

**MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
FACULTAD DE GEOLOGIA - MINERIA
DEPARTAMENTO DE MINERIA**

**VIAS PARA GARANTIZAR LOS TRABAJOS EN LAS MINAS ASFÁLTICAS
DE NUESTRO PAIS EN CONDICIONES HIGIENICO - SANITARIAS
ADECUADAS**

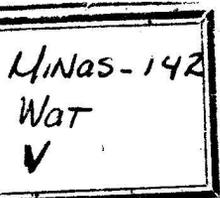
Resumen de la tesis en opción al grado científico de Doctor en ciencias técnicas.

Autor: Ing. Roberto Lincoln Watson Quesada.

**"AÑO DEL 30 ANIVERSARIO DE LA CAIDA EN COMBATE DEL GUERRILLERO HEROICO
Y SUS COMPAÑEROS"**

MOA

1997



Introducción

No es posible concebir la explotación de un yacimiento mineral sin el correspondiente estudio de los riesgos a que estarán expuestos los obreros que participan. En la explotación de los yacimientos de asfaltita se presenta la problemática, que ésta se fragmenta con facilidad debido a su exfoliación, lo que favorece la formación de grandes nubes de polvo durante los procesos de extracción. Si la explotación de la mina se realiza por el modo subterráneo el polvo se convierte en un problema para la salud y seguridad de los mineros.

Para combatir los problemas creados por el polvo existen numerosos métodos y medios, por lo cual se cuenta con una basta experiencia internacional en la eliminación del polvo producido por diversos minerales. Sin embargo para la asfaltita no están determinados los métodos ni se cuenta con la experiencia necesaria .

La existencia en Cuba de un estado socialista que vela por la seguridad de sus trabajadores y de valiosas reservas de asfaltita, hace necesario estudios para la caracterización tanto del mineral de asfaltita, como del polvo que de él se forma y de su comportamiento ante los diferentes campos físicos; con el objetivo de utilizar los métodos de lucha más eficaces, que garanticen las condiciones higiénico-sanitarias en la mina en explotación y en las que se abran en el futuro.

Objetivos del trabajo:

- 1- Establecer la metodología de investigación de las características del polvo de asfaltita.
- 2- Determinar las propiedades físicas del polvo de asfaltita.

3- Establecer los métodos, medios y medidas de seguridad que garanticen la explotación segura de estos yacimientos.

Como aspectos científicos técnicos novedosos del trabajo se relacionan los siguientes:

1- Se determina el ángulo de las interfases líquido-sólido-gas que caracteriza la humectabilidad de la asfaltita.

2- La construcción de las instalaciones de laboratorio y la elaboración de la metodología de experimentación para determinar las características aerodinámicas del polvo de asfaltita. La obtención de la fórmula de cálculo de la velocidad de precipitación del polvo y las curvas que caracterizan el régimen de precipitación.

3- Se determinó el método de lucha contra el polvo de asfaltita más racional.

La metodología de investigación empleada consta de trabajos experimentales tanto en condiciones de laboratorio e in situ como de resoluciones y elaboraciones analíticas.

La elección y propuesta de los métodos y medios de lucha contra el polvo de asfaltita, se realizó a partir de la determinación experimental de las principales propiedades físicas del mineral que caracterizan su interacción con los diferentes métodos, así como la caracterización del medio laboral en la mina Crispín. Para el estudio de la dinámica de los aerosoles de polvo de asfaltita se utilizó el método analítico - experimental en condiciones de producción y de laboratorio.

Como hipótesis del trabajo se plantea que es posible explotar los yacimientos asfálticos de Cuba en condiciones seguras, según el factor polvo.

La tesis consta de cuatro capítulos. En el primero se da la caracterización del yacimiento de asfaltita así como las condiciones de trabajo de la mina Crispín, se describen y evalúan los factores climáticos y los principales contaminantes de la atmósfera minera.

En el segundo capítulo se determinan las principales propiedades del polvo de asfaltita que permiten caracterizar su comportamiento ante los métodos y medios para combatirlo. Se determina la humectabilidad de la asfaltita, parámetro no registrado en la literatura.

En el tercer capítulo se realiza el estudio de las características aerodinámicas del polvo de asfaltita, de manera que se determina la velocidad de precipitación en una atmósfera en calma, la velocidad de la corriente de aire que provoca la resuspensión del polvo precipitado sobre el piso y paredes de las excavaciones, y la velocidad óptima de la corriente de aire que garantiza la separación de las partículas que se encuentran en suspensión.

En el cuarto capítulo se realiza el análisis de los métodos y medios de lucha contra el polvo más factibles de aplicar en las condiciones de la mina Crispín y se proponen los que resultan más racionales teniendo en cuenta las características estudiadas más arriba.

Los resultados de este trabajo se han presentado en los siguientes eventos:

- Recomendaciones para el mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias en la mina Crispín. II Simposio Internacional de Minería y Metalurgia "MINEMETAL' 91"
- Metodología para la determinación de la humectabilidad de la asfaltita. Evento de la sociedad de INGENIERÍA DE LA SOCIEDAD DE GEOCIENCIAS, Holguín 1996.

- Determinación de la velocidad óptima del aire para la ventilación de la mina Crispín. GEOMIN' 96.

- Metodología para el control de la contaminación del aire por el polvo de asfaltita. Taller Internacional de Protección del Medio Ambiente y Explotación sostenible de los Georrecursos. PROTAMBI'97.

Se confeccionó el proyecto de explotación de la mina Crispín por un colectivo de ingenieros dirigidos por el autor.

La metodología propuesta así como las instalaciones creadas para la investigación del polvo de asfaltita han sido utilizadas en la docencia, durante la impartición de las asignaturas Ventilación de minas y Protección del trabajo.

Capítulo I: Estudio de las condiciones de trabajo en las minas de asfaltita.

En este capítulo se hace un breve recuento histórico del uso y explotación de los yacimientos de asfaltita de Cuba. Se dan las características geológicas, las propiedades físico- mecánicas del yacimiento Crispín. Se realiza el análisis de las condiciones minero- técnicas de explotación y las condiciones higiénico- sanitarias de trabajo existentes en la mina; para lo cual se tomaron en cuenta los parámetros climáticos, los agentes contaminantes presentes en la atmósfera de la mina, las condiciones técnicas de trabajo que constituyen factores de riesgos y afectan la seguridad del trabajo.

Para la evaluación de las condiciones de trabajo se utilizó el método teórico práctico basado en la inspección visual de los frentes de trabajo y la realización de los levantamientos: psicrométrico, anemométrico, gasométrico y conimétrico en la mina.

De la evaluación y el análisis de los datos registrados se obtiene que:

- Los parámetros climáticos de la mina no son los adecuados para un estado de confort, sin embargo, no dan lugar a condiciones extremas que impidan realizar la extracción del mineral, según las normas sanitarias establecidas. El valor máximo de la temperatura registrado es de 27 °C, es superior en 1°C al valor de la temperatura efectiva cuando los restantes parámetros son iguales.

