

**Uso del ISC3 como Modelo de Dispersión  
para Estimar las Concentraciones De PM<sub>10</sub>**

En la actualidad existen numerosos modelos para simular los efectos de diversos tipos de emisiones (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Material Particulado, etc) liberadas al medio ambiente producto de las distintas actividades humanas, la existencia de estos modelos es un intento para estimar de forma cuantitativa los efectos de las emisiones liberadas por las distintas fuentes emisoras y así facilitar la predicción del impacto correspondiente.

De todos los modelos actualmente disponibles en el mercado son pocos los reconocidos por instituciones de prestigio y relevancia internacional como las oficinas encargadas al medio ambiente de las principales naciones. El grupo de modelos reconocidos por estas agencias y además recomendados se reduce a uno pocos, así tenemos que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) muestra preferencia y recomienda el uso de los siguientes Modelos de Dispersión para Calidad del Aire:

<b>BLP</b>	(Bouyant Line and Point Source Model)
<b>CALINE3</b>	
<b>CTDMPLUS</b>	(Complex Terrain Dispersion Model Plus Algorithms for Unstable Situations)
<b>OCD</b>	(Offshore and Coastal Dispersion Model)
<b>CALPUFF</b>	
<b>ISC3</b>	(Industrial Source Complex Model)

Si bien es cierto que todos tienen la aprobación y recomendación de la EPA para modelar la dispersión de emisiones, cada uno de los modelos mencionados tiene un uso preferente ante situaciones específicas debido a sus características, por ejemplo:

El **BLP** es un modelo de dispersión gaussiano y se emplea básicamente para modelar fuentes puntuales y lineales con empuje térmico en sus emisiones. Este modelo se emplea básicamente en actividades industriales específicas. Su uso queda descartado para nuestro propósito ya que en éste modelo no se consideran las fuentes emisoras volumétricas ni de área (varias fuentes emisoras para el caso de la Planta de Sulfuros de Cerro Verde son modeladas como una sola área emisora).

El **CALINE3** es un modelo de dispersión gaussiano para estado estable y se emplea con la finalidad de modelar el grado de polución y la calidad de aire en torno a vías de transporte. Es utilizado con frecuencia en el planeamiento de vías rápidas (highways) en terreno complejo. Por su finalidad, su uso queda descartado para nuestro propósito.

El **CTDMPLUS** es un modelo de dispersión gaussiano para condiciones estables y terrenos complejos. Este modelo considera fuentes puntuales por lo cual también queda descartado su uso para nuestro propósito.

El **OCD** es un modelo de dispersión gaussiano desarrollado para determinar el impacto de fuentes ubicadas costa afuera (de distintos tipos de fuentes: puntuales, lineales o de área) sobre la calidad de aire de las regiones costeras. Su finalidad hace que quede descartado para nuestro propósito.

El **CALPUFF** es un modelo de dispersión lagrangiano que trabaja con estados estables y no estables simulando los efectos de las variaciones del viento con respecto al tiempo. Este modelo considera varios tipos de fuente y su estimación puede comprender hasta cientos de kilómetros, sin embargo por su relativa corta etapa de experimentación la EPA sigue alentando a los que desarrollaron éste modelo (Earth Tech) y a los investigadores en general para que se hagan más estudios de contraste entre el resultado de la simulación y la realidad para distancias mayores de 200 km y con condiciones de viento complejas. Por sus características, éste modelo es una alternativa a utilizar para la modelación de concentración de  $PM_{10}$  en el EIA realizado.

El **ISC3** es un modelo de dispersión gaussiano que trabaja con estado estable y para terrenos complejos. Considera una amplia gama de tipos de fuentes y de emisiones y trabaja tanto a largo como a corto plazo. Es el modelo con uso más extendido en la modelación de concentración de  $PM_{10}$  por lo que también es considerado como una alternativa a utilizar en el estudio realizado.

Otro modelo bastante empleado para modelar calidad de aire es el AERMOD, sin embargo éste modelo utiliza como base el ISC3 y le añade una plataforma gráfica para facilitar su uso, sin embargo los resultados son los mismos que los obtenidos que por el ISC3, por lo que no es una alternativa a tomar en cuenta

#### **Características del lugar en estudio:**

El estudio consiste en modelar y estimar la concentración de material particulado  $PM_{10}$  generado por las diferentes actividades desarrolladas por la Planta de Sulfuros de la Sociedad Minera Cerro Verde. Por las características de la emisión de las actividades del proyecto y por las características meteorológicas (zona con bajo nivel de vientos, velocidad promedio anual = 2.1 m/s), se toma como área de influencia el área ubicada en un radio menor de 50 km.

