

APLICACIÓN DE MODELOS DE DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ELABORACIÓN DE PLANES DE ACCIÓN LOCALES PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE Y ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL: ESTUDIO DE CASO

Montes de Oca, L.*, Rodríguez, R.*, Pierra, A.*, Cuesta, O.***, Tricio, V.***

*Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. **InsTEC e Instituto de Meteorología, Cuba. ***Universidad de Burgos, España

RESUMEN

Con los crecientes problemas de contaminación y el énfasis dado a las normas de calidad del aire en los últimos años, en los países en vías de desarrollo los modelos de dispersión están cada vez más usados en evaluaciones de impacto ambiental, así como para apoyar la elaboración de planes de acción locales para mejorar la calidad del aire. Estos modelos fueron desarrollados y se han usado en países industrializados y pueden ser útiles en países en vías de desarrollo. Sin embargo, su uso puede requerir de una adaptación o calibración de acuerdo a la topografía y patrones meteorológicos propios del lugar y condiciones bajo las que son utilizados. A partir de los resultados obtenidos de la revisión de los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos en EsIA como apoyo en los planes de acción locales para mejorar la calidad del aire en Cuba, se ha analizado un estudio de caso como el de Moa, con topografía y patrones meteorológicos propios del lugar. En este trabajo se ha implementado la Propuesta de Guía para realizar los estudios de dispersión local de contaminantes gaseosos y particulados en el procedimiento de los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) asociados a los planes de acción locales para mejorar la calidad del aire en Cuba, con el objetivo de asegurar que el uso de los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos sea justificado y se aplique correctamente. Esto requiere, por una parte, implementar y mantener procesos que desarrollen el conocimiento y competencia en evaluadores, analistas y tomadores de decisiones acerca del estado del arte en cuanto a la modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos.

INTRODUCCIÓN

En el artículo descriptivo del estado del arte de la modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos en Cuba (Montes de Oca, et al., 2008), se plantea que debido a la importancia que tiene la modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos se ha propuesto una Guía (Turtsos et al., 2004) para la aplicación de estos modelos en nuestro país con el fin de lograr que los estudios locales de calidad del aire presenten mayor rigor y estén a la altura del estado del arte internacional, dado que la normativa cubana que trata el tema, en lo referente a los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos, no ha cambiado en los últimos 20 años y no refleja los últimos avances de la ciencia en la modelación de la dispersión. La Guía propuesta proporciona la visión necesaria en los enfoques de modelación recomendados y la consistencia en los métodos de modelación. También se propone aprovechar toda la experiencia adquirida en el país en el uso del modelo de Berlyand (NC 93-02-202, 1987), tanto para estimar las concentraciones instantáneas como los promedios diarios, dándole su lugar en el esquema de evaluación por niveles, específicamente en los niveles de sondeo (Montes de Oca, et al., 2008). La Guía recomienda el uso de los modelos SCREEN3 y Berlyand para análisis de sondeo, en este caso específico ilustraremos su aplicación como parte de un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) de un nuevo Proyecto de Explotación Minero Metalúrgica, para ello fueron necesarias 2 etapas, tomando en consideración los diferentes factores regulatorios que inciden sobre el Proyecto, una primera etapa en la que se emplea el procedimiento de modelación recomendado por los lineamientos del Banco Mundial para estos casos (WORLD BANK GROUP, 1998), teniendo en cuenta que el EsIA es parte integrante del Estudio de Factibilidad Banqueable que se debe presentar a los grupos financieros internacionales y una segunda etapa en la cual se aplican los requisitos regulatorios de la normativa cubana (NC 39:1999), orientado a su presentación a la Autoridad Ambiental de la República de Cuba para tramitar los permisos y licencias de rigor.

Figura 1. Vista de la planta actual, mostrando las chimeneas existentes y un esquema de las nuevas instalaciones mostrando las chimeneas proyectadas



Las concentraciones instantáneas de SO₂ en la zona de estudio varían entre 1.9 y 168.5 µg/m³ promedio de 24 horas, mostrando una amplia zona con valores inferiores a 20 µg/m³ desde la ubicación de la futura planta de procesamiento del proyecto, hacia el W. Teniendo en cuenta el patrón de distribución que siguen las concentraciones de SO₂ en el área de influencia directa de las emisiones de la planta (definida por un radio del orden de 5 km alrededor de la planta) se considera adecuado escoger el valor de 20 µg/m³ como el más representativo de la concentración de fondo para el área en cuestión

Características de las fuentes emisoras

La siguiente tabla contiene todos los datos necesarios para caracterizar físicamente las 3 principales fuentes de emisión del proyecto y los regímenes de operación para cada chimenea. Cada fuente ha sido modelada para la situación de plena carga. Para las chimeneas del sistema de tratamiento de emisiones secundarias y el de los silos de almacenamiento que incluye la planta de trituración y la de aglomeración no fueron suministrados los datos de las emisiones.