Teniendo en cuenta que la profundidad de explotación actual es de 80 m y se presentan las condiciones antes señaladas al aumentar la profundidad de explotación será necesario prestar especial atención al control de la temperatura del aire mediante la ventilación.

- Los principales agentes contaminantes de la atmósfera en la mina son: el gas metano y el polvo, que se produce en los procesos de extracción.

. El primero se desprende del macizo de asfaltita siendo su proporción pequeña (0,22 %vol.), la que no supera la concentración límite inferior permisible (que es 0,5 %vol.), establecida para las excavaciones de salida en las minas de carbón que se toma como referencia pues no existen datos para la asfaltita; no obstante debe mantenerse una constante vigilancia sobre los desprendimientos de metano por el peligro que esto constituye.

. El polvo es el principal contaminante de la atmósfera de la mina, su concentración en los frentes de trabajo alcanza valores que oscilan entre 20 - 1822 mg. m⁻³, los que superan las normas sanitarias. Dado el origen del polvo, este puede ser explosivo pero las condiciones climáticas unidas al bajo desprendimiento de metano y a los valores de las concentraciones registradas impiden que en la actualidad puedan producirse explosiones de polvo. Ahora bien desde el punto vista higiénico las concentraciones de polvo superan el rango que oscila entre 2 a 10 mg. m⁻³, por lo que el polvo constituye un peligro para la salud de los mineros.

Aludiendo a lo anterior se hace necesario el empleo de métodos y medios de lucha contra el polvo que permitan realizar la explotación en condiciones higiénico-sanitarias adecuadas.

Las condiciones minero-técnicas de explotación de la mina son inadecuadas y riesgosas; caracterizadas por: Una constante afluencia de agua que influye en la humedad existente, la circulación por el pozo se realiza bajo el goteo en condiciones peligrosas dado el mal estado de las escaleras, los espacios explotados permanecen abiertos, solo sostenidos por estemples de madera, los mineros trabajan en alturas que oscilan entre 12 a 14 m sin los correspondientes medios de protección, las dimensiones de los pilares no están científicamente

argumentadas por un estudio geomecánico del macizo y el yacimiento. Por todas estas causas se requiere la reconstrucción de la mina y el perfeccionamiento del método de extracción del mineral.

Capítulo II: Propiedades del polvo de Asfaltita.

En este capítulo se determinan las propiedades de la asfaltita que permiten evaluar su comportamiento al formar aerosoles y al utilizar los diferentes métodos para combatirlos; así como el de los campos interactuantes con los aerosoles y el medio.

Para ello se determinaron las siguientes propiedades: densidad, humedad, humectabilidad, dispersión y forma de las partículas.

La densidad se determinó con el método del picnómetro, las probetas se prepararon con mineral seleccionado de las diferentes partes de la mina. El resultado obtenido es $\rho = 1,1339 \pm 0,0014 \text{ g. cm}^{-3}$.

La humedad se determinó por el método ponderal y la relación entre los pesos de las muestras en estado natural y secas. El resultado obtenido es $W = 0,685 \pm 0,0084 \%$; esto permite afirmar que la asfaltita es un mineral cuasi seco.

La humectabilidad de la asfaltita se determinó a partir del ángulo de contacto de las interfases de una gota de agua con la superficie del mineral y el aire. Para lo cual se utilizó el método experimental gráfico. Este consiste en proyectar sobre una pantalla la imagen de la gota de agua sobre la superficie del mineral, para realizar en esta imagen la marca del punto de tangencia que indica el ángulo de humectación ver fig.3

Se diseñó y construyó la instalación de experimentación ver fig.4, se prepararon las probetas y se realizaron los ensayos. El resultado obtenido del ángulo de

humectación (θ), es $43^{\circ} 25' \pm 9, 42'$. A partir de este resultado es posible categorizar al mineral de asfaltita como parcialmente hidrófilo.

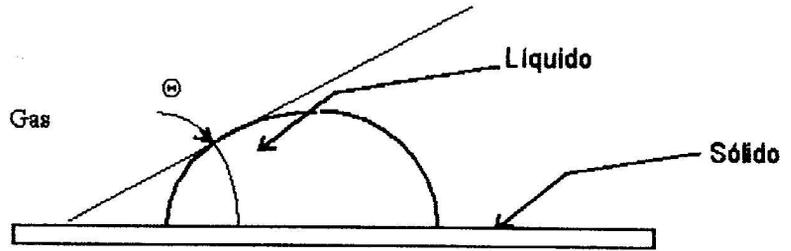


Fig. 3 Esquema de la gota de agua sobre el mineral.

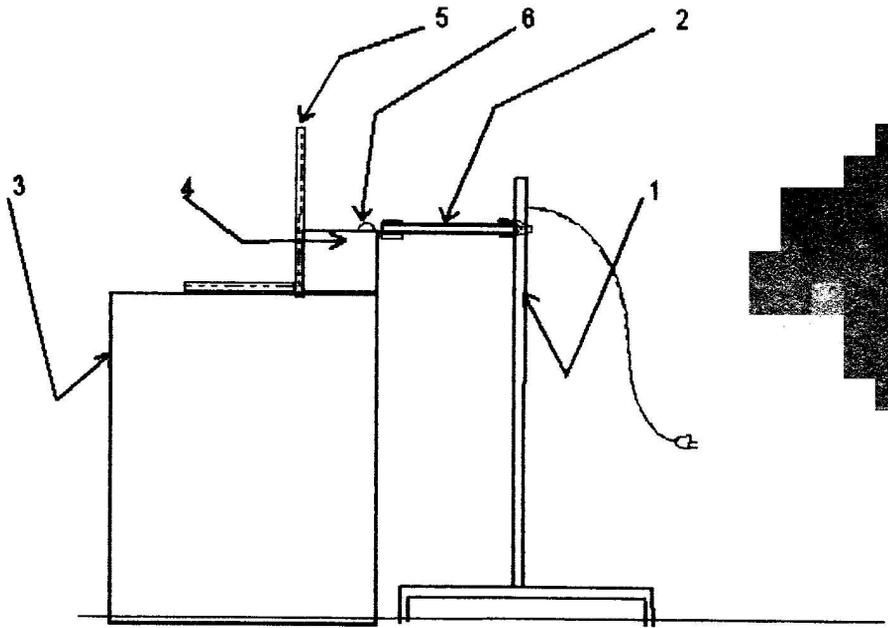


fig. 4 Instalación para determinar el ángulo de las interfases

Donde:

- 1- Soporte.
- 2- Porta lampara.
- 3- Base de la instalación.
- 4- Probeta de mineral.
- 5- pantalla.

6- Gota de agua.

- La dispersión del polvo de asfalta se determinó del análisis de su composición con el empleo de los siguientes métodos:

1- El ponderal (cribado). Tabla 1

2- El conteo de partículas (microscopía). Tabla 2

3- El Indirecto.(cálculo de las dimensiones convencionales de las partículas).

Tabla 3

Resultados obtenidos.

Tabla 1 Análisis de la composición dispersa por el método ponderal.