**Cuadro Comparativo entre posibles alternativas:**

**CALPUFF y ISC3**

Criterio	Valoración	Puntaje CALPUFF (0-10)	Puntaje ISC3 (0-10)
Recomendado por una agencia medioambiental importante : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 recomendado por el EPA</li> <li>- 5 recomendado por alguna agencia</li> <li>- 0 sin recomendación.</li> </ul>	10 <sup>(a)</sup>	10	10
Experiencia de su uso y numero de estudios realizados (con su respectiva comparación con los resultados obtenidos en la práctica): <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10, se considera al modelo más empleado y con mas pruebas experimentales, en éste caso el ISC3.</li> <li>- 5, un modelo empleado en considerables casos.</li> <li>- Se califica con 0 a un modelo en prueba</li> </ul>	8 <sup>(b)</sup>	5	10
Aplicabilidad en terreno complejo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10, si se puede emplear para terreno simple o complejo</li> <li>- 5, si sólo se puede emplear en terreno simple.</li> </ul>	5 <sup>(c)</sup>	10	10
Aplicabilidad a diversos tipos de fuentes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10, si puede trabajar tanto con fuentes volumétricas, lineales, puntuales y áreas.</li> <li>- 7, si sólo puede trabajar con fuentes volumétricas, lineales, puntuales.</li> <li>- 5, si sólo puede trabajar con fuentes lineales, puntuales.</li> <li>- 2, si sólo puede trabajar con fuentes puntuales</li> </ul>	5 <sup>(d)</sup>	10	10
Radio de aplicación <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10, si hace aproximaciones con bastante precisión a distancias mayores de 120 km</li> <li>- 8, si hace aproximaciones con bastante precisión a distancias mayores de 80 km.</li> <li>- 6, si hace aproximaciones con bastante precisión a distancias mayores de 20 km.</li> <li>- 2, si hace aproximaciones con bastante precisión a distancias menores de 20 km.</li> </ul>	2 <sup>(e)</sup>	10	6
Aplicación para casos de condiciones de viento complejas. <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10, buen desempeño comprobado ante condiciones de viento complejas.</li> <li>- 5, desempeño no plenamente comprobado ante condiciones de viento complejas.</li> <li>- 0, mal desempeño ante condiciones de viento complejas</li> </ul>	2 <sup>(f)</sup>	5	10
Dificultad para utilizar el programa. <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10, sin muchas complicaciones</li> <li>- 5, algo complicado</li> <li>- 0, extremadamente complicado</li> </ul>	1 <sup>(g)</sup>	5	10
<b>Puntaje Total</b>		<b>275</b>	<b>322</b>

- (a) Se le da esa valoración debido a que para lograr que un modelo sea aceptado y recomendado por una agencia gubernamental de medio ambiente como la EPA, éste modelo debe cumplir con numerosas pruebas y exigencias que garantizan su confiabilidad.
- (b) Se le da ésta valoración ya que la exactitud y precisión de un modelo se determina al contrastarlo con la realidad, y a medida que el uso del modelo se extiende los casos reportados son mayores y el programa es actualizado corrigiendo sus puntos débiles y mejorando sus características.
- (c) Se le da ésta valoración debido a que un programa que modele sólo sobre terreno simple o plano es muy limitado y se restringe a sólo muy pocos casos.
- (d) La valoración otorgada se debe a que un modelo se asemeja más a la realidad si es que las fuentes son analizadas y aproximadas a una variedad de opciones, en nuestro caso estas opciones son: fuentes volumétricas, lineales, puntuales y de área.
- (e) En este caso, la valoración no es muy alta debido a que el área de influencia de la Planta de Sulfuros de la SMCV no exige gran alcance por parte del modelo. Además, de acuerdo al caso estudiado el estudio realizado por EPA en el cual compara al ISC3 y al CALPUFF queda entendido que ambos modelos muestran resultados muy similares para un radio de influencia menor o igual de 50 km (Bibliografía Principal N° 1).
- (f) La valoración en éste punto también es baja debido a que la zona presenta vientos bastante uniformes y con una velocidad promedio relativamente baja (2,1 m/s).
- (g) El CALPUFF necesita de otros 2 procesadores (El CALMET para procesamiento de los datos meteorológicos y el CALPOST para post-procesar la información obtenida del CALPUFF mientras que el ISC3 sólo necesita de la información meteorológica que puede ser procesada en Microsoft Excel y generar un archivo .dbf ó .txt. La simplicidad para modelar permite repetir el algoritmo en varias situaciones y con mayor número de variables, con mayor rapidez. Dadas las características del caso, en particular el alcance del CALPUFF para realizar estimaciones, dicho programa no justifica su complejidad ya que para ambos se obtienen resultados similares.

## **Conclusión**

Debido a las características del modelo y fundamentalmente por las características del proyecto (resultado que se ve representado en el cuadro comparativo) se eligió al modelo ISC3 para realizar el modelamiento de calidad de aire para la concentración de material particulado PM<sub>10</sub>.

## **Bibliografía Utilizada**

### Principales:

- 1) A Comparison of CALPUFF with ISC3, Office Air Quality – Planning and Standards, EPA-454/R-98-020 -EPA 1998.
- 2) ADEC Modeling Review Procedures Manual – Febrero 2004
- 3) Portal de internet del “Support Center for Regulatory Air Models” - EPA  
<http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm>

### Secundaria:

- 4) Abbot, P.F., Guidelines on the Quality Control of Surface Climatological Data, WMO, TD N° 111, 1986.
- 5) Filippov, V.V., Quality Control Procedures for Meteorological Data, WMO, P.R. N° 26, 1968.
- 6) Holzworth, G.C., Mixing Heights, Wind Speeds, and Potential for Urban Pollution Throughout the Contiguous United States, Office of Air Programs Ap-101, U.S.EPA, (NTIS PB 207 103), 1972.
- 7) U.S. Environmental Protection Agency. Guideline on Air Quality Models, Revised, (EPA-450/2-78-027R), Julio 1986.
- 8) U.S. Environmental Protection Agency. Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources, Revised, (EPA-450/R-92-019), Octubre 1992.
- 9) U.S. Environmental Protection Agency. Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height, (EPA-450/4-80-023), 1984.