

Sistema de Gestión del Riesgo de Gaseamiento en Minas Subterráneas

Naupari Escobar, Daniel Ibrahim

Mine & Flows – Ventilación de Minas

dnaupari@mineflows.com

Requerimiento Legal

D.S. 055 - 2010

- Artículo 103:
 - El titular minero deberá medir periódicamente y registrar los agentes químicos presentes en la operación minera, sobre todo en los lugares susceptibles a mayor concentración, verificando que dichas concentraciones cumplan con los LMP de exposición.
- Artículo 236:
 - La calidad del aire deberá mantenerse dentro de los límites de exposición ocupacional para agentes químicos estipulándose en el inciso a que al inicio de cada jornada o antes de ingresar a cualquier labor, en especial labores ciegas programadas, se deberá realizar mediciones de gases tóxicos, las que deberán ser registradas y comunicadas a los trabajadores que tienen que ingresar a dicha labor.

Ideación del Sistema de Gestión

Objetivo Principal del Sistema de Gestión

- Objetivo Principal:

“Cero accidentes por exposición a gases en interior mina y cero enfermedades ocupacionales debido a un sistema de ventilación de poca efectividad”.

- Objetivos Secundarios:

- Llevar a cabo mediciones periódicas de agentes químicos.
- Registrar dichas mediciones periódicas de agentes químicos.
- Comunicar dichas mediciones a los trabajadores que ingresarán a dicha labor.
- Verificar que dichas mediciones se encuentren dentro de los LMP.

Planeación del Sistema de Gestión

Instrumentación:



**"Lo que no se define, no se puede medir.
Lo que no se mide, no se puede mejorar.
Lo que no se mejora, se degrada siempre."**

Lord Kelvin



Detector de Gases

El cual deberá contar con la configuración de gases más conveniente de acuerdo, a las condiciones que se presenten en la unidad minera; una configuración normalmente usada es:

- Oxígeno (O₂)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Gases Nitrosos (NO)
- Gases Sulfurosos (H₂S)
- Dióxido de Carbono (CO₂)
- Nivel de Explosividad (CH₄)



Anemómetro

El cual deberá permitir un muestreo del factor clave velocidad:

- Velocidad Promedio

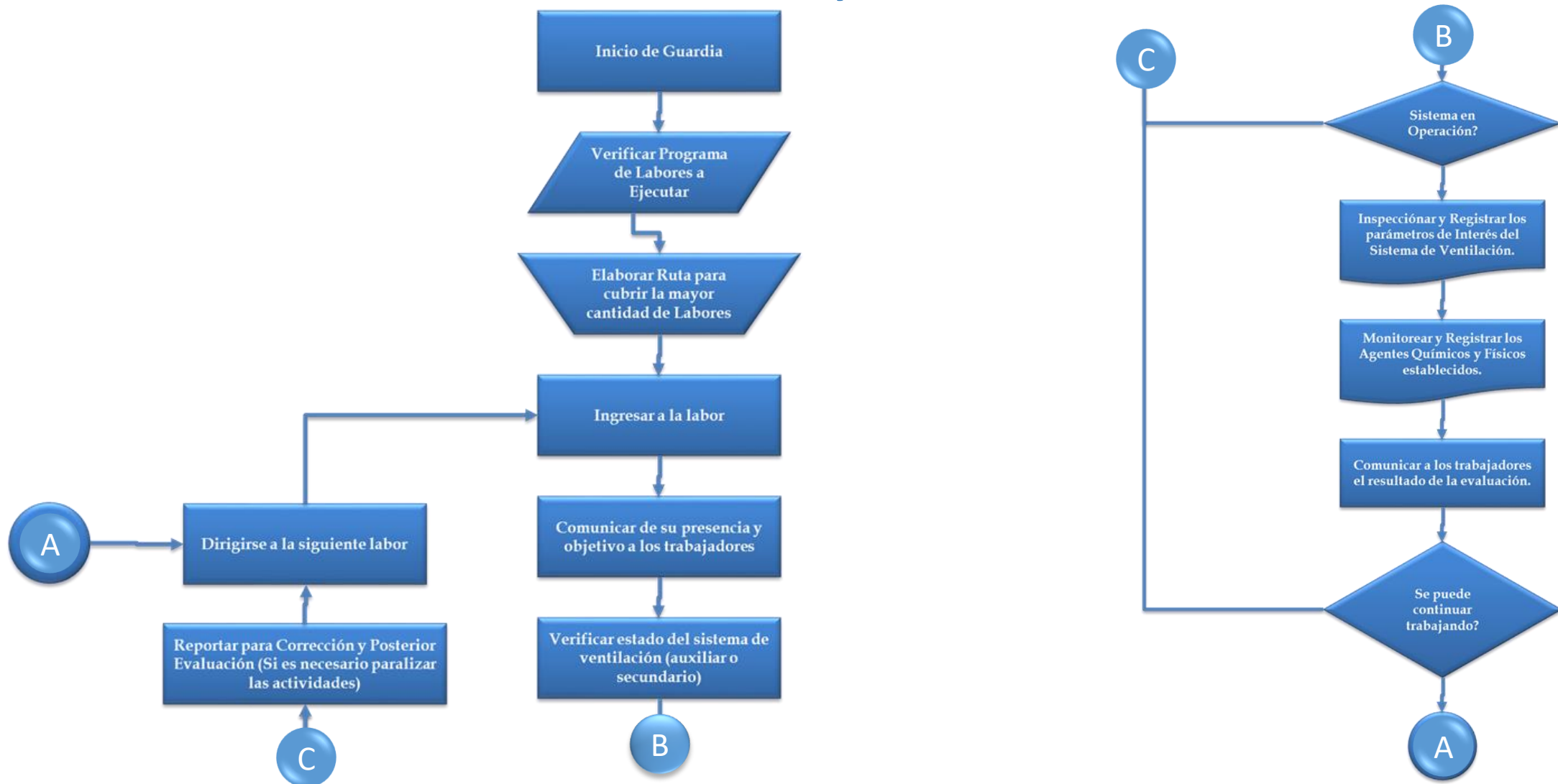
Asimismo, se recomienda que permita otras mediciones de importancia en la labor como son:

- Temperatura de bulbo seco
- Temperatura de bulbo húmedo
- Presión Barométrica

Factores claves para evaluar las condiciones termo-ambientales de la zona de trabajo.

