### Resultados de la supervisión

Como resultado de las supervisiones, se muestra a continuación el gráfico de frecuencia de observaciones al RSSOM detectadas:



De la evaluación del gráfico de frecuencia de infracciones, se concluye que son cuatro las observaciones que acumulan el 80% de las observaciones detectadas durante las supervisiones realizadas en el primer trimestre del 2020. Por tanto, se debe hacer énfasis en éstas en las siguientes supervisiones en ventilación. Dichas observaciones son:

- Deficiente velocidad de aire.
- Excesiva concentración en la emisión de gases contaminantes por parte de los equipos petroleros.
- Deficiente cobertura de la demanda de aire en labores específicas.
- Incumplimientos respecto al panel de control de los ventiladores principales.

# Plantas de Beneficio

## Línea de transporte de Relaves

El sistema de transporte de relave es parte esencial en el proceso de tratamiento de los minerales, ya que, una vez extraído la parte económica de los minerales mediante el proceso metalúrgico, queda un residuo que, en el caso de plantas concentradoras por flotación, se encuentra entre 80% y 95% del tonelaje del mineral de cabeza, dependiendo de la ley de cabeza; mientras que en las plantas de cianuración de oro y plata en tanques agitados, representa casi la totalidad del tonelaje alimentado a la planta, debido a que el contenido de dichos metales preciosos en el mineral de cabeza se encuentra en el orden de gramos por tonelada. A este tonelaje de ingreso se le debe sumar el volumen de agua necesario para el tratamiento, de tal manera que el residuo final es una mezcla de sólidos con agua denominada pulpa de relave, cuyo volumen es aproximadamente un 60% mayor del volumen de mineral sólido ingresado, de allí la necesidad de controlar el ciclo del agua en estos procesos mineros.

Después de pasar por tanques de acumulación, silos, y tanques mezcladores, la pulpa es conducida mediante tuberías cuyo diámetro varía de acuerdo al volumen de producción del residuo y que soportan cierto nivel de presión, generada por la diferencia de nivel (altura) en el trazo y/o por la presión de bombeo necesaria para establecer un flujo constante de la pulpa.

En algunas plantas metalúrgicas, el relave es clasificado en ciclones, obteniéndose dos productos, el Underflow, utilizado como material grueso que generalmente es utilizado como relleno hidráulico, y el Overflow de los ciclones es descargado hacia la relavera. Cabe destacar que las bombas impulsoras generalmente deben mantener unidades en stand-by, ya que la paralización de alguna de ellas podría causar serios problemas en todo el circuito de la planta ocasionando fugas y/o derrames.

### Establecimiento de la línea de transporte de relave:

El proceso del diseño tiene cuatro etapas bien definidas: la recepción del relave, el acondicionamiento, el transporte y la evacuación del flujo. Para no tener problemas en el diseño del sistema, lo fundamental es determinar las características del fluido, mediante las pruebas y procedimientos metalúrgicos respectivos a fin de conocer la naturaleza y comportamiento de la pulpa y por tanto los pasos a tener en cuenta para determinar los cálculos respectivos de diseño. Así la proyección de una línea de relaves debe considerar algunos de los siguientes parámetros:

- La capacidad de tratamiento de la planta concentradora
- Caracterización del relave que incluye densidad y viscosidad, características reológicas de la pulpa.
- La velocidad crítica de flujo del relave a fin de evitar la sedimentación y la erosión de las paredes del ducto.
- Otras características a considerar en su diseño son: la pérdida de carga, la diferencia de nivel (variación de cotas), la altura dinámica total, el tipo y dimensiones de la tubería, así como la rugosidad que presenta el mismo.
- El destino final de los relaves, si se dirigirá para relleno hidráulico, para el depósito de relaves o para ambos destinos, incluyendo el recrecimiento de la presa.