Clase mm	Mina Crispin frente de arranque		Mina Crispin frente de carga		Polvo preparado en el laboratorio del Instituto Superior Minero Metalúrgico	
	Masa (g)	fracción (%)	Masa (g)	fracción (%)	Masa (g)	Fracción (%)
-0,149	125,7	82,88	93,45	48,73	88,37	44,19
-0,149	123,3	81,85	94,88	47,34	86,93	43,47
+0,074	41,82	20,82	56,23	28,12	67,25	33,83
-0,074	42,50	21,25	55,60	27,80	88,32	34,16
+0,044	30,43	15,22	47,22	23,61	23,62	11,81
+0,044	29,83	14,92	46,58	23,29	23,12	11,58
	5,73	1,29	3,10	1,55	20,76	10,38
-0,044	4,37	2,18	3,14	1,57	21,63	10,82

Tabla 2 Resultados de las mediciones y la composición dispersa por fracciones.

Dimensión de las partículas (μ m)	Número de partículas	fracción (%)	Diámetro medio (μ m)
ϕ > 1	-	-	-
1 d 5	398	39,60	3,69
5 d 10	182	18,20	6,20
10 d 20	102	10,20	14,15
20 d 30	224	22,40	25,59
30 d 40	116	11,60	37,09

Tabla 3 Composición dispersa por el método indirecto.

Dimensiones de las partículas	Fracción (%)	Diámetro μm	Número de knudsen
d 1	-	-	-
1 d 5	39,6	3,69	0,0543
5 d 10	16,2	6,198	0,0323
10 d 20	10,2	14,15	0,0143
20 d 30	22,40	25,59	0,0078
30 d 40	11,6	37,09	0,0054

Los resultados obtenidos permiten según el criterio de Knudsen y del análisis micrométrico llegar a la conclusión de que el 39,6% de las partículas pueden formar aerosoles de dispersión media y las parte restante formara aerosol de baja dispersión.

En general el aerosol que se forma es polidisperso como regularmente ocurre en las minas.

.La forma de las partículas de polvo de asfaltita fue determinada por el método experimental basado en el análisis microscópico, con el empleo del microscopio óptico " JENALAB". La forma de las particulas es irregular en forma de láminas muy finas.

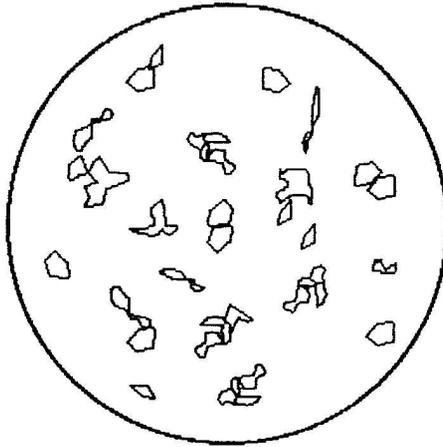
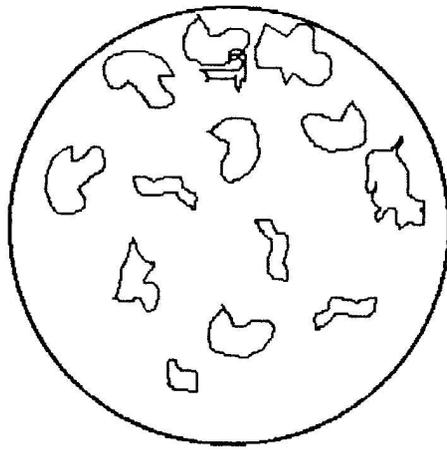


fig 5. Formas de las partículas de polvo vistas al microscopio.

Capítulo III: Estudio de la dinámica de los aerosoles de polvo de Asfaltita.

El estudio de la dinámica de los aerosoles de polvo de asfaltita es necesario para caracterizar su comportamiento ante las corrientes de aire , lo cual permite el empleo adecuado de la ventilación como método de lucha contra ellos.

En este estudio se deben determinar:

- 1- La velocidad de precipitación en una atmósfera en calma.
- 2- La velocidad crítica de la corriente que provoca la resuspensión del polvo precipitado.
- 3- La velocidad crítica de la corriente de aire para la salida o separación de las partículas de polvo en suspensión.

Para cada caso se describen las instalaciones diseñadas, la metodología de investigación empleada así como la descripción de los experimentos.

De los experimentos realizados se obtiene que:

- La instalación diseñada para determinar la velocidad de precipitación del polvo de asfaltita en la atmósfera en calma. Consiste en una torre de precipitación, como se muestra en la figura 5, la cual es la adecuada para esta y otras investigaciones porque los resultados prácticos obtenidos son convergentes con los resultados teóricos determinados por la fórmula de Stokes y por el análisis de las dependencias teóricas ,(criterios de Arquimidez (Ar), Lyaschenko (Ly) Y Reynolds (Re)) como se muestra en las curvas de la figura 6.

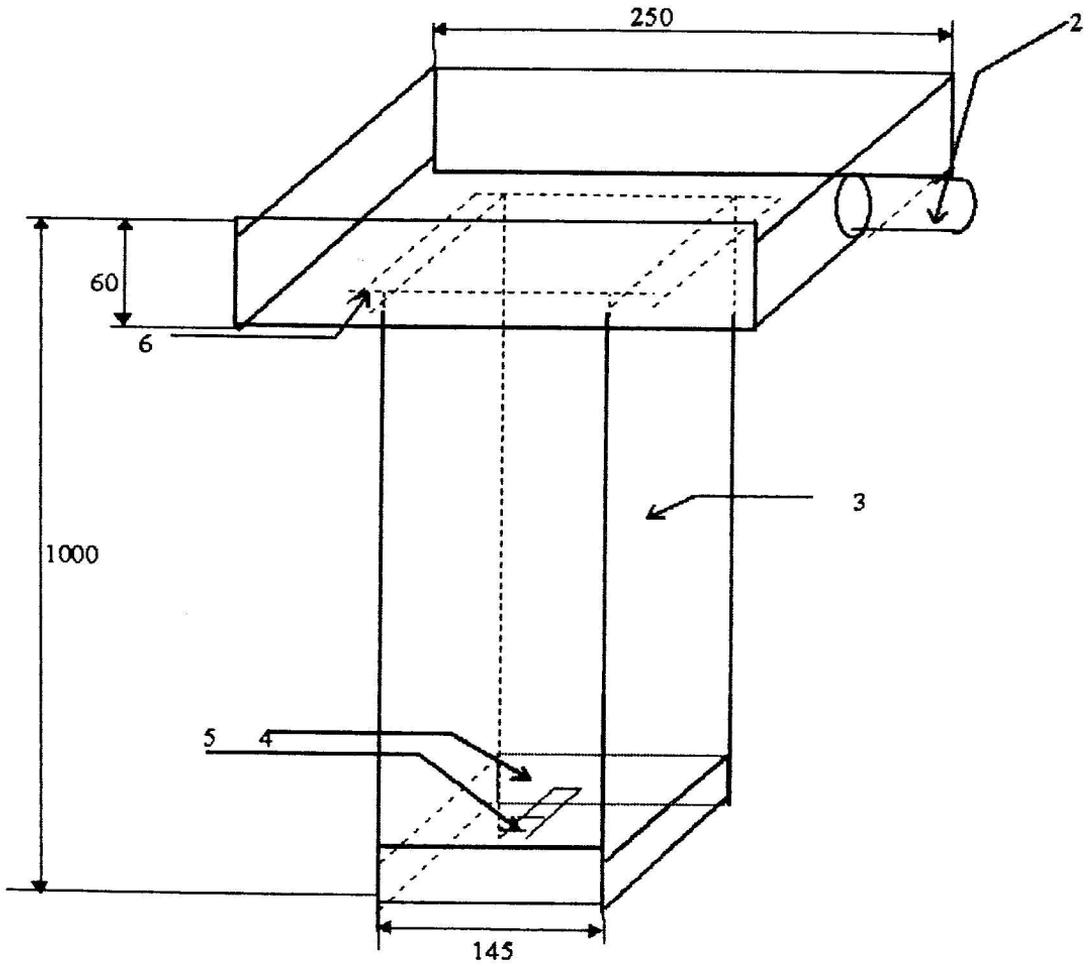


fig.6 Torre de precipitación.

