

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE MODELOS DE DISPERSIÓN



aireaAIRE

2012

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE
PLANGINTZA, NEKAZARITZA
ETA ARRANTZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL,
AGRICULTURA Y PESCA



ingurumena.net

Documento: Guía de Buenas Prácticas para la elaboración de modelos de dispersión

Fecha de edición: Junio 2012

Propietario: Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca. Dirección de Planificación Ambiental

1.	ALCANCE DE LA EVALUACIÓN.....	7
2.	JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE MODELIZACIÓN SELECCIONADO.....	11
3.	DATOS DE ENTRADA.....	17
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	20
5.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	22
6.	TRANSPARENCIA.....	25
7.	REFERENCIAS.....	26
8.	CATÁLOGOS DE MODELOS EN USO EN EUROPA.....	28
	ANEXO: LISTADO-RESUMEN DEL CONTENIDO DE LOS INFORMES DE EVALUACIÓN.....	29

La Viceconsejería de Medio Ambiente del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, con objeto de agilizar la preparación, ejecución y presentación de resultados de evaluaciones de calidad de aire con modelos de dispersión, ha decidido publicar esta guía de buenas prácticas para el diseño, ejecución y comunicación de resultados de estudios de dispersión de contaminantes en la atmósfera mediante modelos, que ayude a mejorar la realización de dichas evaluaciones. Se pretende con ello promover el uso de buenas prácticas en la utilización de modelos de dispersión atmosférica, en línea con actividades similares en otros países europeos y en la UE en su conjunto.

Esta guía de buenas prácticas se ha elaborado pensando principalmente en los muchos casos en que se requiere una evaluación detallada de la calidad del aire mediante modelización (evaluaciones de focos de emisión importantes por intensidad o tipo de emisión), sobre todo para contaminantes primarios e impactos a escala local y a media distancia.

Esta guía no favorece ni prescribe el uso de sistemas de modelización específicos, dejando en manos del modelizador la necesaria justificación de la elección del sistema de modelización a utilizar. El modelo elegido (y la versión específica utilizada) deberá adecuarse a los objetivos y alcance de la evaluación, basarse en principios científicos establecidos y aceptados como estado del arte, y haber sido sometido a procesos de validación y revisión independiente.

La guía pretende ser una adaptación de las prácticas anteriores a la problemática particular de las evaluaciones de dispersión en el entorno de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), proporcionando orientaciones y recomendaciones sobre como:

- establecer el alcance de la evaluación;
- seleccionar el sistema de modelización a utilizar;
- seleccionar y evaluar los datos de entrada necesarios;

- evaluar la variabilidad e incertidumbres asociadas a los resultados del proceso de evaluación;
- informar y comunicar eficazmente los resultados de la evaluación.

Para la redacción de esta guía se han tenido en cuenta diversos documentos de referencia publicados hasta la fecha en Europa (referencias 1 a 4), y se ha analizado la práctica actual en otros países. También se han utilizado extensamente las referencias (5) y (6), en las que se basa la política de la Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido, reafirmada en 2009 (7).

Esta guía de buenas prácticas puede ser útil también para que las autoridades locales puedan realizar evaluaciones de la calidad del aire y para otras evaluaciones relacionadas, por ejemplo, con la investigación de incidentes y la planificación y respuesta a emergencias.

1. ALCANCE DE LA EVALUACIÓN.

El estudio debe incluir una definición precisa del contexto, alcance y objetivos del ejercicio de evaluación de la calidad del aire, que permita al lector conocer claramente el propósito del estudio.

La definición de alcance debe:

- describir las características específicas de la situación que se está modelizando,
- identificar las principales cuestiones a responder y los impactos relevantes esperables,
- especificar las características de las disposiciones administrativas a cuyo cumplimiento trata de responder el ejercicio de modelización, y
- especificar en detalle los objetivos de los cálculos de dispersión (receptores, localización, tipos de exposición) y características asociadas con los diferentes niveles de impacto.

El primer paso es determinar la escala y magnitud probable del impacto y por tanto, los detalles de la evaluación requerida.