*Compañía Minera Chungar S.A.C., Concesión de Beneficio "Animón". Tubería de 10" pulgadas de diámetro que traslada el relave a la relavera Animón.*

## Componentes de una línea de transporte:

- Tubería de relaves, que pueden ser acero, de polietileno de alta densidad o una combinación en el trazo de ambos.
- Válvulas pinch, para controlar el flujo.
- Válvulas de drenaje y de aireación.
- Manómetros para medir la presión de las pulpas en el ducto.
- Bridas de empalme de tramos del ducto.
- Punto de distribución del relave.
- Adicionalmente: el sistema posee pozas de contingencia para emergencias, estaciones de disipación de energía, y toda la línea montada sobre un canal impermeabilizado.



**Minera Shouxin Perú S.A., Concesión de beneficio "Planta Concentradora Polimetálica MSP".** Tramo final que tiene un recorrido de 1000 m (tubería tipo HTIDC de 400 mm de Ø); con válvulas de venteo en los puntos más altos y válvulas de drenaje en los puntos más bajos.  
Fuente: Osinergmin

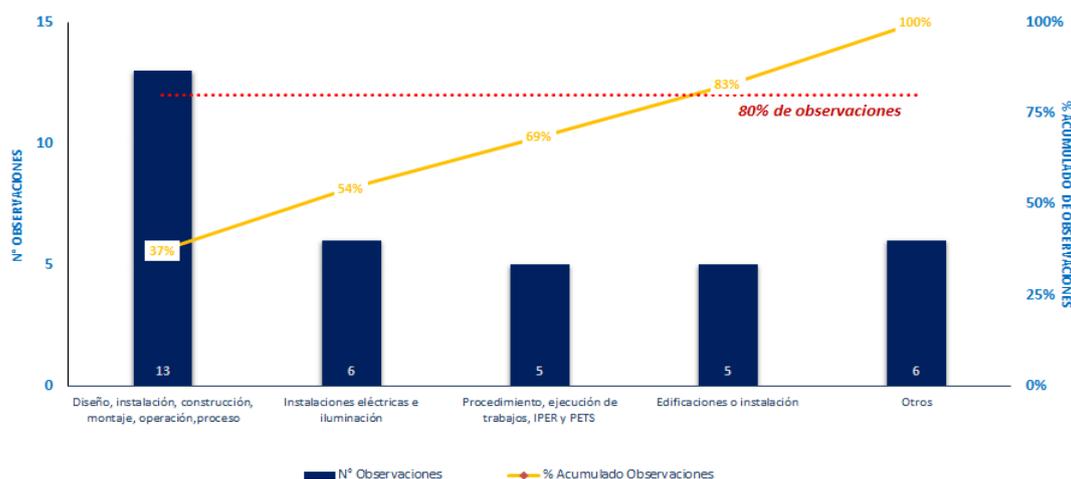


**Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Concesión de Beneficio "Tambomayo".** Tubería matriz HDPE de 6" de Ø del bombeo de relaves hacia los tanques de alimentación de filtrado; canal de contingencia impermeabilizado con geomembrana HDPE.  
Fuente: Osinergmin

En síntesis, el sistema de transporte de relaves desde la planta hasta el depósito de relaves, es un componente dentro del circuito de tratamiento de los minerales necesario de controlar. La magnitud de la ocurrencia de derrames por fuga de la pulpa de relave, podría tener graves consecuencias sociales, ambientales y de salud; por lo que su control deberá implicar el cumplimiento de estándares adecuados y un diseño de infraestructura que pueda cubrir cualquier contingencia en el sistema.

## Resultados de la Supervisión

En el primer trimestre, la especialidad de Planta de Beneficio ha realizado supervisiones especiales de las cuales se han obtenido las observaciones del siguiente gráfico:



# Transporte, maquinaria e instalaciones auxiliares

## Seguridad en construcción de chimeneas

Durante el desarrollo de las actividades mineras la construcción de chimeneas es fundamental, ya que estas ayudan con la ventilación, el transporte de mineral y como salida de emergencia de los trabajadores. En ese sentido, para la construcción de chimeneas con máquinas especiales se debe tener en cuenta las siguientes condiciones de seguridad.