Donde:

- 1- Cámara de polvo.
- 2- Plataforma para la colocación de polvo.
- 3- Tubo de longitud.
- 4- Soporte .
- 5- Porta objeto.
- 6- Tabique.

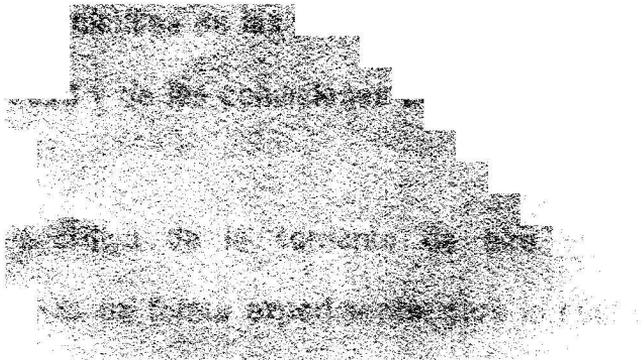
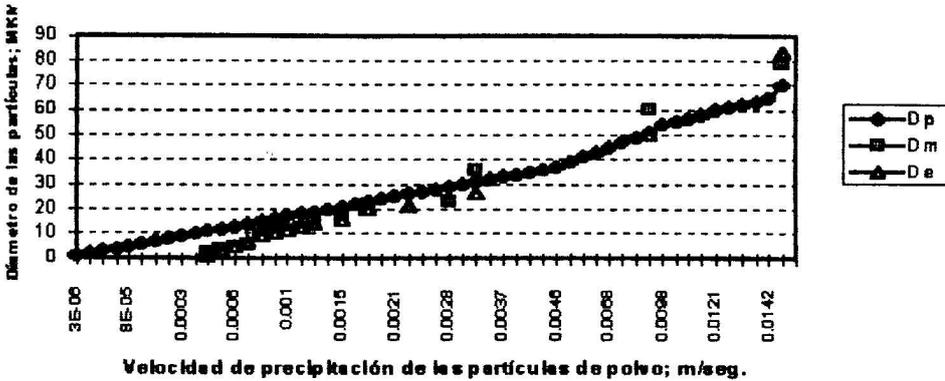


Gráfico de la relación diámetro de las partículas y la velocidad de precipitación



Se obtuvo la fórmula de cálculo de la velocidad de precipitación de las partículas de polvo de asfaltita en función del diámetro.

$$V_{\max} = 1,01 \cdot 10^{-4} d^2 ; m \cdot s^{-1}.$$

$$V_{\min} = 2,33 \cdot 10^{-6} d^2 ; m \cdot s^{-1}.$$

Donde:

d - diámetro de las partículas; μm .

- La velocidad crítica del aire que provoca la resuspensión del polvo precipitado

determinada de forma analítica por la expresión

$$V_{crit} = K \sqrt{\frac{39,22\sigma + 13,073d^2\rho}{\alpha d(K_s + K_f)}}$$

carece de uso práctico debido a que la determinación del valor de σ depende de las propiedades físico - químicas de las partículas y de la superficie de las excavaciones, de la humedad y de las condiciones de contacto, por lo que su valor es aproximado.

El valor de la velocidad crítica de la corriente de aire que provoca la resuspensión fue determinada de forma experimental para lo cual se diseñó y

construyó la instalación aerodinámica de laboratorio ver fig. 9 , para simular una excavación minera en la que se realizan las labores de carga.

La instalación aerodinámica de laboratorio construida representa un tubo de sección rectangular con un área de 0.025 m^2 , longitud 6 m, equipado con los siguientes medios e instrumentos como se puede ver en la figura 9 :

- 1) Motor del ventilador centrifugo.
- 2) Ventilador centrifugo.
- 3) Compuerta .
- 4) Tabique. 
- 5) Pulverizador.
- 6) Ventana para la toma de muestras.
- 7) Aspirador y porta filtro.
- 8) Anemómetros.
- 9) Soportes.
- 10) Filtros para captar polvo.
- 11) Porta objetos para captar polvo.
- 12)Tubo dela instalación.

Los resultados obtenidos se dan en las tablas [4 , 5].

Tabla 4 Resultados de la observación visual:

Velocidad del aire m.s. ⁻¹	Movimiento de las partículas de polvo	Superficie del polvo en la plataforma	Partículas en el porta objeto Ubicación N.P.P.cm ²	Humedad del polvo %	
0,2	no se observa	invariable	-	0,68	
0,3	no se observa	invariable	-	0,68	
0,4	no se observa	invariable	cuadriculas centrales	1-2	0,68
0,5	se observa con dificultad	poca variación	cuadriculas centrales	12	0,68
0,6	se observa con dificultad	poca variación	cuadriculas centrales	13	0,68
0,7	se observa la salida de partículas	poca variación	cuadriculas centrales	15	0,68
0,8	salida continua de partícula	variación de la superficie en los taludes	cuadriculas centrales	18	0,68
0,9	salida continua de partículas	variación de la superficie en los taludes	parte central del porta objeto	28	0,68
1,0	salida continua de partículas	cambios discretos en los taludes laterales y frontal	por todo el porta objeto	72	0,68
1,2	salida continua de partículas	ranuras en los talud frontal.	Gran cantidad de partículas en todo el porta objeto	138	0,68
1,5	salida continua y rápida de gran numero de partículas	rápida aparición de ranuras en el talud frontal y en la superficie	gran cantidad de partículas en todo el porta objeto	290	0,68
1,8	salida de gran cantidad de partículas	variación de la geometría y volumen del montón de polvo	gran cantidad de partículas en todo el porta objeto	642	0,68
2,0	salida rápida de gran cantidad de partículas	variación rápida de la geometría y volumen del montón de polvo	gran cantidad de partículas en todo el porta objeto	>1000	0,68
5,1	no se observa la salida de partículas	no varia	no se observa	70	