Tabla 1. Características de las fuentes emisoras

Parámetro	Unid.	Nombre / Código				
		Secaderos	Hornos de Reducción	Horno Eléctrico	Emisiones Secund.	Silos
Altura de la Chimenea	(m)	140	120	80	30	80
Diámetro Interior	(m)	6	5	1,2	3	3
Velocidad de salida de los gases (EPA)	(m/s)	4,9	1,4	28,8		
Temp. del Efluente	(K)	410,0	610,0	586,0		
Caudales Másicos de SO ₂ Fuel oil (bajo S)	(g/s)	5,8	3,5	6,6		
Caudales Másicos de Material Particulado	(g/s)	2,0	0,3	0,3		

ETAPA I. Proceso de evaluación usando modelo regulatorio de análisis de rejilla según las guías del Banco Mundial

El modelo a utilizar para el análisis de sondeo es el SCREEN3 recomendado por el WORLD BANK GROUP (Pollution Prevention and Abatement Handbook, Effective July 1998) el mismo está descrito en la versión de (EPA 450/4-9-006, Modeling Guideline, and EPA 454/R-92-019, Screening Procedures for Stationary Sources) actualizada a la fecha de realización del estudio, la versión del programa utilizada (versión fechada 96043) fue obtenida en (www.ttn.epa.gov/scram).

Figura 2. Resultados de la modelación para la planta de secaderos asumiendo la meteorología de peor caso

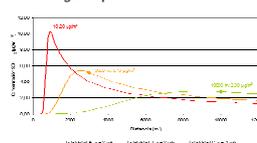
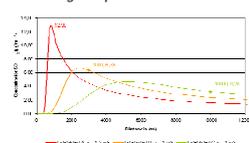


Figura 3. Resultados de la modelación para la planta de hornos de reducción asumiendo la meteorología de peor caso



Suma del impacto debido a todas las fuentes

Del análisis de cada una de las fuentes individuales podemos concluir que la chimenea de secaderos es la que menor concentración a nivel de suelo produce y la que peores condiciones de dispersión tiene es la del horno eléctrico produciendo las mayores concentraciones a nivel de suelo de todo el conjunto de fuentes. Para las condiciones meteorológicas de peor caso modeladas según los requerimientos regulatorios de la USEPA se obtiene una concentración media máxima de 58,6 µg/m³ (promedio para 24 horas) al superponer las contribuciones individuales de las fuentes del proyecto al fondo estimado para la zona de influencia del modelo (Fig.2). Este valor máximo excede a la CMA de 50 µg/m³ prevista en la norma cubana (NC-93-02-202). Esta concentración está calculada sobre la base de criterios conservadores, dado que las concentraciones máximas individuales de cada fuente no se alcanzan exactamente para las mismas condiciones meteorológicas, la zona de impacto se produce en un intervalo de distancias entre los 600 – 900 m a partir de la fuente en la dirección del viento.

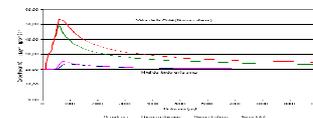


Figura 4. Resultados de la suma de las concentraciones máximas debidas a todas las fuentes asumiendo la meteorología de peor caso

ETAPA II. Cálculo de las concentraciones de SO₂ provocadas en la atmósfera por las instalaciones del Proyecto de Ferroniuel y de la zona de protección sanitaria

La metodología de los cálculos de la dispersión que aparecen a continuación constituyen un instrumento directo para la evaluación de las diferentes alternativas de solución de las expulsiones de contaminantes a través de las chimeneas del proyecto con ajuste a las exigencias higiénico sanitarias previstas en la normativa cubana. La misma es aplicable en instalaciones localizadas en regiones llanas o poco accidentadas. Los valores calculados de las concentraciones de sustancias contaminantes se suponen a sotavento de las fuentes contaminantes en la capa de aire cercana a la superficie terrestre y formados bajo condiciones meteorológicas desfavorables. Los cálculos de la dispersión de las emisiones de las principales fuentes del proyecto fueron realizadas según el procedimiento de cálculo establecido en la NC 93-02-202 (Sección 5) usando tablas dinámicas programadas en MS EXCEL, los resultados obtenidos se presentan a continuación utilizando el formato propuesto en el Apéndice I de dicha norma.

Figura 5. Concentraciones máximas para la agrupación de chimeneas calculado por la NC asumiendo las condiciones meteorológicas más desfavorables

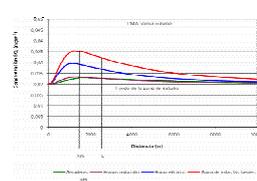


Figura 6. Radio de Protección Sanitaria

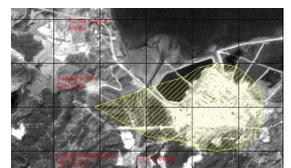
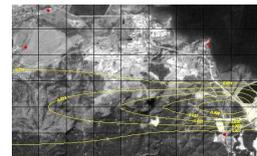