### Chimenea Raise Boring

Constituye un procedimiento constructivo para la ejecución mecanizada de pozos o chimeneas entre dos niveles dentro de una mina o en un proyecto de ingeniería civil.

Consiste en perforar un barreno piloto que puede ser de hasta 45° de inclinación, se perfora hasta llegar a una labor inferior ya existente, posteriormente se retira la broca y se fija un escariador que amplía la perforación hacia arriba.

Se tendrá especial cuidado en el control de lo siguiente:

- Debe asegurarse la construcción de un espacio que permita cargar el material rimado, utilizando cargador y camiones de bajo perfil
- El diseño debe considerar un espacio adicional para depositar la piña rimadora en espera, listo para casos de mantenimiento, reparación o emergencia.
- No será permitido el rimado o escariado de la chimenea si el material ha cubierto su collar inferior.



*Poseso de perforación Raise Boring*

**Fuente:**

<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/raise-boring/>

### Chimenea Alimak

Se realiza este tipo de chimeneas, donde no es posible el acceso superior, necesitando un nivel de trabajo en interior mina. Consta de los siguientes elementos: jaula, plataforma de trabajo, motores de accionamiento, carril guía y elementos auxiliares. La elevación de la plataforma se realiza a través de un carril guía curvado empleando motores de aire comprimido, eléctrico o diésel y la fijación del carril de la plataforma a la roca se lleva a cabo con pernos de anclaje.

Teniendo en cuenta los dos tipos de construcción de chimeneas de gran dimensión, se tendrá especial cuidado en el control de riesgos:

- El mantenimiento de las leonas y su correcto uso será inspeccionado diariamente, quedando registrada dicha inspección por el supervisor técnico del área
- El personal no deberá ingresar a esta chimenea después del disparo ni después de uno (1) o más días de estar paralizada, sin contar con el Permiso Escrito de Trabajo Seguro (PETAR).

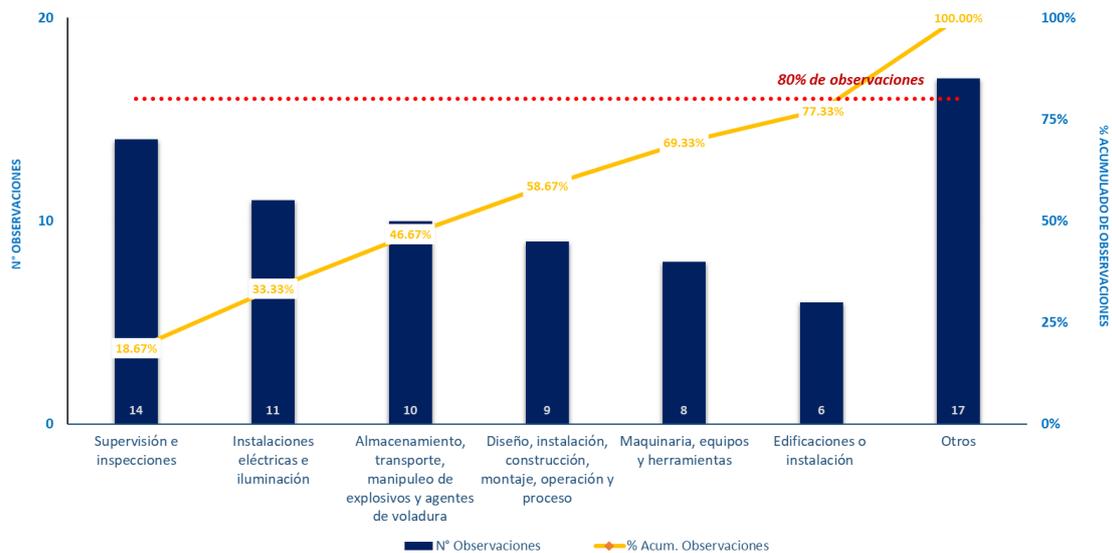


Jaula trepadora alimak, cuyo lugar de instalación se encuentra sostenido con malla, pernos y shotcrete