Tabla. 5 Resultados y Condiciones de resuspensión

V m.seg⁻¹.	Np.Cm⁻²	Dp μm	Wp %	Wa %	Ta °c	P hPa
0,5	12	5 a 10	0,68	80	27	1010
0,6	13	5 a 18	0,68	80	27	1010
0,7	15	5 a 25	0,68	80	27	1010
0,8	18	10 a 30	0,68	80	27	1010
0,9	28	10 a 40	0,68	80	27	1010
1	72	10 a 40	0,68	80	27	1010
1,2	138	5 a 50	0,68	80	27	1010
1,5	290	5 a 63	0,68	80	27	1010
1,8	642	1 a 63	0,68	80	27	1010
2	mas 1000	1 a 63	0,68	80	27	1010
5,1	0	0	70	80	27	1010

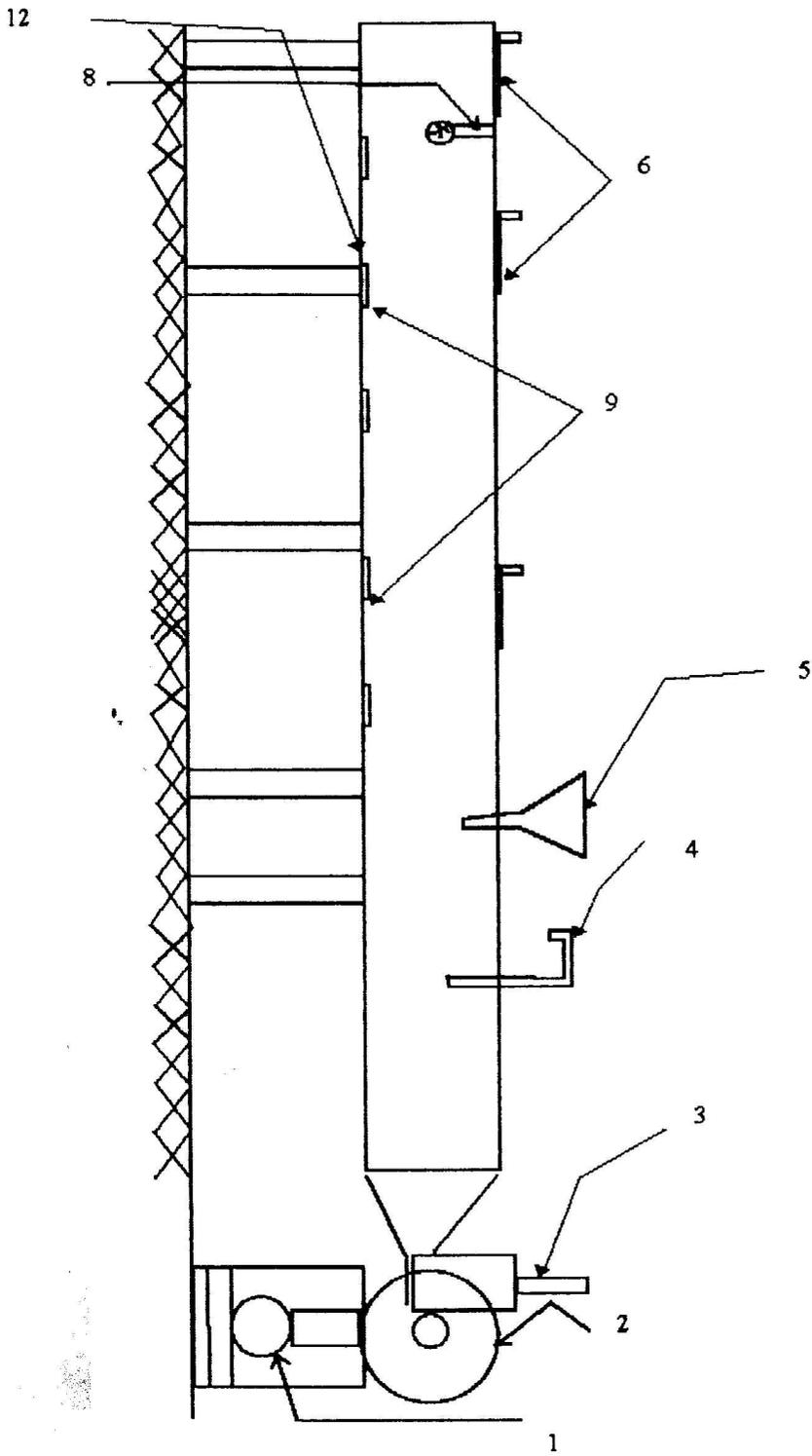
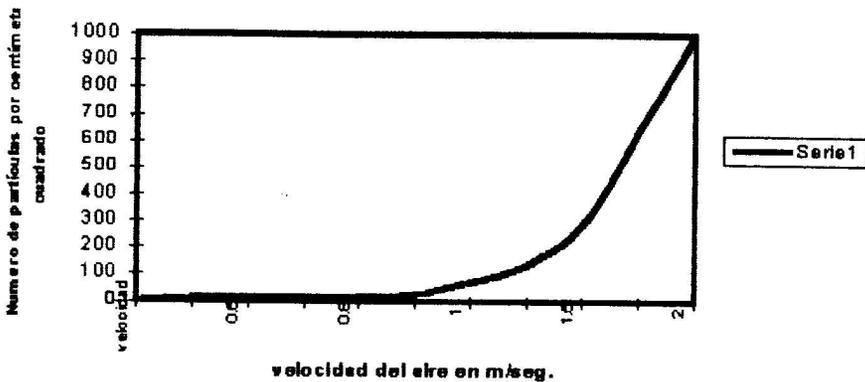


Fig 9 INSTALACION AERODINÁMICA

velocidad crítica



Los resultados indican que:

La velocidad del aire que provoca la resuspensión es la que supera los $1,8 \text{ m.s}^{-1}$ cuando el polvo de asfaltita tiene humedad natural igual a $0,685\%$.

La velocidad del aire superior a 2 m.s^{-1} no provoca la resuspensión cuando el mineral está húmedo (mojado).

- En la determinación de la velocidad crítica de la corriente de aire que provoca la precipitación de las partículas de polvo en suspensión se utilizó el método experimental en condiciones de producción y en el laboratorio, se obtuvo que:

- La distribución de la concentración de polvo según la altura y longitud de las excavaciones tiene un carácter no estacionario decreciente desde la fuente hacia los puntos alejados de ésta, lo que se comprobó en las investigaciones de laboratorio.

- La velocidad de la corriente de aire que garantiza la rápida separación del polvo en suspensión es la que está en el rango de 1 a $1,5 \text{ m.s}^{-1}$.

Capítulo IV: Métodos y medios de lucha contra el polvo de asfaltita.

Del análisis de los métodos de lucha y control del polvo tomando en consideración las características estudiadas del polvo de asfaltita, las condiciones de la mina y la tecnología de explotación, se llegó a la conclusión de que los más factibles de aplicar a los yacimientos de asfaltita son:

- La ventilación antipolvo.
- El método húmedo (rociadura con agua).
- El perfeccionamiento del método de explotación.

Para la ventilación antipolvo se recomienda ventilar los frentes de arranque en los bloques con chorros de aire a compresión, con velocidades que oscilen entre 1 y $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, lo que se suministra un caudal de $9 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ y en los frentes de las excavaciones en laboreo la velocidad del aire será de $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Las soluciones de la ventilación forman parte del proyecto elaborado por el autor y un colectivo de ingenieros.