Planeación del Sistema de Gestión

Procedimiento de Evaluación, Monitoreo y Comunicación:



Planeación del Sistema de Gestión

Formulario de Registro y Evidencia:

- ✓ **Registro de Datos Generales del Monitoreo (Azul):**
 - ✓ ubicación de la labor, la fecha y hora de monitoreo, así como el ID único de monitoreo.
- ✓ **Registro de Condiciones Termo-Ambientales (Naranja):**
 - ✓ Registro de parámetros de interés de las condiciones termo-ambientales (concentración de gases, velocidad del aire y parámetros psicrométricos).
- ✓ **Registro de Evaluación de Instalaciones (Verde):**
 - ✓ Evaluación realizada al sistema de ventilación auxiliar asociado (ventilador y las mangas).
 - ✓ Ventilador: anclaje, la ubicación, recirculación y conexión a la manga
 - ✓ Mangas: aire en la descarga del ducto, agujeros y calidad de acoples, línea mensajera y la distancia de la descarga al frente.
- ✓ **Registro de Otras Observaciones (Amarillo):**
 - ✓ Registro del código de ventilador instalado, su estado actual de funcionamiento.
 - ✓ Registro de la etapa del ciclo de minado en la cual se llevó a cabo el monitoreo y algún comentario adicional sobre la inspección realizada.
- ✓ **Registro de Comunicación de Monitoreo (Rojo):**
 - ✓ Registro de conformidad al monitoreo realizado
 - ✓ Personal encargado del monitoreo y personal presente en la labor.

	FORMULARIO	CODIGO	FRM-VENT-01
	MONITOREO Y EVALUACIÓN DE CONDICIONES TERMO-AMBIENTALES EN LABORES INTERIOR MINA	REVISION	01

Sección: _____ Nivel: _____ Fecha: _____ # Monitoreo: _____
Labor: _____ Hora: _____

Cond. Termo-Ambientales			Conformidad de las Instalaciones		
Agente	TWA	Monitoreo	Ventilador	Conformidad	Observaciones
O2	19.50%		Anclaje	SI() NO()	
CO	25ppm		Ubicación	SI() NO()	
NO2	3ppm		Recirculación	SI() NO()	
CO2	0.50%		Conexión a manga	SI() NO()	
LEL (Metano)	5.00%				
H2S	10ppm		Mangas	Conformidad	Observaciones
Vel. Aire	82.02fpm		Aire en la descarga	SI() NO()	
Temp. Seca	35°C		Agujeros y Acoples	SI() NO()	
T. Húmeda	32.5°C		L. Mensajera	SI() NO()	
P. Barom.	hPa		15m del Frente	SI() NO()	

Observaciones:

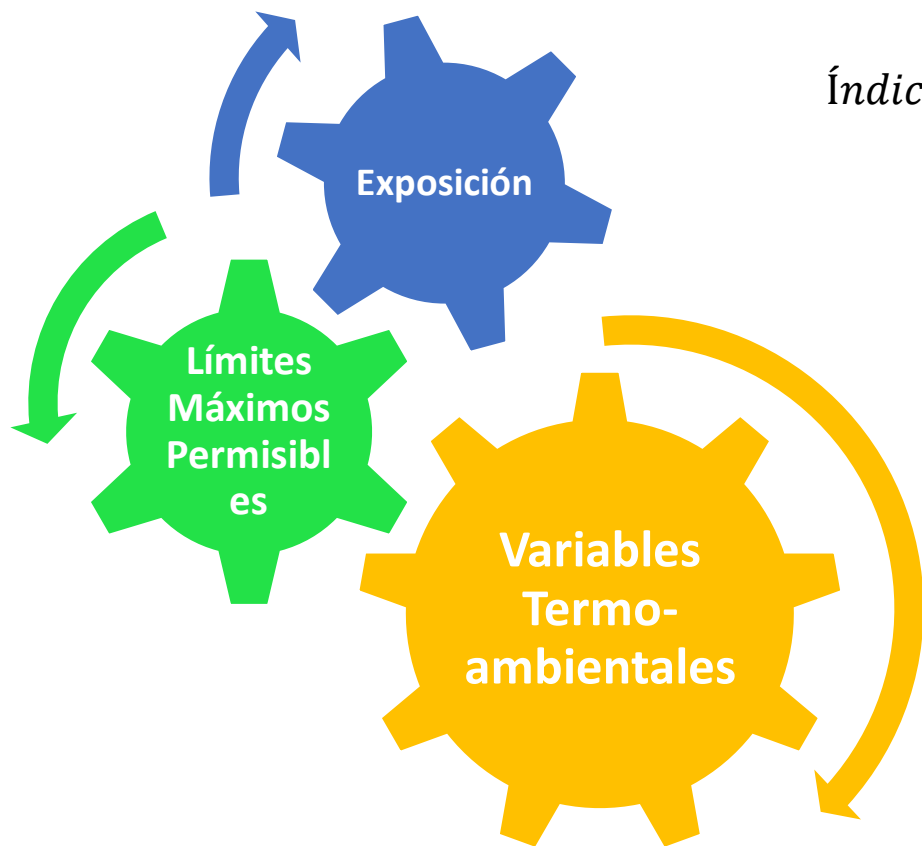
# Ventilador:	Estado: Operativo [] / Inoperativo []
Etapa del Minado:	Perforación [] / Voladura [] / Desate [] / Acarreo [] / Sostenimiento [] / Otro []
Temperatura de la Roca:	°C