Fuente: Osinergmin

## Resultados de la Supervisión

Al primer trimestre del año 2020 en la especialidad de transporte e infraestructura se reportó un accidente mortal con un total de una víctima. De la evaluación de las visitas de supervisión se muestra la frecuencia de infracciones detectadas al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería:



# Artículo Técnico

## Planificación de la ventilación en una mina subterránea

Durante las primeras etapas de planificación de una nueva mina u otra instalación subterránea, es de vital importancia integrar la planificación de la ventilación con los objetivos de producción y el diseño general de la mina

El enfoque de equipo debe continuar para la planificación progresiva a lo largo de la vida activa de la mina, debiendo buscarse compromisos o alternativas que satisfagan demandas conflictivas. Por ejemplo, el ingeniero de ventilación puede requerir una chimenea de ventilación que sea demasiado grande desde el punto de vista del ingeniero geomecánico, una alternativa podría ser construir dos chimeneas de ventilación más pequeñas que puedan cumplir con la misma función.

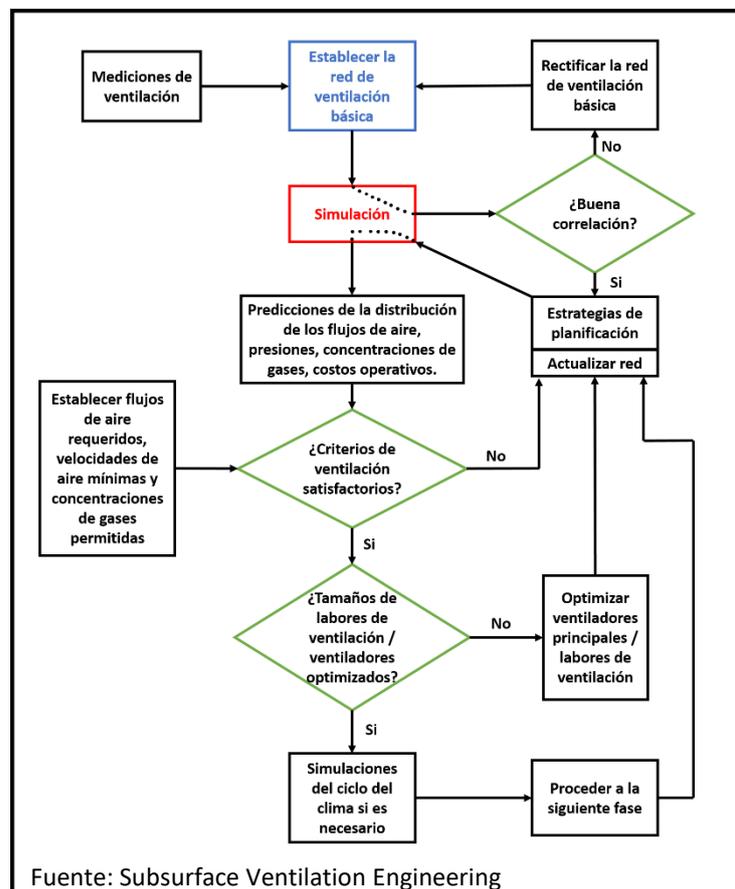
La comunicación regular entre los departamentos de ingeniería y los intercambios de información durante las reuniones de planificación interdisciplinarias puede evitar la necesidad de rediseños costosos y debe promover un diseño optimizado.

La figura ilustra un sistema organizado de planificación de ventilación para una mina subterránea, el procedimiento supone la disponibilidad de asistencia informática, incluido un software de simulación de ventilación y elimina la mayoría de las técnicas manuales y las estimaciones intuitivas de las metodologías de planificación más antiguas.