Figura 7. Representación de la distribución de los campos y valores del SO₂



Modelación de la emisión y dispersión de partículas en la mina

Estudios desarrollados o patrocinados por la EPA, han sido ampliamente utilizados como la fuente más confiable de estimación de factores de emisión de los principales contaminantes del aire para diversas actividades industriales. En el presente estudio se analizaron los factores de emisión de las principales actividades ligadas a la extracción de mineral. El principal contaminante emitido por el tránsito de vehículos en caminos no pavimentados es el material particulado. Las partículas se colocan en suspensión en el aire luego de cada pasaje de vehículo y en función de su granulometría, humedad y ocurrencia de vientos, será transportada a distancias variables. La siguiente expresión se aplica a la emisión de material particulado en caminos no pavimentados:

$$E = K \cdot 1,7 \left(\frac{S}{12} \right) \left(\frac{W}{48} \right) \left(\frac{W}{2,7} \right)^{0,75} \left(\frac{w}{4} \right)^{0,5} \left(\frac{365 - P}{365} \right) \quad (\text{kg / km recorrido})$$

donde:

- K: multiplicador de tamaño de partícula (no dimensional),
- s: tenor de limo (Q < 75 µm) del material de la superficie de la pista (%)
- S: velocidad media del vehículo (km/h),
- W: peso medio del vehículo (t),
- w: número medio de neumáticos,
- p: número de días al año con precipitación pluviométrica por encima de 1 mm.

En algunas situaciones, como en el caso de los caminos mineros, el problema de la contaminación se puede modelar como una fuente lineal, continua de emisión infinita. Cuando la dirección del viento es normal a la línea de emisión, la concentración a nivel del suelo en la dirección del viento está dada por:

$$C(x,0) = \frac{2Q}{(2\pi)^{1/2} \sigma_x \sigma_y} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{h}{\sigma_z} \right)^2 \right]$$

Figura 8. Concentración de Polvo en Suspensión (Velocidad del Viento 1m/s)

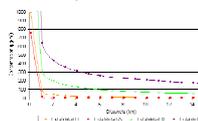


Figura 9. Concentración de Polvo en Suspensión (Velocidad del Viento 4,5 m/s)

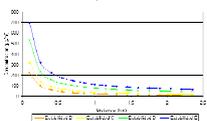
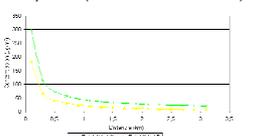


Figura 10. Concentración de Polvo en Suspensión (Velocidad del Viento 8m/s)



Conclusiones

- En este estudio de caso se ratifica que, por la importancia que tienen los trabajos relacionados con la dispersión de contaminantes en la atmósfera aplicados a los Estudios de Impacto Ambiental, se debe continuar asumiendo las características teóricas y prácticas de cada uno de los modelos más adecuados para su aplicación en base al objetivo requerido en cada estudio específico.
- Se ratifica la utilidad metodológica de la Guía propuesta para realizar los estudios de dispersión local de contaminantes gaseosos y particulados.
- Se toma como válida la recomendación de continuar trabajando en el marco del proyecto AECI las tareas de asimilación y de preparación y/o modificación de programas auxiliares, con el objetivo de valorar el posible uso del AERMOD para los estudios detallados a escala local.
- Dado que la principal dificultad para el uso del AERMOD es que necesita datos de aire superior y actualmente en Cuba no se realizan estas mediciones deberán desarrollarse metodologías aproximadas que permitan su uso.

Bibliografía consultada

1. Medidas sobre la Protección del Medio Ambiente" correspondiente a un área de 12 x 8 = 100 km² en la cual se encuentran ubicadas las fábricas "Las Camarónas" y "Punta Gorda", así como los poblados de Moa y Punta Gorda respectivamente, elaborado por el Instituto Estatal de la URSS para la proyección e Investigación Científica "GUIPROMIQUEL".
2. Comité Estatal de Normalización, 1987: NC-93-02-202: Requisitos Higiénico sanitarios: Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria.
3. U.S. Environmental Protection Agency, 1995: SCREEN3 Model User's Guide, EPA document EPA-454/B-95-004. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
4. WORLD BANK GROUP, 1998: Pollution Prevention and Abatement Handbook.
5. Pierra, A., I. Casals y L. Montes de Oca (2004): Modelación de emisiones de partículas debidas al transporte de mineral en minas a cielo abierto. En www.cubasci.org/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar/HTML/articulos/05.htm -358-
6. Turtsos L., Meneses R., Díaz Rivero N., Roque A., Álvarez L., Soltura R., Cuesta, O. Collazo, A. Álvarez, O. Pire, S. Martín, S. Molina, E. Padrón, A. y Rabelo, L. (2004): Propuesta de Guía para realizar los estudios de dispersión local de contaminantes gaseosos y particulados. Informe Técnico, Cubaenergía, La Habana, Cuba.
7. Montes de Oca, L., Rodríguez, R., Pierra, A., Cuesta, O., Tricio, V. (2008). Planes de acción locales para mejorar la calidad del aire y estudios de impacto ambiental apoyados en modelos de dispersión atmosférica. CONAMA 9. Madrid, España.