Monitoreado por: _____

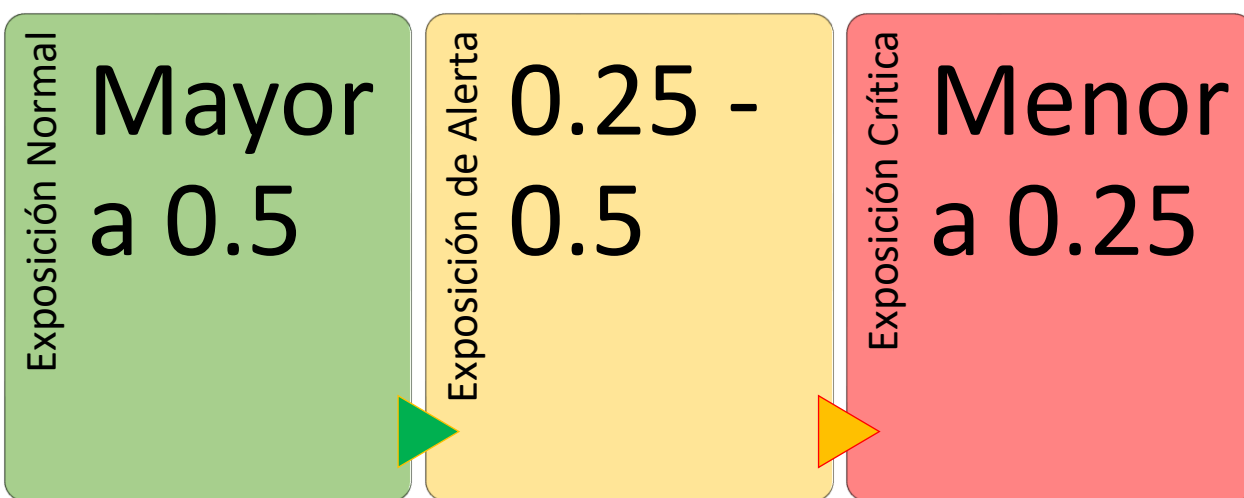
Trabajador presente: _____

Control de Resultados

Índice de Exposición:



$$\text{Índice de Exposición} = \frac{\left(\frac{O_2}{19.5}\right) \left(\frac{20 + Vel}{40}\right)}{\left(\frac{25 + CO}{25}\right) \left(\frac{3 + NO_2}{3}\right) \left(\frac{0.5 + CO_2}{0.55}\right) \left(\frac{0.5 + LEL}{0.5}\right) \left(\frac{10 + H_2S}{10}\right)}$$



Aplicación a una Unidad Minera

Recopilación de la Información:

	FORMULARIO	CODIGO	
	MONITOREO Y EVALUACIÓN DE CONDICIONES TERMO-AMBIENTALES EN LABORES INTERIOR MINA	REVISION	00

Sección: IV Nivel: 1400 base Fecha: 08/06/2015 # Monitoreo: 436
Labor: CX 701 Hora: 8:40 am

Cond. Termo-Ambientales		
Agente	TWA	Monitoreo
O ₂	19.50%	20.2
CO	25ppm	3
NO ₂	3ppm	0.5
CO ₂	0.50%	0.10
LEL (Metano)	5.00%	0
Vel. Aire	25m/min	148 fpm
Temp. Seca	35°C	14.9
T. Húmeda	32.5°C	14.5
P. Barom.	hPa	610.4
T. Roca	°C	

Conformidad de las Instalaciones		
Ventilador	Conformidad	Observaciones
Anclaje	SI () NO (✓)	
Ubicación	SI () NO (✓)	
Recirculación	SI () NO (✓)	
Conexión a manga	SI () NO (✓)	

Conformidad de las Instalaciones		
Mangas	Conformidad	Observaciones
Aire en la descarga	SI () NO (✓)	
Agujeros y Acoples	SI () NO (✓)	
L. Mensajera	SI () NO (✓)	
15m del Frente	SI () NO (✓)	

Observaciones:

Ventilador: <u>NO</u>
Etapas del Minado: Perforación [] / Voladura [] / Desate [] / Acarreo [✓] / Otro []
Presencia de Gas Sulfuroso (H ₂ S): <u>0</u> ppm (TWA: 10ppm)

Monitoreado por:

Trabajador presente:

Aplicación a una Unidad Minera

Reporte Mensual de Exposición:





Reporte Mensual de Calidad Ambiental - Interior Mina

Periodo:

julio

2015

Seccion:

1

ID	Nivel	Fecha	Hora	Labor	O2 %	CO ppm	NO2 ppm	CO2 %	LEL %	H2S ppm	Vel m/min	Índice Calidad	Etapla_Minado
533	400	21/07/2015	10:12 a.m.	Sn 738 / Vn 737 E	20.8	0	1.5	0.03	0	0	45.72	1.21	Desate
534	400	21/07/2015	10:41 a.m.	Vnt 737 B Int	20.8	0	0	0.05	0	0	29.87	1.33	Perforación
541	H3	25/07/2015	08:40 a.m.	RP - 750	20.8	0	0	0	0	0	56.39	2.24	Otro
542	H3	25/07/2015	08:58 a.m.	RP+ 290	20.7	2	0	0	0	0	41.15	1.65	Desate
543	200	25/07/2015	09:15 a.m.	CX 760 / Vn 760 C	20.8	0	0	0	0	0	29.57	1.45	Desate
544	400	25/07/2015	09:25 a.m.	Vn 737 C Int	20.8	0	0	0	0	0	28.65	1.43	
546	400	25/07/2015	09:35 a.m.	BP 752 Int	20.3	6	0	0.06	0	0	46.94	1.38	Desate
545	400	25/07/2015	09:35 a.m.	Sn 738	20.8	0	0	0	0	0	27.13	1.38	Otro
547	3900	25/07/2015	09:40 a.m.	TJ 737	20.4	0	0	0.03	0	0	21.95	1.14	Acarreo
548	400	25/07/2015	09:55 a.m.	SN 737 C S Int	20.3	0	0	0.02	0	0	29.57	1.36	Perforación
549	200	25/07/2015	02:15 p.m.	Vn 733-7	20.8	0	0	0	0	0	29.57	1.45	Desate
550	800	25/07/2015	02:50 p.m.	Rp+ 748	20.8	0	0	0.02	0	0	31.09	1.44	Acarreo
551	1000	25/07/2015	03:30 p.m.	TJ 744 N	20.8	0	0	0	0	0	39.62	1.75	Desate

Seccion:

2

ID	Nivel	Fecha	Hora	Labor	O2 %	CO ppm	NO2 ppm	CO2 %	LEL %	H2S ppm	Vel m/min	Índice Calidad	Etapla_Minado
505	800	10/07/2015	08:48 a.m.	OP 800	20.8	0	0.4	0	0	0	45.72	1.70	Otro
506	800	10/07/2015	08:55 a.m.	RP- 269 al 1000	20.3	1	0	0.05	0	0	30.48	1.26	Otro
530	2500	23/07/2015	09:56 a.m.	RP 697	20.1	8	0	0.15	0	0	24.38	0.73	Sostenimiento
531	2300	23/07/2015	10:32 a.m.	BP 676 / CX 679	19.4	80	0	0.53	0	0	25.91	0.15	Otro
532	3000	28/07/2015	09:26 a.m.	RP 665 (-)	20.1	0	0	0.1	0	0	0.00	0.47	Desate
552	2500	31/07/2015	03:07 p.m.	RP 697	20	11	0.1	0.22	0	0	0.00	0.26	Voladura

Total de Monitoreos Realizados:

60

O2 (%)	CO (ppm)	NO2 (ppm)	CO2 (%)
< 18.5	> 50	> 5	> 3
18.5-19.5	25 - 50	3 - 5	0.5 - 3
> 19.5	< 25	< 3	< 0.5
LEL (%)	H2S (ppm)	Vel (m/min)	Índice Calidad
> 0.5	> 15	< 20	< 0.25
< 0.5	10 - 15	20 - 25	0.25 - 0.5
	< 10	> 25	> 0.5

Índice Calidad =

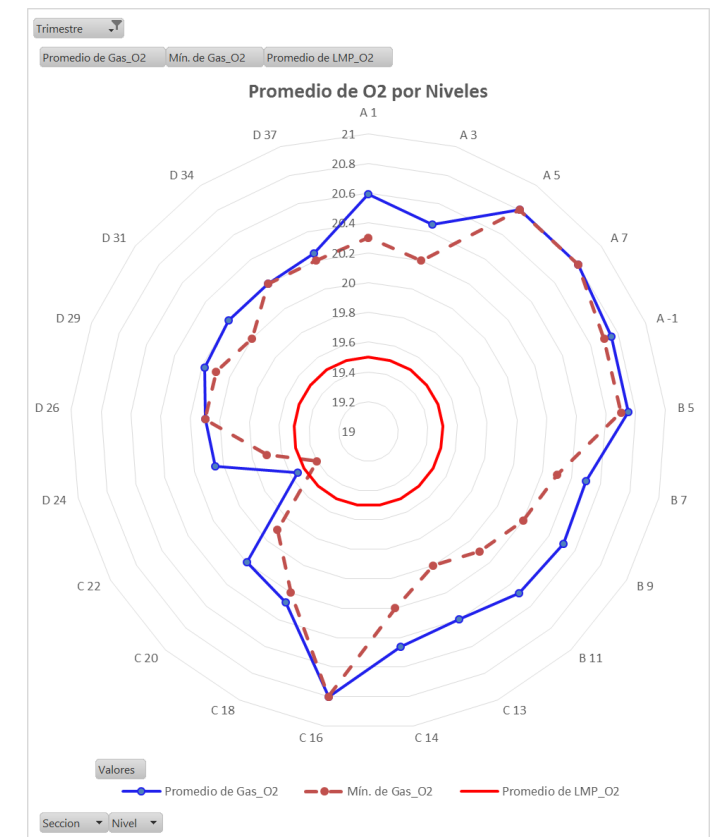
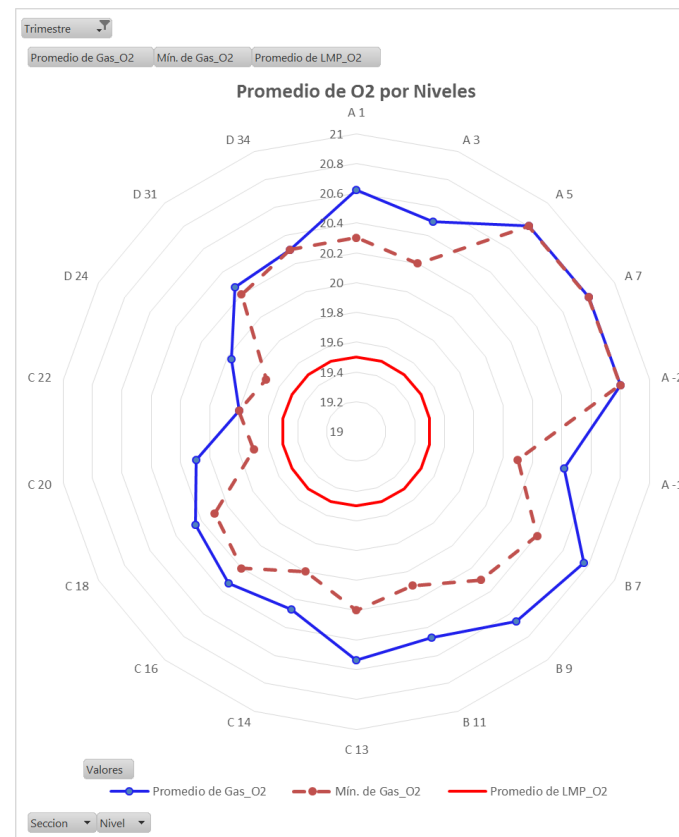
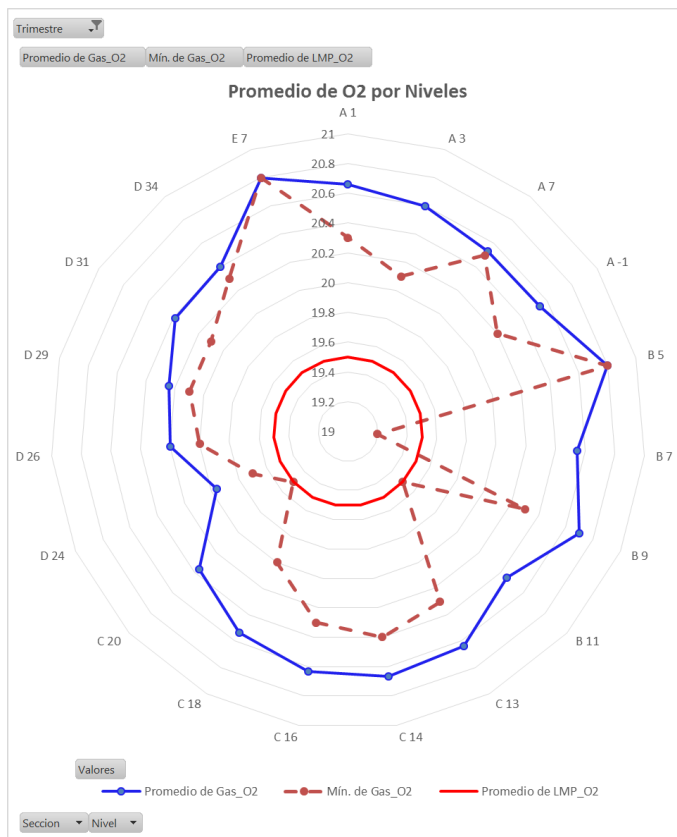
$$\frac{\left(\frac{O_2}{19.5}\right)\left(\frac{20 + Vel}{40}\right)}{\left(\frac{25 + CO}{25}\right)\left(\frac{3 + NO_2}{3}\right)\left(\frac{0.5 + CO_2}{0.55}\right)\left(\frac{0.5 + LEL}{0.5}\right)\left(\frac{10 + H_2S}{10}\right)}$$