El paso inicial es establecer una base de datos para una mina que ya está operando, esto requiere información obtenida de mediciones de ventilación. Para una mina nueva, los diseños iniciales deben discutirse en las reuniones de planificación interdisciplinarias.

Es habitual en este caso, que el equipo de diseño de ventilación deba investigar varios diseños alternativos.

La base de datos para una nueva mina se establece a partir de las estimaciones iniciales de la geometría de las labores mineras, el método de explotación, la rugosidad de las superficies de las labores mineras y el diseño de la red de ventilación. Dichos datos serán revisados y afinados a medida que avance el diseño.



## Establecer la red de ventilación básica

En la etapa de diseño de una nueva mina, dado que no existe infraestructura de ventilación en la cual se pueda realizar mediciones y establecer valores reales de resistencia de las labores de ventilación, se debe recurrir a los métodos de estimación de la resistencia, incorporando la geometría de las labores de ventilación, los tipos de revestimiento (factores de fricción) y las pérdidas por choque. Pueden ser de gran ayuda la experiencia y los datos de otras minas que utilizan diseños y que operan en condiciones geológicas similares.

Una variedad de planes alternativos a menudo requerirá investigación durante el diseño inicial de una nueva mina. Los análisis de la red de ventilación deben llevarse a cabo para determinar la eficiencia y la eficacia de cada diseño. Los resultados de esos análisis se pueden considerar, junto con los otros aspectos del diseño de la mina, en las reuniones de planificación general.

En el caso de minas que ya se encuentran operando, las mediciones realizadas en la infraestructura de ventilación principal (galerías y chimeneas de distribución) proporcionan el esquema de la red de ventilación, al cual se debe actualizar la data periódicamente. Para este objetivo se utilizan los siguientes métodos de cálculo de resistencias de los ramales de la red de ventilación:

1. En las labores de ventilación en donde se haya realizado mediciones de caída de presión por fricción,  $p$  (Pa), y el flujo de aire que circula por dicha labor,  $Q$  (m<sup>3</sup>/s), se puede calcular las resistencias utilizando la ley cuadrática.

$$R = \frac{p}{Q^2} \quad \frac{Ns^2}{m^8}$$

2. Si en una labor de ventilación debido a valores bajos del flujo de aire y/o la caída de presión, estos no se pueden medir con la precisión requerida, la resistencia de la labor de ventilación debe calcularse a partir de la ecuación de Atkinson.

$$R = kL \frac{per}{A^3} \frac{\rho}{1.2} \quad Ns^2/m^8$$

Donde:

K: factor de fricción (Kg/m<sup>3</sup>)

L: longitud de la labor (m)

Per: perímetro de la labor (m)

A: área de la sección transversal de labor (m<sup>2</sup>)

$\rho$ : densidad del aire (Kg/m<sup>3</sup>)

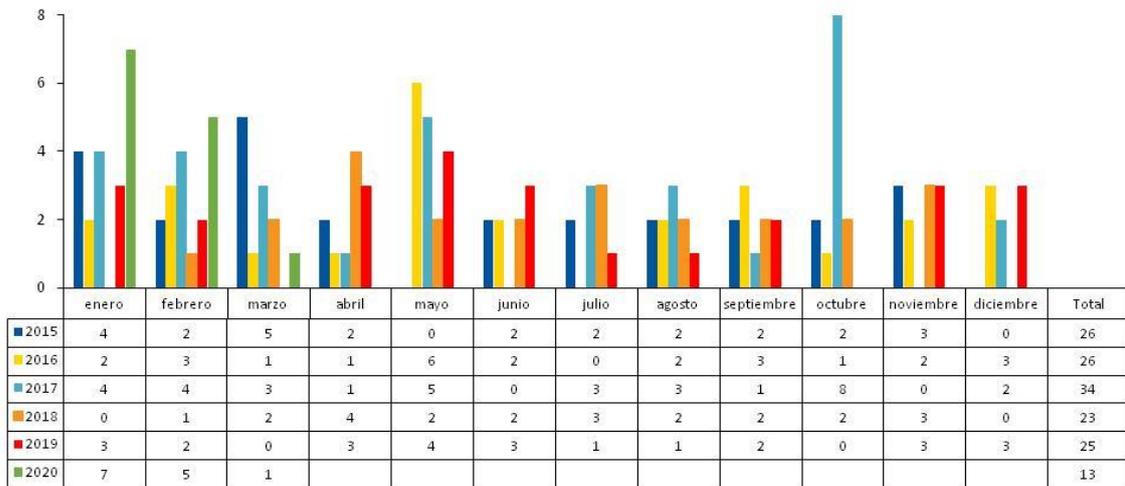
Los valores representativos del factor de fricción,  $k$ , deben determinarse, de preferencia, a partir de labores de ventilación similares que se hayan examinado en la misma mina.