La importancia de la visita al emplazamiento

La dispersión de contaminantes atmosféricos de fuentes industriales es un proceso complejo, que tiene lugar casi siempre en condiciones de flujo turbulento y, por tanto, con una notable aleatoriedad. Además, en la mayoría de los casos la emisión se produce con una notable cantidad de movimiento-flotabilidad inicial, en el seno de una capa límite atmosférica químicamente activa, cuyo comportamiento y altura están fuertemente condicionados por numerosos procesos quasi-cíclicos de duración muy diversa, entre un día y un año.

Consecuentemente, para evaluar impactos potenciales en la calidad del aire,

pueden utilizarse técnicas experimentales y de simulación numérica muy variadas. Para alcanzar resultados aceptables, cualquier sistema de modelización de la dispersión atmosférica requiere un notable volumen de datos de entrada. Todos estos datos deben tener una resolución espacial y temporal adecuada a los objetivos del estudio. En lo posible, los datos relativos a condiciones del emplazamiento que pueden influir en la dispersión, datos de emisiones y datos meteorológicos deben proceder de medidas reales, adecuadamente validadas.

Además de unos datos de entrada adecuados, tanto las opciones de ejecución y parametrizaciones seleccionadas como la planificación de las situaciones, escenarios, periodos y/o episodios a simular, deben ser coherentes con los objetivos específicos del estudio.

Es especialmente recomendable incluir, en la fase preparatoria de la evaluación, una visita previa al emplazamiento: permite al modelizador apreciar el entorno específico a considerar, particularmente en relación con edificios próximos, usos de suelo y topografía, así como verificar y situar la presencia de otras fuentes locales de contaminación atmosférica y de receptores potenciales sensibles.

Es recomendable también incluir documentación fotográfica, mapas, imágenes de satélite..., apropiada para ayudar al lector a entender el alcance y limitaciones de la evaluación y las hipótesis específicas consideradas. La información proporcionada será la suficiente para que un lector no familiarizado con el emplazamiento pueda apreciar cómo se ha ajustado el modelo para reflejar las condiciones locales.

Elementos a incluir en la evaluación

Una descripción detallada paso por paso del método seguido para la evaluación, facilitará también el entendimiento entre el modelizador y la administración.

En general, una evaluación de calidad del aire debería incluir, al menos:

1. Una descripción general de la situación a evaluar, instalación existente o proyecto de nueva instalación, y razones para realizar la evaluación, con referencia a la legislación aplicable.
2. La definición de los escenarios de operación y período de tiempo cubierto por la evaluación.
3. La identificación de los contaminantes, intensidades de emisión, límites de emisión y criterios de calidad del aire ambiente relevantes.
4. Una descripción del tipo y usos de suelo, receptores locales y fuentes de contaminación atmosférica influyentes.
5. La revisión de los datos de calidad de aire disponibles en el área en estudio y emplazamientos viento arriba del emplazamiento que se está evaluando (incluyendo proyecciones para los años relevantes para la evaluación).
6. La justificación de la representatividad de los datos meteorológicos seleccionados.
7. Una descripción de las dimensiones de edificios próximos, incluyendo todos los edificios de altura mayor o igual a un cuarto de la altura de chimenea o a una distancia de menos de $5L$ de la chimenea, siendo L el valor menor a elegir entre la altura del edificio y la anchura máxima perpendicular al viento.
8. Una descripción de características topográficas locales, incluyendo líneas de costa.
9. La justificación de la selección del modelo, haciendo referencia particular a las dimensiones de los edificios locales y características topográficas del área en estudio. Debe demostrarse que el modelo elegido es apropiado para el tipo de edificios y/o terreno existente en el área considerada.
10. Una descripción y justificación de cómo se tratan los procesos de química atmosférica y deposición.

11. Una descripción de cómo se han obtenido los datos de emisiones (medida, factores de emisión, cálculos fisicoquímicos de proceso, ...)
12. Los resultados de la ejecución del modelo, incluyendo análisis de sensibilidad para emisiones, altura óptima de chimenea y cumplimiento de los criterios de calidad de aire ambiente relevantes.
13. La presentación de resultados, conclusiones y recomendaciones.

2. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE MODELIZACIÓN SELECCIONADO.