Jefe Ventilación Mina

Aplicación a una Unidad Minera

Análisis de Distribución de Gases

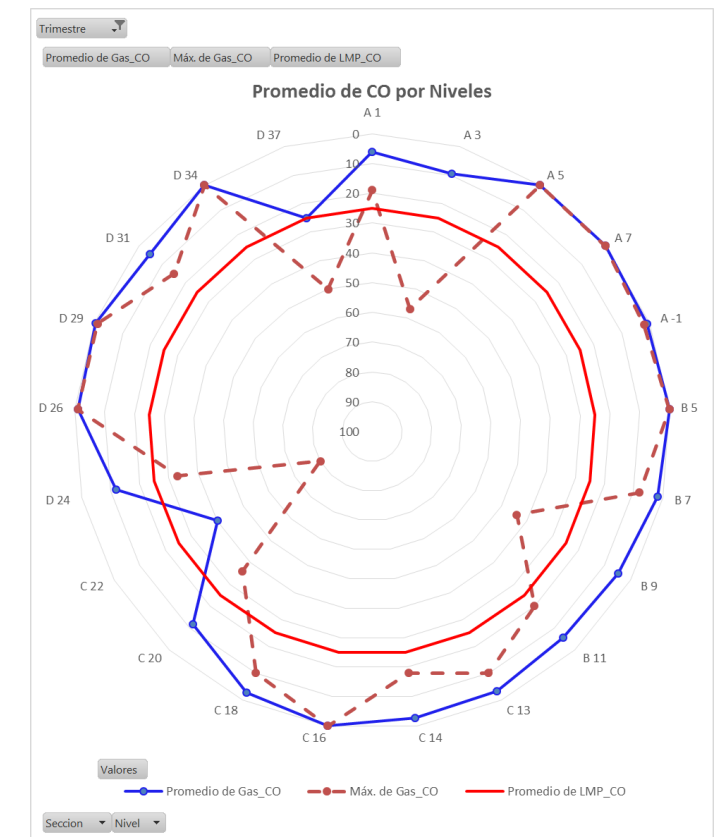
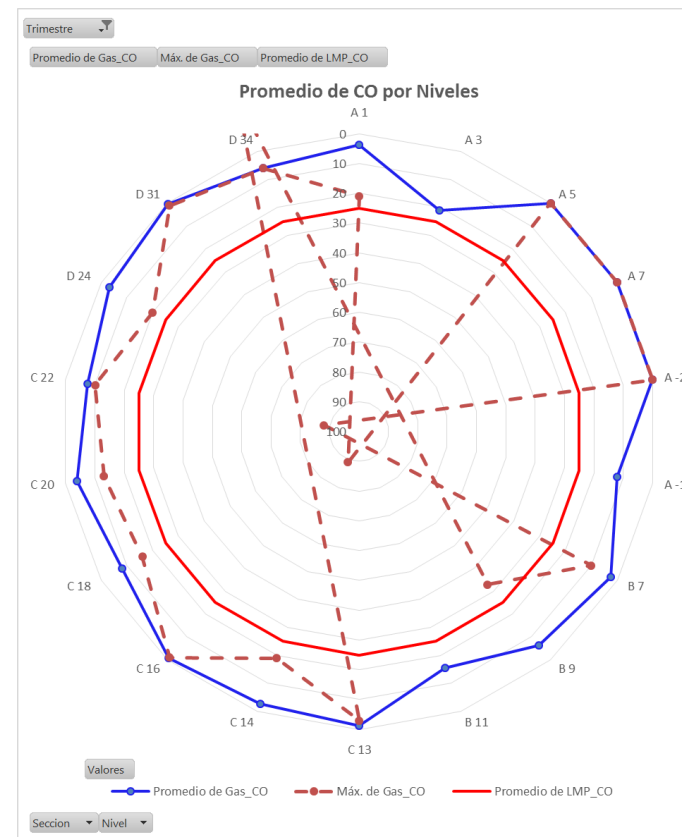
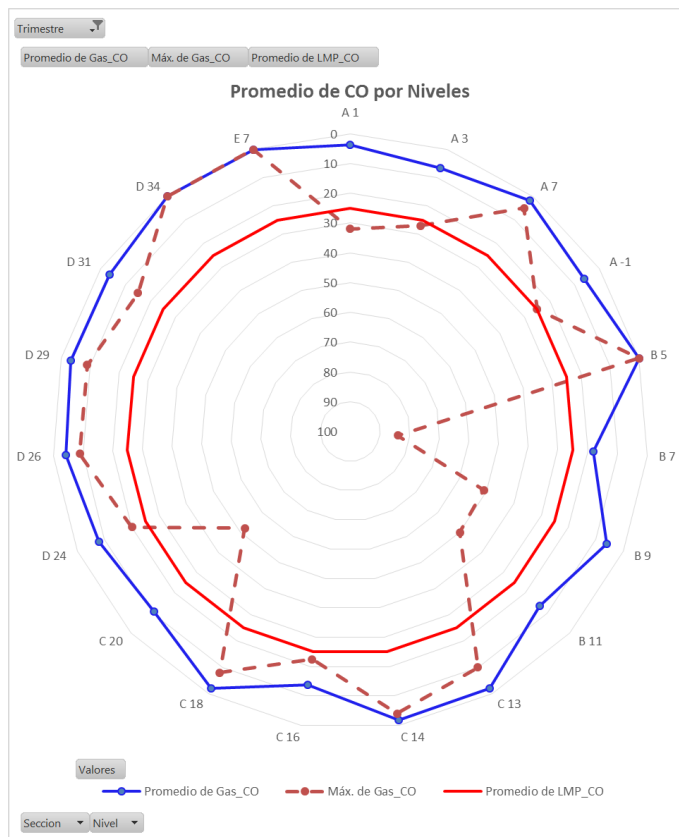
Distribución de O₂ - Trimestral



