

RADÓN EN EXPLOTACIONES SUBTERRÁNEAS

*Dr. Ing. Jürgen Weyer

**Dr. Ing. Gerardo Zamora E.

RESUMEN

En la explotación de minas subterráneas es importante contar con un suministro planificado de aire fresco, dilución y drenaje de gases peligrosos y polvo, además de una salida de la corriente de aire. Todos estos conducen a generar un ambiente más adecuado de trabajo en el interior de la mina.

El aire de mina varía en su composición debido a que en la misma se da lugar a la generación de polvos y gases procedentes de las explosiones, consumo de oxígeno y finalmente la radioactividad natural, en especial de radón, emanado de la estructura cristalina de los minerales a través de poros y fisuras.

En este trabajo, se ha hecho énfasis en las emanaciones radioactivas de radón en explotaciones subterráneas, dando a conocer algunos aspectos teóricos de las mismas, límites permisibles, métodos de medición y concluir con mediciones in situ en algunas minas. Finalmente se han vertido las recomendaciones respectivas para su control y prevención.

1. INTRODUCCIÓN

El suministro planificado de aire fresco, dilución y drenaje de gases peligrosos y salida de la corriente de aire, tienen por objetivo generar un suministro de aire respirable para el personal de la mina, suministro de oxígeno para las personas y para los motores de combustión y finalmente la dilución y el drenaje tanto de los gases venenosos como un control de la concentración de polvos y de gases explosivos; permitiendo además, lograr un clima de mina adecuado de temperatura, humedad relativa y velocidad de flujo de la corriente de aire.

Las variaciones en la composición del aire en el interior de la mina están sujetas a cambios debido a: consumos de oxígeno, que involucran factores como la respiración, procesos de combustión en los vehículos y motores utilizados y procesos naturales de oxidación; explotación en sí, que conlleva además de la generación de gases procedentes especialmente de la voladura, la modificación en la concentración de polvos; y finalmente la radioactividad natural, en especial de radón emanado de la estructura cristalina de los minerales a través de poros y fisuras. Todas ellas influenciadas además por modificaciones tanto de presión como de temperatura, que dan como resultado un cambio en la humedad relativa.

Los adelantos tecnológicos en la medición de la concentración de los gases, los polvos y la radiación, permiten hoy en día identificar in situ los potenciales de riesgo, disminuyendo así de manera considerable el peligro de quienes trabajan en el interior de la mina.

Por lo que se ha querido hacer mayor énfasis en las emanaciones radioactivas de radón y su presencia en algunas minas subterráneas de Bolivia, además de formular recomendaciones para su control y prevención en minas subterráneas.

* Technische Universität
Bergakademie Freiberg

** Universidad Técnica de Oruro

2. RADIACIÓN – Rn²²² Y PRODUCTOS SECUNDARIOS

2.1 RADIACIÓN DEL RADÓN

Todos los seres vivos están siempre expuestos a un cierto nivel de radiación, tomando en cuenta que el elemento uranio se encuentra en toda la corteza terrestre en un promedio de 4 g/t.

La presencia de radón no sólo se limita a explotaciones subterráneas, sino que también puede presentarse en sótanos de las viviendas.

El radón es considerado como el único isótopo gaseoso que unido a las partículas de polvo o aerosoles, queda en suspensión como iones en el aire de mina provocando problemas serios para la salud.

El radón emana de la estructura cristalina de los minerales a través de poros y fisuras. Debido a las diferencias de presiones, migra hacia las galerías. Su decaimiento o desintegración produce los siguientes productos sólidos (isótopos):

	Isótopos	Designación	t semidesintegración
Polonio	²¹⁸ Po	RaA	3.05 min
Plomo	²¹⁴ Pb	RaB	26.8 min
Bismuto	²¹⁴ Bi	RaC	19.7 min
Polonio	²¹⁴ Po	RaC'	164 us

Se define el tiempo de semidesintegración como el tiempo en el que han decaído la mitad de todos los átomos; puesto que la radioactividad depende de la cantidad de átomos, también la radioactividad se habrá reducido a la mitad, de acuerdo a la siguiente relación:

$$t_h = 0,6931/\lambda$$

Donde:

t_h es el tiempo de semidesintegración en segundos.

λ la constante de decaimiento, que expresa el grado de probabilidad de decaimiento de un átomo.

Los tiempos de semidesintegración varían mucho; el radón se forma a partir del Ra (1,622 años), esto significa que prácticamente la fuente de Rn es infinita en relación a la vida de un yacimiento.

Tomando en cuenta el tiempo de desintegración del Rn de 3.82 días, es posible que una parte de Rn se transforme en la mina. Los productos secundarios se transforman inmediatamente (entre 26 minutos y algunos microsegundos), liberando rayos alfa, beta y gama.

Para la ventilación de la mina y en consideración a sus tiempos de semidesintegración son de interés sobre todo los subproductos (descendientes) RaC'; estos son los sólidos y se concentran en aerosoles y partículas sólidas, que al ser inhaladas llegan al pulmón y continúan

irradiando allí. Puesto que el 80% del equilibrio alcanzable se logra luego de 90 minutos, es especialmente importante un rápido drenaje del radón.

Esto demuestra que el equilibrio de los productos de radón en minas antiguas está completado, o sea que allí se encuentra la mayor carga de radiación y la mayor parte de compuestos radiactivos. El acceso a estas minas está prohibido.

2.1. VALORES PERMISIBLES

En las normas alemanas es determinante la energía del potencial alfa. Para labores mineras se ha establecido un valor límite permisible de 1×10^{11} MeV/año. Es decir, si se toma en cuenta 2,000 horas de trabajo/año y una respiración promedio $1.2 \text{ m}^3/\text{hora}$, resulta una concentración media permisible en el puesto de trabajo de $4 \times 10^7 \text{ MeV/m}^3$.