La justificación de la elección del sistema de modelización se debe basar en demostrar que es adecuado para el objetivo final/caso concreto. Hay que demostrar que el modelo empleado se ha sometido a un protocolo de verificación, validación y evaluación científica, y que se ha establecido que es adecuado para unas condiciones similares.

Hay que describir el tipo de procedimiento de modelización elegido y justificarlo en relación con los objetivos y características específicas del emplazamiento a estudiar, incluyendo los criterios utilizados para despreciar o incluir mecanismos o factores que pueden determinar el tipo de modelo apropiado (despreciar/incluir el comportamiento de dispersión no pasiva, influencias de la topografía, condiciones de superficie, comportamiento de la fuente, tipo de emplazamiento urbano-rural, presencia de edificios próximos e influencia de la meteorología costera, entre otros condicionantes). No es aceptable como criterio para excluir un factor del modelo de la evaluación el que resulte difícil o costoso incorporarlo, si hay razones técnicas para incluirlo. Las limitaciones de recursos o de tiempo tampoco deben influir en la elección del modelo; una buena planificación debe evitarlas.

No debe usarse un modelo de dispersión a menos que haya sido verificado, es decir, se haya demostrado que el código reproduce fielmente las aproximaciones al modelo matemático incorporadas en los algoritmos. Esta verificación debe ser independiente del equipo que desarrolló el modelo. La verificación científica implica un juicio sobre la validez de la descripción de los mecanismos que se están modelizando.

El modelo debe estar validado: se han comparado sus resultados con un conjunto de datos independientes para evaluar la precisión y fiabilidad. El grado de validación de un modelo puede ser objeto de debate: se recomienda hacer una descripción explícita del rango de condiciones para las que el modelo está validado y, si el alcance de la evaluación requiere usarlo fuera de este rango, mencionar específicamente este hecho y evaluar

de alguna manera el alcance de la extrapolación.

Debe tenerse en cuenta que la comparación de la salida de un modelo con la de otro modelo no sirve como validación; si bien puede tener su mérito como parte de un procedimiento de validación si el modelo primario ha sido bien validado.

Procedimiento de selección

Evidentemente, el procedimiento de modelización seleccionado tiene que ser capaz de describir tanto la fuente de contaminantes atmosféricos como todas las influencias relevantes en su dispersión en la atmósfera del área de estudio. El procedimiento adoptado debe ajustarse al riesgo ambiental predicho o percibido.

La elección del procedimiento de modelización para una determinada evaluación requiere responder de forma adecuada a las siguientes preguntas:

- a. ¿Puede el modelo de dispersión describir adecuadamente las circunstancias que se están evaluando?
- b. ¿Se ha descrito su buen comportamiento en circunstancias similares en publicaciones científicas relevantes?
- c. ¿Es adecuada la selección del esquema de cálculo de entre las diferentes opciones del modelo de dispersión?
- d. ¿Es suficiente la salida del modelo para esta evaluación?

La selección del sistema de modelización y cómo utilizarlo tiene que considerar al menos los siguientes aspectos:

- a. Número y tipo de fuentes a incluir.
- b. Tiempos de promediado y percentiles relevantes.
- c. Efectos de estela de edificios.
- d. Complejidad de la topografía, incluyendo características como líneas

- de costa.
- e. Química atmosférica, deposición.
- f. Datos de calidad de aire de fondo.
- g. Validación del modelo respecto de las condiciones particulares a simular.
- h. Tiempo de ejecución del modelo.

Además, el modelo tiene que generar resultados en la forma adecuada para permitir la interpretación y evaluación con respecto a los criterios elevantes.

Dadas las características topográficas de la CAPV, que propician el desarrollo de circulaciones locales en sus valles, y la influencia del mar, se observan variaciones prácticamente diarias en el régimen local de vientos durante todo el año (brisas de mar y de tierra, vientos de valle y de ladera, procesos de acoplamiento del flujo del valle con los vientos regionales, canalizaciones y bloqueos). Por ello, no se admite la utilización de modelos gaussianos de estado estacionario, basados en la formulación de penacho continuo: estos modelos no pueden describir de forma adecuada los procesos transitorios provocados por los cambios de viento en general y por el retorno de contaminantes en particular, ni las situaciones de bloqueo, frecuentes en valles profundos o con salida al mar, muy frecuentes en la CAPV.