Aplicación a una Unidad Minera

Análisis de Distribución de Gases

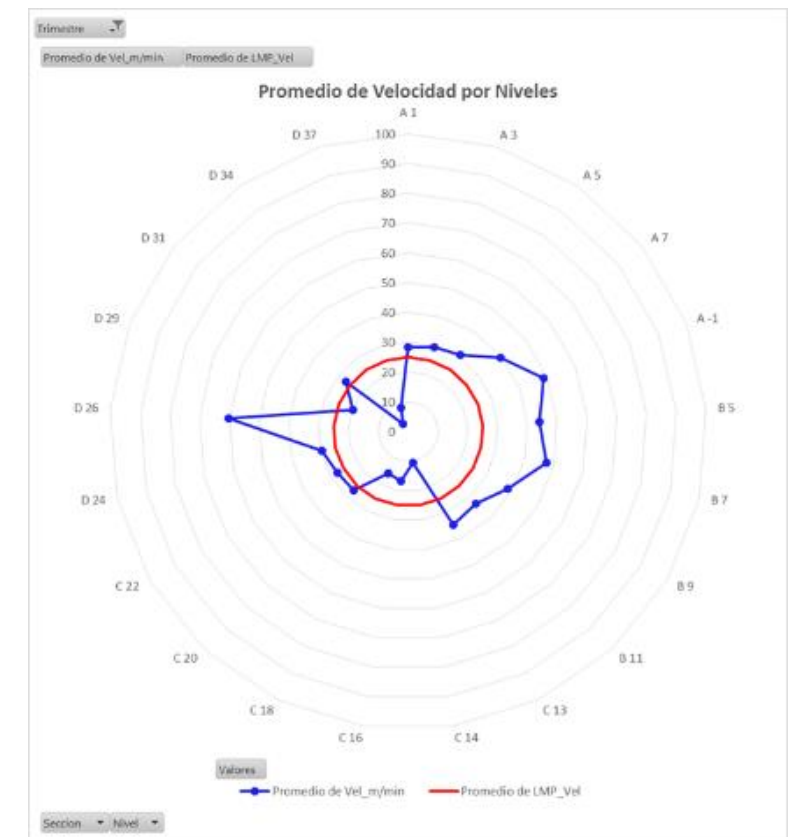
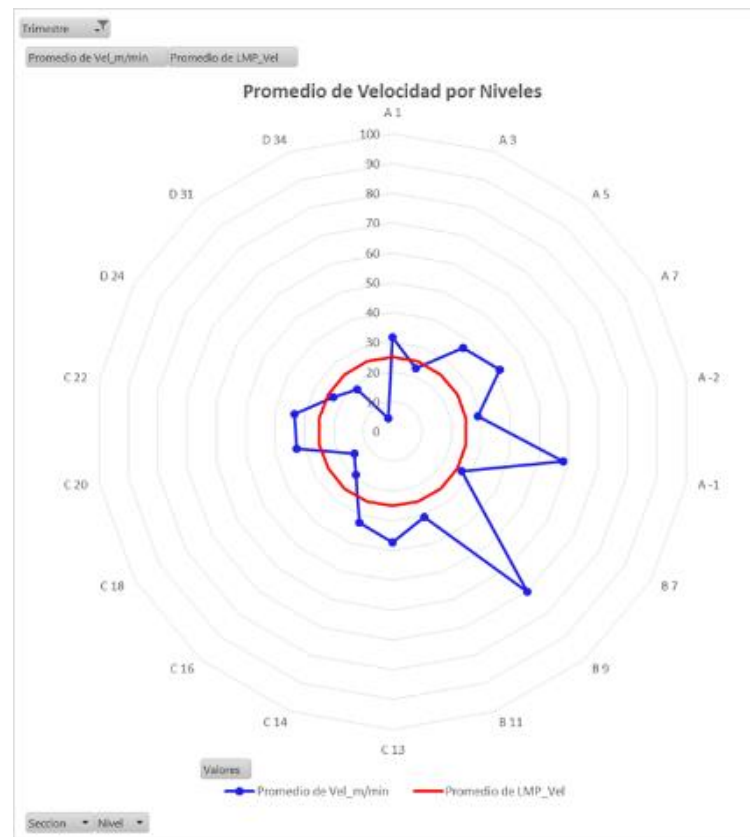
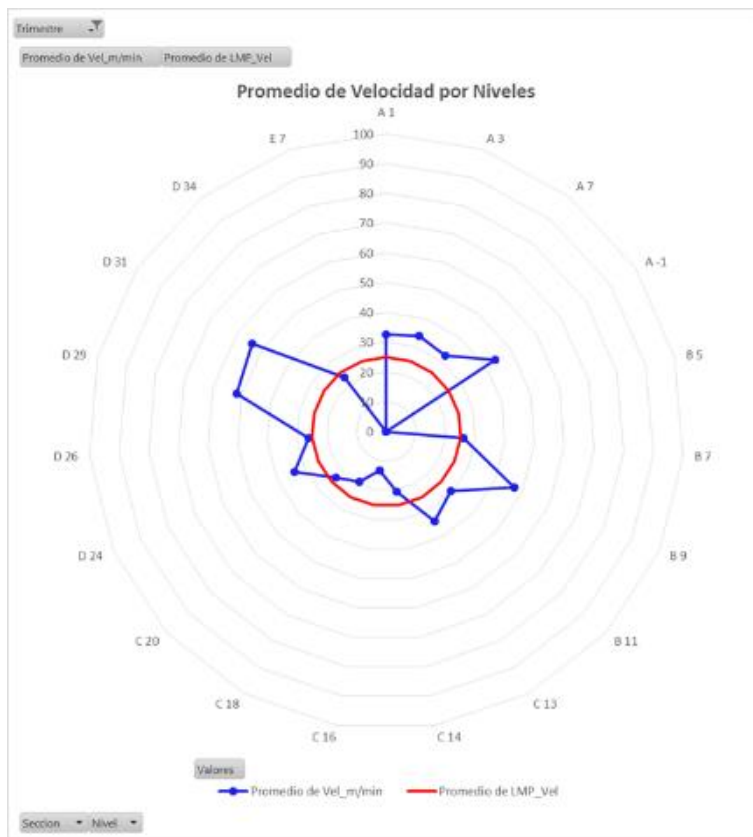
Distribución de CO - Trimestral