En muchas situaciones dentro de una mina, los grupos de labores mineras que tengan las mismas dimensiones y un factor de fricción similar, se puede emplear valores típicos de resistencia por metro de longitud, esto facilita la adición de ramales nuevos o ramales no medidos en la red de ventilación. Sin embargo, aquí se debe tener cuidado de no pasar por alto las obstrucciones o cualquier otra causa de pérdidas por choque.

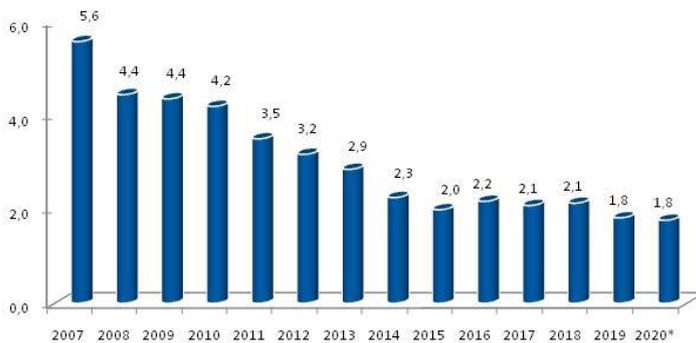
# Estadísticas

Las estadísticas están referidas a la evolución de los índices de seguridad que incluyen los años de actividad de Osinergmin (Gran y Mediana Minería).

Víctimas mortales por mes de 2015 - 2020 \*



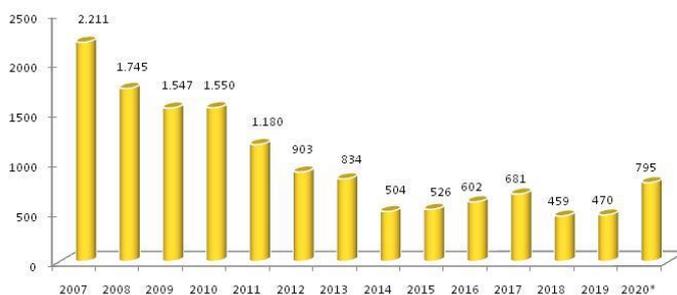
ÍNDICE DE FRECUENCIA (IFA) 2007-2020\*



$$IFA = \frac{N^{\circ} \text{Accidentes (} = \text{Incap.} + \text{Mortal)} \times 1'000,000}{\text{Horas Hombre Trabajadas}}$$

IFA: Número de accidentes incapacitantes y mortales por cada millón de horas hombre trabajadas

ÍNDICE DE SEVERIDAD (ISA) 2007-2020\*



$$ISA = \frac{N^{\circ} \text{de días perdidos o cargados} \times 1'000,000}{\text{Horas Hombre Trabajadas}}$$

ISA: Número de días perdidos o cargados por cada millón de horas hombre trabajadas

\*Estadísticas al 31 de marzo de 2020



**Osinergmin**

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

**Gerencia de Supervisión Minera**

**[www.osinergmin.gob.pe](http://www.osinergmin.gob.pe)**

**Telf.: 219-3410 (Lima) / 0800-41800 (Línea gratuita - provincias)**