La Tabla 1 es una Lista de Comprobación para ayudar al modelizador a determinar estas cuestiones. Podrán añadirse cuantos elementos se consideren relevantes para cada caso.

Elementos del modelo-simulación y datos de entrada	¿Es relevante para esta evaluación? (Si/No)	¿Está adecuadamente incluido en el modelo y con validación suficiente? (Si/No)
Tipo de fuente (puntual, lineal, área, volumétrica)		
Número de focos		
Descripción y cuantificación de focos-emisiones		
Periodo de promediado		
Estelas de edificios		
Topografía compleja		
Meteorología		
Densidad de la red de receptores		
Efectos costeros		
Fumigación		
Química atmosférica		
Precipitación		
Deposición		
Contaminación de fondo		
Interfaz con otros programas (v.g. GIS)		

Tabla 1 – Lista mínima de comprobación para la selección de modelo.

Uso y documentación de modelos y software utilizados

El modelizador debe listar los elementos de software de preprocesado, modelización y postprocesado de datos que utiliza, y aportar referencias y documentación suficiente para demostrar que el software refleja con precisión los procedimientos matemáticos usados en la evaluación.

El nivel mínimo de documentación del propio modelo debería incluir:

- a. una descripción de los mecanismos que incorpora y de las ecuaciones con las que se representan,
- b. una descripción de cómo se han incorporado las ecuaciones en el software, de la estructura del código y un resumen de las pruebas a que se ha sometido el software, y
- c. una guía de usuario con instrucciones detalladas de uso del modelo y ejemplos de ejecuciones del modelo que muestren tanto datos de entrada como conjuntos de resultados.

Se deberían documentar también los archivos de datos usados en la modelización, tanto de propiedades específicas de sustancias como de parámetros de modelización, tales como coeficientes de dispersión..

La disponibilidad de documentación se considera como una de las pruebas de adecuación del modelo. En caso de usar modelos de dominio público, es suficiente una relación detallada de referencias públicamente accesibles que demuestren su adecuación al caso. En caso de usar modelos comerciales sujetos a licencia de confidencialidad o código fuente no abierto, si no se dispone de documentación pública equivalente, puede aceptarse como alternativa que la documentación completa de los procedimientos de modelización esté disponible para las partes con interés legítimo.

Se recomienda considerar no solo el modelo de dispersión, sino también la evaluación del sistema de modelización completo. La modelización normalmente incluye procedimientos matemáticos y software diferentes del propio modelo de dispersión, que deben incluirse en la justificación:

- Datos de emisiones, derivados de medidas, garantías de fabricante, cálculos fisicoquímicos de proceso, cálculo de emisiones difusas o fugitivas, emisiones de vehículos, datos de actividad, etc. Debe valorarse la variación temporal de estas emisiones a lo largo del año a la hora de diseñar la simulación de la dispersión.
- Datos topográficos y de características-usos de suelo utilizados, en formato y resolución adecuada. Datos brutos o derivados de datos brutos y/o reprocesados a una resolución diferente.
- Datos meteorológicos, derivados de técnicas de observación meteorológica internacionalmente reconocidas o de modelos meteorológicos de diagnóstico y/o predicción, especificando cualquier tipo de post-procesado. Es aceptable el uso de datos de modelos meteorológicos, documentando adecuadamente el modelo utilizado y las condiciones de simulación (dominio, resolución espacial y temporal, condiciones iniciales y de contorno y cobertura temporal de la simulación). En cualquier caso los resultados de modelos meteorológicos deben validarse con los datos de meteorología local disponibles (ver apartado 3).
- Post-procesado de datos, detallando el uso de hojas de cálculo, programas o procedimientos externos al modelo de dispersión, para calcular estadísticas descriptivas, percentiles, etc., incluyendo los procedimientos de comprobación.
- Representación gráfica de isolíneas, documentando los procedimientos de interpolación empleados. Este elemento de la evaluación puede ser una fuente significativa de error, sobre todo si se parte de datos experimentales con cobertura no homogénea del dominio de evaluación.