Aplicación a una Unidad Minera

Análisis de Distribución de Gases

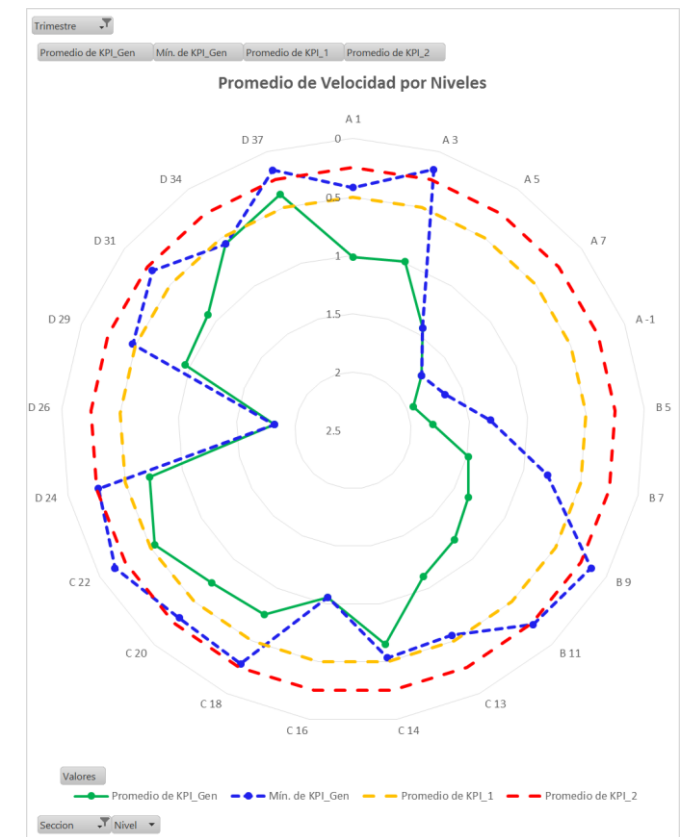
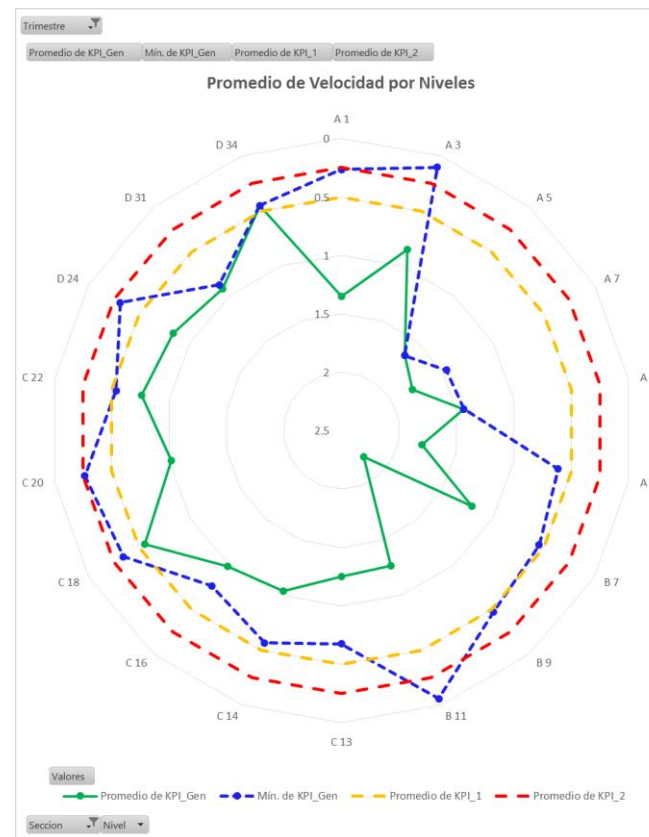
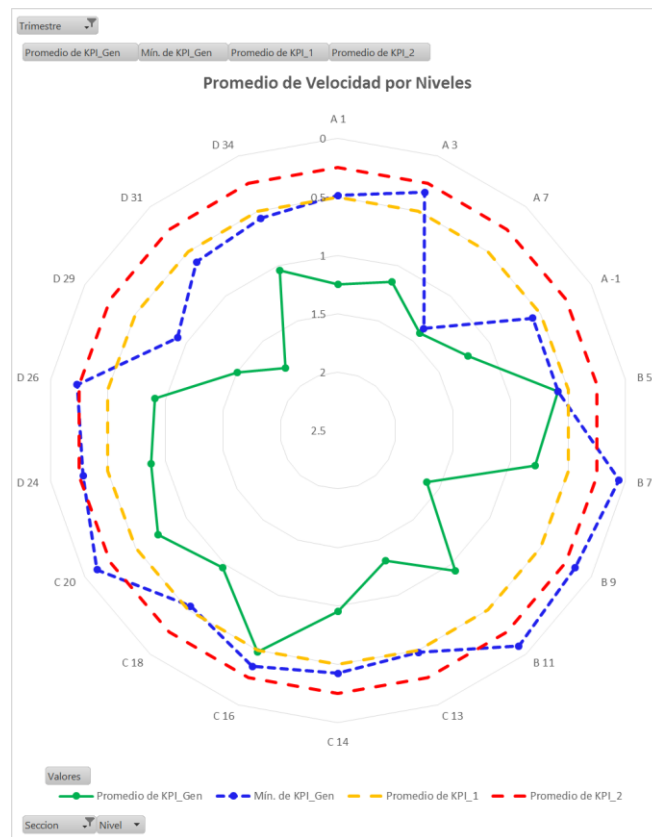
Distribución de Velocidad - Trimestral