Para el empleo del método húmedo, mediante la rociadura con agua. Esta se realizará en los frentes de arranque para atenuar la formación de los aerosoles y acelerar la precipitación del polvo, lo que permitiría mantener el mineral arrancado que se acumula en las plataformas y piqueras en estado húmedo mejorando de esta manera las condiciones de trabajo en los frentes de carga.

En la figura 10 se dan los parámetros de diseño del rociador que puede ser construido con materiales en desuso en la mina.

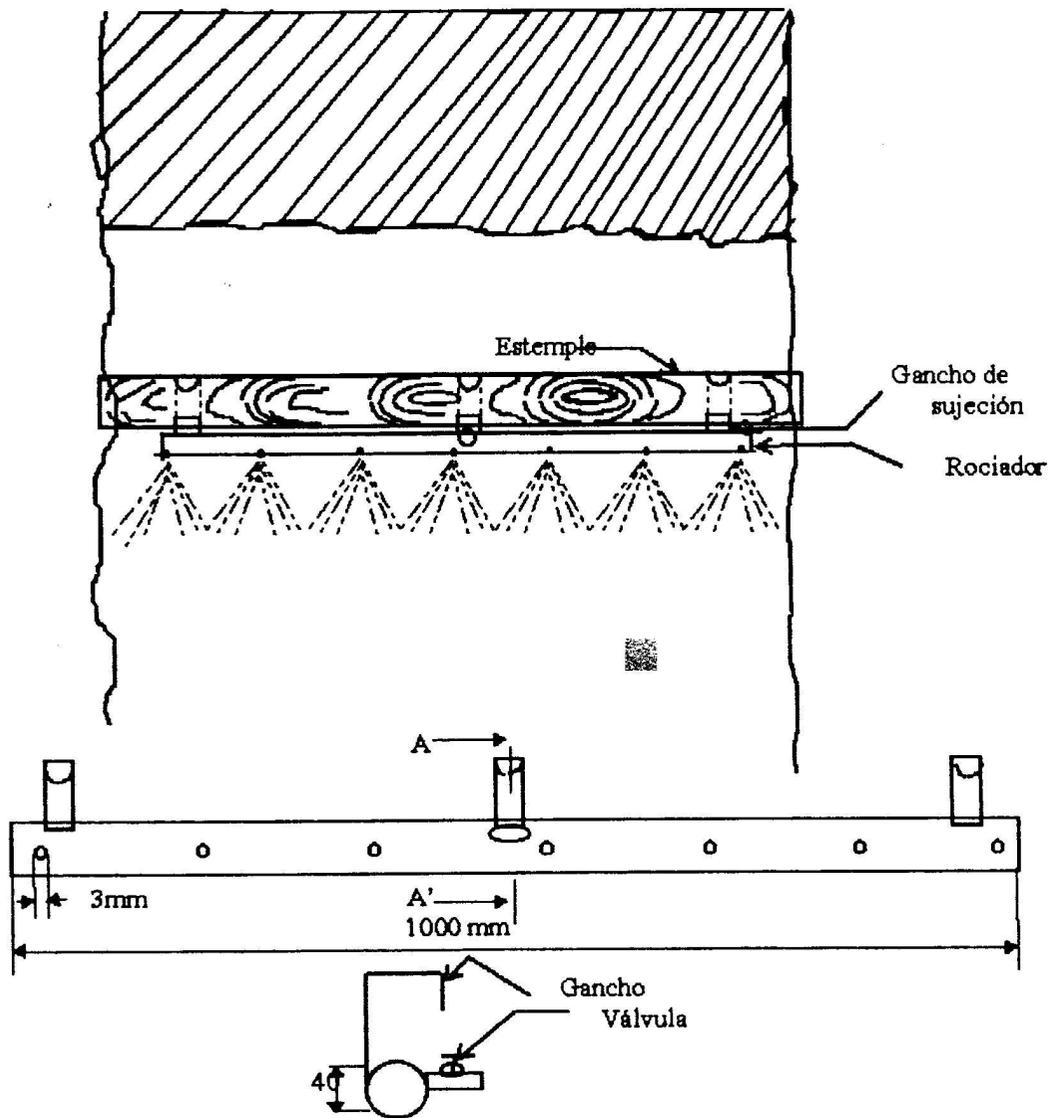


fig 22 Esquema de rociadura del frente de arranque.

En el perfeccionamiento del método de explotación se propone realizar el arranque por testers con el arrastre del mineral por el minado antiguo por gravedad, con la salida a través de piqueras, como se indica en el proyecto de explotación.

Conclusiones:

- 1) El estudio de las condiciones de trabajo en la mina Crispín dio como resultado que la atmósfera se encuentra afectada principalmente por el polvo de asfaltita registrándose concentraciones de $1\ 822\ \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- 2) Los parámetros climáticos de la Mina Crispín están caracterizados por valores de la humedad relativa de 96 a 100 % considerados elevados, la temperatura oscila de 21 a 26 °c.
- 3) El método de explotación empleado en la mina Crispín presenta numerosas condiciones de riesgo para el trabajo. Además las condiciones higiénico - sanitarias no son las adecuadas.
- 4) De la caracterización de la asfaltita se determinó sus principales propiedades entre las que señalamos :

La densidad $\rho = 1,1339\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

La humedad que presenta el mineral es 0,685 ,esto permite considerarlo como cuasi seco .

El ángulo de las interfases es $43^{\circ}\ 25'\ 12''$, por lo que la asfaltita es parcialmente hidrófila.

De la caracterización de la dispersión del polvo de asfaltita se obtuvo que las fracciones más abundantes están en el rango de 1 a 20 μm . Además los aerosoles formados son polidisperso.

La forma de las partículas de polvo es irregular , en forma de láminas o de escamas muy finas.

- 5) Las instalaciones diseñadas y construidas así como el método experimental empleado para el estudio de la dinámica del polvo de asfaltita permitió obtener resultados satisfactorios y confiables por lo que la metodología propuesta

puede servir para otras investigaciones relacionadas con la formación de polvo durante los trabajos mineros.

6) Las partículas de polvo de asfaltita de granulometría menor de $13 \mu\text{m}$ precipitan en régimen laminar mientras las de mayor granulometría lo hacen en régimen turbulento. Se propone para el cálculo de la velocidad de precipitación la fórmula de Stokes corregida por el autor.

$$V_{\text{max.}} = 16,27 \frac{\rho d_p^2}{\mu}$$

$$V_{\text{max.}} = 0,38 \frac{\rho d_p^2}{\mu}$$

7) De análisis conjunto de la velocidad crítica del aire para la resuspensión del polvo precipitado en las excavaciones y de la velocidad crítica para la precipitación del polvo en suspensión se obtiene la velocidad necesaria de la corriente de aire para la ventilación de las excavaciones con polvo de asfaltita oscila en el rango de 1 a $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

8) Los métodos factibles de aplicar en la lucha contra el polvo de asfaltita en la mina Crispín son:

a) perfeccionamiento de la tecnología de arranque (perfeccionamiento del método de explotación), se el proyecto.

b) el empleo de la ventilación despolvorizante.

c) la rociadura con agua del mineral arrancado.