3. DATOS DE ENTRADA.

Hay que demostrar que se cumplen los requisitos de cantidad y calidad de datos necesarios para ejecutar el modelo de dispersión y explorar las implicaciones en los resultados de la evaluación en caso de deficiencias en los datos disponibles.

Meteorología

Para datos de entrada importantes como el campo de vientos o la estabilidad atmosférica, siempre es preferible disponer de medidas directas a estimaciones derivadas de otras magnitudes medidas.

Dadas las características meteorológicas específicas de la CAPV (apartado 2), se requiere un pre-procesado meteorológico para evaluar los campos 3-D, al menos durante un año completo, dentro del dominio de estimación de la dispersión y con una resolución temporal de, al menos, 1 hora. Este pre-procesado puede realizarse a partir de un modelo meteorológico de diagnóstico utilizando observaciones locales, de un modelo de pronóstico, o una combinación de ambos.

Al igual que el modelo de dispersión, el modelo meteorológico empleado debe ser adecuado para evaluar los campos locales y debe responder idénticas preguntas:

1. ¿Puede la simulación meteorológica describir adecuadamente las circunstancias que se están evaluando?
2. ¿Se ha descrito su buen comportamiento en circunstancias similares en publicaciones científicas relevantes?
3. ¿Es adecuada la selección del esquema de cálculo de entre las diferentes opciones del modelo meteorológico?
4. ¿Es suficiente la salida de la simulación (variables, resolución espacio-temporal, cobertura horizontal y vertical) para la evaluación?

3. Datos de entrada

Se usen o no observaciones meteorológicas locales de superficie o perfiles verticales para alimentar la simulación meteorológica, es preceptiva la validación de los resultados. La validación deberá realizarse preferentemente con “observaciones independientes” (no utilizadas en la evaluación meteorológica) próximas a la ubicación del foco de emisión y/o las más representativas de la meteorología del entorno de la planta. Al menos una de las series de observaciones utilizadas en la validación debe contener datos de perfiles verticales de viento.

La validación meteorológica deberá incluir:

- 1) Un mapa topográfico con la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas y el foco o focos de emisión.
- 2) Las rosas de viento estimadas por la modelización en los puntos de ubicación de las estaciones meteorológicas seleccionadas y las obtenidas con las observaciones.
- 3) Métrica estadística de diferencias de viento, temperatura y precipitación, entre observaciones y simulaciones (diagramas de dispersión de puntos, coeficientes de correlación (3, 4).
- 4) Secuencias temporales de viento medidas-simuladas en periodos seleccionados (una o varias semanas) dentro del año en cuestión, coincidentes con episodios seleccionados de contaminación de una o varias especies químicas sujetas a vigilancia en la red local. Los episodios y especies químicas seleccionados quedan a criterio del responsable de la evaluación, pero deben estar justificados.
- 5) Discusión de las diferencias encontradas, tanto en episodios como en estadísticas y rosas de viento y cómo podrían afectar a los cálculos de dispersión.

Teniendo en cuenta la variabilidad meteorológica interanual, lo ideal sería utilizar una secuencia temporal de 5 años completos (no necesariamente consecutivos) para realizar la estimación de la dispersión del foco sometido a evaluación. Sin embargo, por las dificultades asociadas a la preparación de

una secuencia completa anual de los campos meteorológicos no estacionarios y tri-dimensionales de la zona diana, debidamente validada y con la resolución espacial y temporal necesaria, se considera suficiente la utilización de una serie temporal de 1 año. Debe justificarse adecuadamente la elección del año, en relación con, al menos, dos criterios:

- 1) Se debe priorizar la proximidad temporal (años recientes), normalmente mejor documentados en la red de vigilancia de la calidad ambiental y red meteorológica de la CAPV.
- 2) Se debe buscar también la representatividad en cuanto a intensidad-frecuencia de episodios de contaminación en el dominio y año seleccionado de simulación. No puede seleccionarse un año húmedo (con muchos días con precipitación) o poca frecuencia de episodios de contaminación (v.g. pocas situaciones con bloqueos anticiclónicos), con la única justificación de la disponibilidad de datos.