Aplicación a una Unidad Minera

Análisis de Distribución de Gases

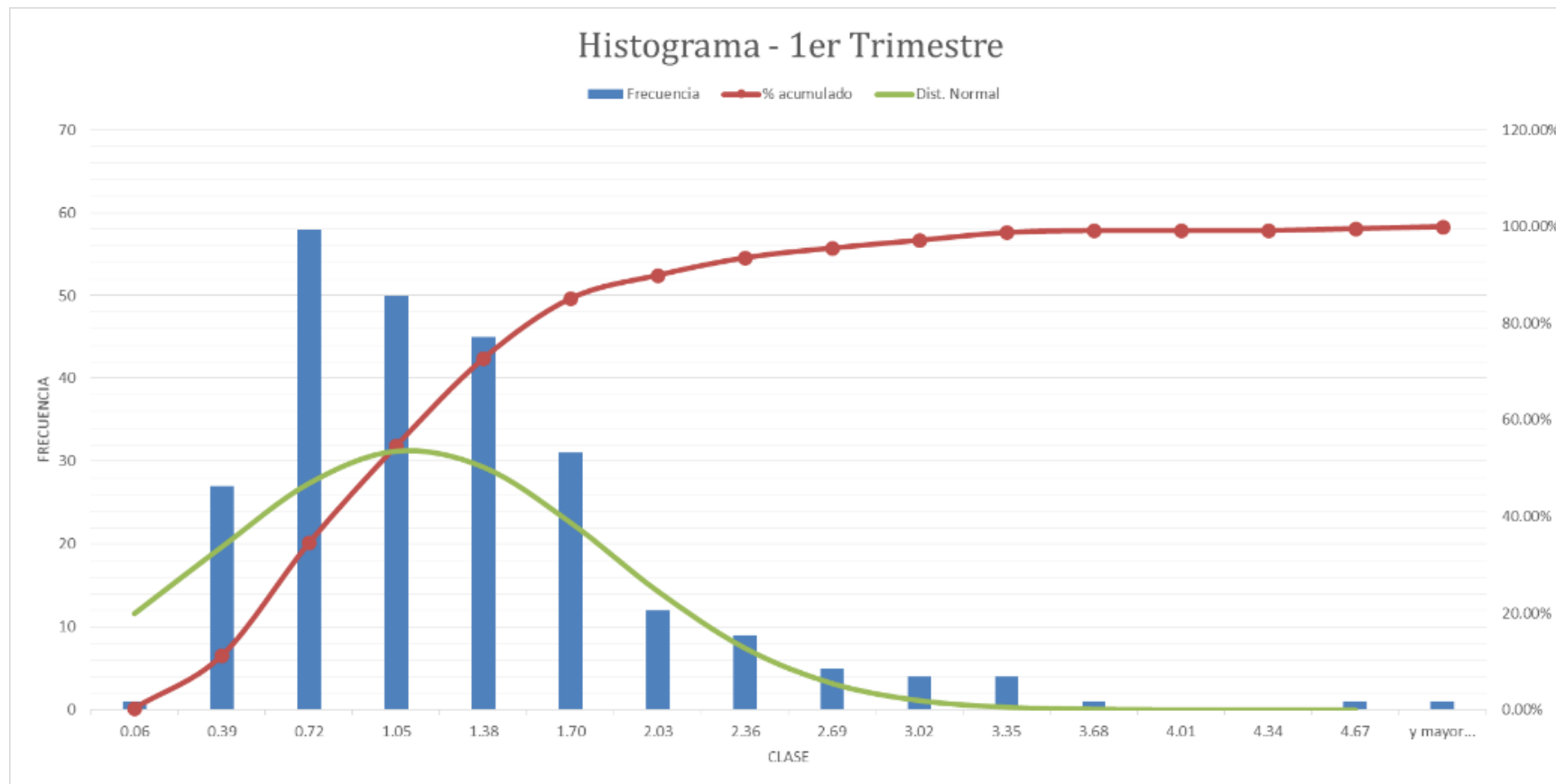
Índice de Exposición - Trimestral



Aplicación a una Unidad Minera

Análisis de Riesgo de Gaseamiento

Probabilidad de Gaseamiento



#Muestras:
249

Media:
1.10

**Desviación
Estándar:**
0.74

P(>0.5):
79.22%

P(0.25-0.5):
8.28%

P(0.25>):
12.49%

Conclusiones

- El Reglamento de Seguridad y Salud en minería estipula la medición, registro y comunicación de los agentes físicos y químicos que determinan la calidad del ambiente y el nivel de exposición en interior mina en función de límites permisibles que deben ser cumplidos.
- Para cumplir con lo estipulado en el reglamento se debe contar con instrumentación, procedimientos, formularios y medios de almacenamiento de la información que en su conjunto pueden ser integrados en un sistema de gestión.
- La información recopilada, en la cual se ha invertido recursos, para cumplir con lo requerido en el reglamento puede ser aprovechada para direccionar adecuadamente las acciones a ejecutar de tal manera que sean efectivas en el corto y mediano plazo.
- La implementación de un Índice de Exposición permite analizar los efectos en conjunto de las variables que afectan la calidad del ambiente en interior mina, facilitando la identificación de zonas críticas desde el punto de vista micro y macro del sistema de ventilación.
- Es posible analizar el riesgo de Gaseamiento en un sistema de ventilación en función del índice de exposición, siempre cuando el muestreo sea significativo, lo cual puede ser usado como una herramienta de sustento para el requerimiento de mayores recursos.
- El Sistema de Gestión presentado ha demostrado cumplir con lo requerido en el reglamento vigente además de ser una herramienta de ayuda para la gestión de los recursos invertidos en ventilación de minas.

Recomendaciones

- Dar cumplimiento a lo establecido en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
- Establecer un sistema de gestión que permita obtener información fiable dándole el mayor uso posible para el direccionamiento de los recursos disponibles.
- Establecer herramientas administrativas adicionales que permitan un manejo adecuado del riesgo de exposición crítico.

GRACIAS

Mine & Flows – Ventilación de Minas
contacto@mineflows.com