9) La ventilación se realizará en los frentes de arranque de forma descendente con una velocidad máxima de la corriente de aire de $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y en las excavaciones preparatorias con el esquema soplante con una velocidad máxima de la corriente de $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ según lo establecido en el proyecto de ventilación.

10) La rocladora diseñada por el autor se caracteriza por su flexibilidad y comodidad de explotación y fácil construcción, pudiéndose utilizar para ello materiales en desuso.

Recomendaciones.

- 1) Continuar el estudio de las propiedades del polvo de asfaltita en lo referente a la posibilidad de formar mezclas explosivas en ambiente que sean más desfavorables que los actualmente estudiados.
- 2) - Generalizar los métodos de lucha contra el polvo propuestos en otras minas del país que presenten condiciones en las que se desprenda polvo durante la realización de los diferentes trabajos.
- 3) - Profundizar en el estudio de las afectaciones que produce el polvo de asfaltita a la salud.

Bibliografía del autor.

1. **Watson Q. R. L. Recomendaciones para el mejoramiento de las condiciones Higiénico- sanitarias en la mina Crispín. II Simposio Internacional de Minería y Metalurgia "MINEMETAL'91" La Habana Cuba 1991.**
2. **Watson Q. R. L. Proyecto de explotación de la mina Crispín. Cuba 1992**
3. **Watson Q. R. L. Determinación de la mojabilidad de la asfaltita. Evento de la sociedad de Ingenierias de la Geociencias y Química. Holguín 1996. En edición en la revista Geología y minería.**
4. **Watson Q. R. L. Determinación de la velocidad optima del aire para la ventilación de la mina Cripin. Evento GOMIN'96 . Moa 1996**
- 5- **Watson Q. R. L. Metodología para el control de la contaminación con polvo de las excavaciones subterráneas. 15p. Inédito.**

BIBLIOGRAFIA.

1.) Alvarez. D. J. Enfermedades profesionales en Cuba. Edit. Científico Técnica. Ciudad de la Habana. 1987.
2.) Agoshkov. A. I. Dependencia de la polvoricidad del aire de la humedad en los diferentes procesos en las minas de potasio. Talin 1979 pag. 65-66. (Ruso).
3.) Agoshkov. A. I. "Investigación de medios y Métodos y lucha contra el polvo en la minas Stebnikovky. Gorni Journal. 1979 pag. 69 (Ruso).
4.) Airuni A. T. Slepsov E. M. Lucha contra polvo en minas de carbón . Moscú 1978 pag. 48.
5.) Afanaciev B. P. Y otros. Esquemas racionales de despolvorizacion en las operaciones de carga - transporte en excavaciones subterráneas en las condiciones de la Siberia. En la lucha contra la silicosis. Moscú "Nauka" 1977.
6.) Alekseev S. P. , Badin B. I, Trujanov K. A., Uchakov P. N. Protección del trabajo en la producción. Investigaciones y experimentos. Manual de Métodos. Nauka. 1976.
7.) Bacceb R. Y. Lucha contra el polvo en la carga del mineral. Rev. Protección del trabajo en la industria . No. 5, 1978, pag. 17 - 18.
8.) Baron L. I. Loguntsov B. M., Pazin E. Z. Determinación de las propiedades de las rocas . Editorial Estatal Científico Técnica de literatura minera. Moscú 1962
9.) Berkovich M. T. Buxman Y. Z. Polvos industriales. Sverdlovsk. Metalurgista 1960.
- 10.) Blanco T. R. Mecánica de roca. Edit. Oriente. Cuba 1981

- 11.) Bljarov I. I. "Investigaciones para los trabajos mineros" sobre la velocidad crítica de levantamiento de las partículas de polvo en una corriente de aire. Perle. 1967 pág. 135-138.
- 12.) Blkov A. M. "Métodos de lucha contra el polvo de carbón en las minas" Moscú Nedra 1968, 188 pag.
- 13.) Boot -Jones P. A., Annegarn H. J., Bluhm S. J. Filtration of underground ventilation air by wet dust-scrubbing. Third International mine ventilation congress, Harrogate, 1984
- 14.) Brenlaux J., Godofroy Y. Trabajo minero en ambiente caliente. 14 Congreso Mundial de Minería China 1990.
- 15.) Broderman J., Villoch F. Anfreu A. Boletín de montes y minas. Cuba 1943.
- 16.) Bunt H., Metcalf J.R. , Paursall B. R., Roberts A. " Dust in Mine Air", Mine ventilation. Edit. Roberts A. Cleaver-Hume press L. T. D. London 1960
- 17.) Burchakov A. C. Mascolenko E-M - Dinámica de los aerosoles en las excavaciones mineras. Nauka 1965.
- 18.) Cubaniquel. Breve estudio de la Asfaltita . Enero 1980.
- 19.) Chalanevich I. D., Sobatkoev M. M., Alborov I. O., Koreanov I. A. Erosión del polvo en la supercie de las excavaciones mineras . Rev. Protección del trabajo en la industria No. 4, 1986, pag. 39. (Ruso)
- 20.) Chadwich J. Nadwislanka and Rybniska. Mining Magazine. March 1996 pag. 167.
- 21.) Chadwich J. Coal extraction technology. Mining Magazine. 1991.
- 22.) Ellachevich M. G. Fundamentos de la teoría de flotación del carbón de piedra. Edit. Química. Moscú 1941 (Ruso).

- 23.) Fedorenko G., I. Kuprin A. I., Fedko A.S. Elevación de la efectividad en la supresión de polvo con rociadura Rev. Protección del trabajo en la industria No.1, 1984.
- 24.) Fernandez B. M. A. Demostración de un sistema de explotación con rozadora en capas inclinadas muy estrechas del área de Tareno - Valdesamario. Rev. Canteras, Explotaciones subterráneas. España 1995.
- 25.) Freskov M. I. Influencia de la temperatura del agua en la efectividad de la supresión de polvo con rociadura. Rev. Carbón. No. 8, 1984.
- 26.) Frolov M. A. Manual de Ventilación de minas; Parte IV. El polvo en las minas. Nedra, Moscú, 1988.
- 27.) Froger C., Courbon P., Koninta A. Dust- Landen airflow control applied to warker protection: scale model study of a steep seam warking. Third International mine ventilation congress, Harrogate, 1984. Pag. 215
- 28.) Galanievich I. D., Sabatkoev M. M., Alborov I. D. Derrubio del polvo en la superficie de las excavaciones mineras. Rev. Protección del trabajo en la industria. Abril 1986 Moscú Nedra.
- 29.) Garniev M. Froger C. Influencia del contenido de agua del carbón sobre la formación de polvo en las explotaciones mineras subterráneas. Aplicación en la lucha contra el polvo. Francia . IX. Congreso Mundial de Minería R.F.A. 1976.
- 30.) García A. Watson R. Proyecto de explotación de la mina Crispin. T. D. Moa 1991.
- 31.) García S. Watson R. Ventilación de la mina Crispin. T. D. Moa 1989.
- 32.) Gaudin A. M. Flotación Edit Macgraw Hill Book Company I. N. C. New York 1957.