Además de justificar la selección realizada, deberá incluirse también una discusión de qué variaciones cabría esperar en las estimaciones de impactos en aquellos años de meteorología más adversa (ver apartado 5).

Otros datos de entrada

Se recomienda preparar una lista de todos los datos de entrada al modelo de dispersión seleccionado, basándose por ejemplo en la Tabla 1. Esta lista deberá incluir una o varias columnas con información relevante sobre los elementos utilizados del modelo (valores y rango de variación en su caso). La misma lista puede también usarse como base para el análisis de incertidumbre (apartado 5). En todos los casos debe de hacerse una descripción de la calidad-representatividad de los datos utilizados, describiendo detalladamente las limitaciones impuestas por la disponibilidad de datos adecuados.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Hay que asegurar que los resultados del ejercicio de evaluación se comuniquen eficazmente, incluyan los datos relevantes para los objetivos del estudio y muestren la calidad de la evaluación.

Una evaluación de la calidad del aire puede generar cantidades importantes de datos, análisis y resultados. La presentación de resultados y conclusiones extraídas de los mismos son elementos clave del informe de una evaluación, ya que son los aspectos de lectura y estudio más probable.

Siempre que sea posible, la presentación de resultados debe hacer buen uso de gráficos numerados adecuadamente (como mapas con isopletas y/o gama de colores de concentración) y no basarse solo en tablas de números.

Las conclusiones deben expresarse relacionándolas claramente con los objetivos del estudio y con los resultados obtenidos del sistema de modelización. Todas las conclusiones deben enunciarse explícitamente.

En la presentación de resultados y conclusiones, los autores del informe deben asegurarse de que han respondido adecuadamente a las siguientes preguntas:

- a. ¿Hay una relación clara entre el alcance y objetivos del estudio de modelización y los resultados presentados?
- b. ¿Hay una referencia clara a los criterios de evaluación relevantes, como criterios de calidad del aire, especificaciones de olor, etc.?
- c. ¿Se hace buen uso de las tablas y gráficos seleccionados?
- d. ¿Se han completado los resultados de la evaluación con referencias suficientes a la sensibilidad y robustez del modelo?

Tablas de datos

Las tablas deben presentarse como síntesis auto-consistentes de resultados. El lector debe ser capaz de ver la tabla y extraer conclusiones de los resultados presentados. La tabla debe incluir, por ejemplo, cualquier criterio de calidad del aire relevante, datos de calidad de aire de fondo y los resultados del modelo para evaluación directa.

Representación gráfica

El uso de gráficos puede ayudar en la interpretación y presentación de resultados. Los ejes deben etiquetarse claramente. Las magnitudes numéricas deben etiquetarse cuidadosamente con las unidades apropiadas en cada caso. Se deben mostrar las escalas de color.

Gráficos de isopletras

El empleo de mapas de isopletras es un modo común de ilustrar la escala y magnitud de un impacto en la calidad del aire. La representación de las isopletras en un plano base adecuado ayuda a ello, particularmente cuando se identifica conjuntamente con la topografía, focos de emisión y zonas urbanas u otros receptores sensibles, en su caso. Estos gráficos deben incluir escala y orientación en su caso, y tener extensión suficiente para incluir isopletras completas.

5. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

El informe de evaluación debe discutir en detalle cómo los resultados obtenidos dependen de las opciones de ejecución e hipótesis adoptadas en la evaluación.

Un modelo de dispersión típico puede requerir al usuario la introducción de 20 a 30 parámetros además de los datos meteorológicos. Un objetivo principal de todos los estudios de modelización debería ser demostrar la consistencia de la evaluación. Esto requiere verificar la sensibilidad del modelo a los parámetros de entrada claves; lo que a su vez puede emplearse para evaluar la incertidumbre inherente en los parámetros de entrada y la variabilidad en los resultados. Es de esperar también cierto grado de variación cuando se emplean diferentes modelos.