2.2 MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL RADÓN

La medición de radón puede realizarse mediante dos tipos de detectores: termosensitivos y fotosensitivos.

En los detectores fotosensitivos se lleva la radiación hacia un material que emite fotones (cuantos de luz), éstos son amplificados, transformados en una señal eléctrica y contados.

Los dosímetros de termoluminiscencia están compuestos por cuatro plaquetas de fósforo luminiscentes, que luego de uno a tres meses son analizados e interpretados en laboratorio.

La medición de la concentración de Rn en el aire no se realiza de manera directa como sucede para el caso de otros gases. La medición de su concentración se lleva a cabo por medio de la descomposición alfa.

3. MEDICIONES DE RADÓN EN MINAS SUBTERRÁNEAS

Se han llevado a cabo mediciones de la concentración de Rn en algunas minas subterráneas.

El equipo utilizado para la medición de Rn es del tipo AZ 2, que basa su principio en la determinación de la descomposición alfa. Este equipo aspira un volumen determinado de aire a través de un filtro para polvo fino (retiene todos los otros radioisótopos sólidos), y da una pausa para darle al Rn tiempo para su desintegración en su cámara interior y en base a la desintegración cuántica de los núcleos, se determina la concentración de Rn existente.

El cálculo de la radiación, a partir de la lectura de los impulsos registrados por el equipo, está dado por la siguiente ecuación:

$$C_{\text{pot}} = \frac{1.9 * \text{Imp}}{Q * 0.91 * 0.25}$$

Donde:

C_{pot} Potencial de energía alfa en MeV/cm³

Imp Número de impulsos registrados

Q Caudal de absorción de aire del equipo para la medición

Cada uno de los factores de esta ecuación son sólo válidos para el equipo AZ 2.

Para el cálculo en unidades de Bq/m³, se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{Bq}{m^3} = 28.5 * \frac{C_{pot}}{F}$$

Donde:

F Es un factor que de acuerdo a la (ICRP) International Comision of Radiological Protection encomienda un valor de 0.7 para minas que no corresponden a uranio.

Por otra parte, de acuerdo a la ICRP, para la determinación de la concentración de radón, y no la de otros isotopos, se deben considerar los siguientes parámetros:

Volumen de inhalación= 1.2 m³/h

Horas de trabajo por año= 2.000

Los resultados obtenidos en la primera mina, son los siguientes:

TABLA 1.- Datos de radiación por Rn obtenidos en la primera mina estudiada

Punto Muestreo	Lugar	Q (l/h)	Número de impulsos	C_{pot} MeV/cm ³	Bq/m ³	C_{rad} (MeV/año)
1	Paraje (en reposo)	130	83	5.33	218	1.28x10 ⁹
2	Paraje (en explotación)	165	613	31.03	1263.3	7.45x10 ⁹
3	Despacho	170	1517	74.53	3034.3	1.79x10 ¹⁰
4	Bocamina	180	3	0.14	5.7	3.36x10 ⁷

De acuerdo a la ICRP, el limite permisible de C_{Rad} es 1x 10¹¹ MeV/año. La mina donde se llevó a cabo las mediciones estaba reiniciando sus operaciones después de casi cuatro días de inactividad, hecho que podría haber influido en las mediciones realizadas.

En todo caso, para reducir las emanaciones de Rn se recomienda:

- Aplicar métodos de explotación (no liberar grandes áreas típicas de la explotación por socavación y derrumbe).
- Respetar los tiempos de ventilación.
- Retirar el material extraído lo más rápidamente posible.
- Evitar polvaredas humectando el material
- Evitar daños a la roca adyacente durante las voladuras (formación de fisuras acentúan la emanación de Rn)
- Tomar en cuenta las diferencias en la emanación debido a la disminución de la presión del aire.
- Reunir el agua y retirarla de la mina rápidamente (no utilizar agua de mina en la humectación).

Para el control de la radiación en interior mina es importante:

- La ubicación y tamaño de las galerías de ventilación.
- El aire entrante fresco debe tener concentraciones bajas de Rn.
- Las rutas de ventilación en la roca y no en el mineral.
- Evitar permanencias demasiadas prolongadas del aire en estado estacionario.
- Cantidad de aire de ventilación mayor que en otras minas.
- Eventualmente revestir las rutas de ventilación.
- Evitar la utilización de circuitos de aire cerrados.
- Planificar las diferencias de presión de modo que las emanaciones de zonas selladas vayan directamente al flujo saliente.

En las mediciones de una segunda mina subterránea, que se encuentra hace casi una década sin operación y con ventilación natural, se llevaron a cabo también mediciones de la concentración de Rn.

La tabla 2 reporta los resultados obtenidos:

TABLA 2. Datos de radiación por Rn obtenidos en la segunda mina estudiada.

Punto Muestreo	Lugar	Nivel	Q (l/h)	Numero de impulsos	C _{pot} MeV/cm ³	Bq/m ³	C _{rad} (MeV/año)
1	Galería	-240	160	12	0.63	25.5	1.5x10 ⁸
2	Bocamina	0	180	4	0.19	7.56	4.5x10 ⁷

En todo caso, los valores determinados están por debajo del límite permisible.

4. CONCLUSIONES

- La presencia de Rn en las minas subterráneas debe ser tomada en cuenta a objeto de brindar un ambiente de trabajo más adecuado.

- En caso de que se hayan detectado concentraciones por encima de lo permisible, son requeridas acciones que permitan disminuir y controlar las emanaciones de Rn.
- Es importante difundir información y orientación, tanto a trabajadores como a técnicos, sobre el Rn, a objeto de que en las operaciones de explotación subterránea se tomen las previsiones mas aconsejables.