- 33.) Cordón G. M. , Plesajov S. P. Control de la propagación del polvo en la Mina. Edit. Metalurgia, Moscú 1973.
- 34.) Gordon G. M. Plesajov I. L. Captación de polvo y purificación de gases en la metalurgia de menas no ferrosas. Edit. Mir Moscú 1981.
- 35.) Grif G. V. , Gorchachov S. P. Protección del trabajo en la industria del carbón. Nedra 1988.
- 36.) Guerrero D., Watson R. Trabajo de Diploma. Moa 1994.
- 37.) Informe Geológico del Yacimiento de Asfaltita Mariel. U. M. S.
- 38.) Ischuk I. G. Shtolts R. Supresión de polvo en fortificación de paneles andantes. Rev. Carbón 1983.
- 39.) Ischuk I. G. Estado actual y perspectivas de la lucha contra el polvo en minas de carbón . Rev. Protección del trabajo en la industria No. 1 1987.
- 40.) Jones E. H. , Kuti J. Dust and effect on longwall mining. Mining Magazine No. 8 1979
- 41.) Kirin B. F. Manual de ventilación de minas; parte IV Dinámica del polvo. Nedra Moscú 1988.
- 42.) Kirin B. F. , Tsurablev V. P. , Rischej. Lucha contra el polvo en las minas. Nedra Moscú 1983.
- 43.) Kochan V. N. Esquema de bloque de la probabilidad de la hidrollimpieza del polvo en el aire . Ventilación de minas. Leningrado 1987.
- 44.) Korenko B. V. Ventilación de minas. Nedra , Moscú 1969
- 45.) Kousov P. A. Fundamentos de análisis de la composición dispersa del polvo industrial y de materiales triturados. Edit. Química Leningrado 1987.

- 46.) Kuprianov V. V. Disminución de la concentración de polvo en los puestos de trabajo con la mecanización del arranque . Rev. Protección del trabajo en la industria 1987.
- 47.) Larionov V. R. , Ivanov V. V. , Chemizov E. N. Investigación de la cinética del mojado con agua del polvo de carbón congelado. Rev. Protección del trabajo en la industria 1983.
- 48.) Lijachev L. Y. Fundamentos del efecto de la turbulización de los aerosoles en el aplastamiento del polvo. Rev. Carbón No. 8 1984.
- 49.) León Y. T. , Watson R. Proyecto de ventilación de la mina Crispin. T. D. Moa 1991.
- 50.) López D. y Otros. Reglamento de Protección e higiene del trabajo y técnicas de seguridad de minas y canteras. U. M.S. 1990.
- 51.) Medvedev I.I. , Krasnochtien A. E. Lucha contra el polvo en las minas de potasio. Nedra, Moscú. 1977.
- 52.) Menyailo N. I., Grischenko V. S. Valor de la técnica y tecnología en el laboreo de excavaciones por el factor polvo. Rev. Construcción de minas No. 3 1981.
- 53.) Miranda G. J. R. Apuntes para el libro de texto " Aerología de minas", Departamento de Minería. I.S.M.M. Moa 1992.
- 54.) Murray R. S. Teoría y problemas de estadística, Ciencia y técnica I.C.L. La Habana 1971.
- 55.) Pavlov K. F. , Romnchov P. G. , Neskov A. A. Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas y aparatos en tecnología química. Mir Moscú. 1981.

- 56.) Pozdnakov A. G., Kirin B. F. Vorrizova E. I., Ontiev E. I., Gubailobski A. G., Ichuk I. G. Y otros Manual para la lucha contra el polvo en las empresas de extracción de minerales . Nedra, Moscú 1982.
- 57.) Pretujln P. M. , Kochan B. N. Sepgueer B. C. Neceplaev M. I. Prevención de explosiones de polvo en las minas de extracción de minerales. Nedra , Moscú 1982.
- 58.) Prieto F. S. Temperatura y Humedad. Ventilación . Curso de medicina del trabajo. Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana 1984.
- 59.) Quintana J., Watson R. Estudio de las propiedades del polvo de asfaltita. T. D. Moa 1992.
- 60.) Razumov K. A. enriquecimiento de minerales por flotación . Edit. Vneshtorgizdat Moscú 1981.
- 61.) Rivero T. O. , Grimón H. A., Pileta B. G. Proyecto de apertura y explotación de la mina Crispin. T. D. Moa 1987.
- 62.) Rodríguez R. K. Watson R. Estudio de las propiedades del polvo de asfaltita. T. D. Moa 1994.
- 63.) Rubenko K. G. , Shemajanov M. M. Eliminación de la humedad y el polvo. Edit. Pueblo y educación, Ciudad Habana 1989.
- 64.) Sanchez L. E. " Control de la contaminación del aire." Aspectos Geológicos de protección ambiental. Volumen I . UNICAMP. UNESCO 1995.
- 65.) Uchakov K. Z., Burchakov A. C., Luchkov L. A., Medvedev I. I. Aerología de las empresas mineras. Nedra, Moscú 1987.
- 66.) Uspenskay L. B. Matemática estadística en la técnica de ventilación Moscú. Strizdat 1980.

- 67.) Umantsev R. F. , Shurlnoba M. FG. , Osodoev M. T. Elevación de la efectividad de la hidroeliminación de polvo en el arranque. Rev. , Carbón No. 3 1987..
- 68.) Viña B. S., Gregorio T. E., Arron M. Y., Fernández G. C. Manual de laboratorio de la Protección e Higiene del trabajo. Pueblo y Educación , Ciudad de la Habana 1987. Pag. 14-18
- 69.) Vorisova V. M. Beneficio de las menas de materia prima minero-química. Edit. Gosjmi. Moscú 1950.
- 70.) Watson Q. R. L., Blanco T. R., Guerrero A. D. Metodología para la determinación de la humectabilidad de la asfaltita. Evento de la sociedad de geociencias. Holguín 1966.
- 71.) Watson Q. R. L., Blanco T. R. ,Pileta B. G., Rivero T. O. Recomendaciones para el mejoramiento de las condiciones higiénico -sanitarias en la mina Crispin. II Simposio Internacional de minería y metalurgia "MINIMETAL'91". La habana Cuba 1991.
- 72.) Watson Q. R. L., Blanco T. R., Pileta B. G., Martínez A. Proyecto de explotación de la mina Crispin. Cuba 1992.
- 73.) Watson Q. R. L., Blanco T. R. Determinación de la velocidad optima del aire para la ventilación de la mina Crispin. Evento Geomin '96. Moa 1996.
- 74.) Williams F. T. M. Sc. "The mine climate" Mine Ventilation. Edit. Roberts A. Cleaver-Hume Press. L.T.D. London 1960.
- 75.) Zamora R., Watson Q. R. Proyecto de explotación a cielo abierto del yacimiento de asfaltita Mariel. T. D. ; I. S. M. M. Moa 1992.