Parámetros de entrada clave

Un modelo de dispersión atmosférica es sensible a los siguientes parámetros clave:

- a) Características de emisión (incluyendo intensidad de emisión, altura de chimenea, velocidad y temperatura de salida). Se recomienda utilizar diferentes alturas de chimenea y condiciones de emisión, incluyendo aspectos ligados con las condiciones de depuración de gases-partículas, cuando se trate de diseño-ampliación de instalaciones industriales.
- b) Meteorología. Los modelos de dispersión son sensibles a la variabilidad meteorológica interanual, particularmente para emisiones elevadas. Es recomendable utilizar más de un año de simulación (hasta 5 años) para estimar la influencia de la variabilidad interanual en el campo de concentraciones y el grado de cumplimiento de las normas de calidad del aire. Alternativamente, puede elegirse un año representativo de las condiciones de dispersión típicas de la zona, que deberá justificarse

adecuadamente, y hacer una valoración de las variaciones esperables en años más "favorables" (con pocas excedencias en la red de calidad) y en años más desfavorables (con más excedencias).

- c) Química atmosférica y deposición. La química atmosférica y los procesos de deposición pueden influenciar significativamente los resultados del modelo. Las velocidades de algunas reacciones químicas y ratios de deposición también resultan afectados por las condiciones atmosféricas (v. g. precipitación y viento), y esto puede influir en la elección de datos meteorológicos o en el número de años de datos considerados.
- d) Terreno. La experiencia sugiere que las características del terreno son significativas en el caso de emisiones elevadas. El terreno debe incluirse si el cambio en altura (por encima o debajo del punto de emisión) o la pendiente pueden tener un impacto sobre las predicciones del modelo. Se recomienda incluir características dentro del dominio de modelización tales como colinas de altura superior al 50% de la altura de chimenea o pendientes de más del 10%. Estas condiciones son las típicas en la mayor parte del territorio de la CAPV, por lo que se recomienda su inclusión con una resolución no inferior a 250 metros (real, no interpolada). Menores resoluciones deben estar bien fundamentadas, demostrando tal decisión a partir del análisis de sensibilidad correspondiente.
- e) Edificios próximos. Los edificios mayores de un cuarto de la altura de la chimenea y dentro de una distancia $5L$ (L = el valor menor a elegir entre la altura del edificio y la anchura máxima perpendicular al viento) de la fuente tendrán algún efecto sobre la dispersión. La descripción de los efectos de estela de edificios en la mayoría de los modelos de dispersión actualmente existentes es muy limitada, sin embargo algunos

modelos incorporan aproximaciones del efecto en la sobre-elevación y crecimiento del penacho dentro de la cavidad turbulenta, así como el efecto de su arrastre hacia el suelo (downwash). Se recomienda hacer uso de estas opciones cuando las emisiones puedan quedar dentro de la zona de influencia de edificios próximos. Esto puede implicar, por ejemplo, el cálculo de la contribución máxima de una emisión para diferentes alturas de edificios, o para diferentes ratios de anchura a longitud de edificio, dependiendo de las hipótesis hechas al aproximar la estructura física por una forma de edificio simple.

- f) Efectos costeros. Si son aplicables, deben incluirse como parte del análisis de sensibilidad.
- g) Espaciamiento (y posición) de receptores. El número de receptores incluidos en la ejecución del modelo es función de la densidad requerida y el alcance espacial del dominio del modelo. Un aumento en el número de receptores aumentará el tiempo de ejecución del modelo. En general, hay que garantizar que el impacto máximo quede bien documentado con la resolución seleccionada de la red de receptores. Una red espaciada en exceso da como resultado una subestimación de impactos. Espaciamientos característicos de 100 a 250 metros suelen ser suficientes para la mayor parte de aplicaciones, pero se recomienda discutir y fundamentar su selección.
- h) Deberá tenerse en cuenta también la sensibilidad del modelo a cualquier combinación de los parámetros de entrada anteriores.

6. TRANSPARENCIA.

Hay que describir los datos de entrada y procedimientos de estimación utilizados de modo que puedan reproducirse o ampliarse los resultados de la evaluación de forma independiente.

La transparencia se garantiza con una comunicación adecuada de los datos utilizados y los resultados. Se recomienda utilizar diagramas de flujo que representen la estrategia del cálculo e incluir listas-tablas de comprobación-verificación de datos de entrada.

Es importante que el modelizador documente de forma adecuada el proceso completo de modelización, no sólo los parámetros-opciones de ejecución del modelo (definición de escenarios de cálculo, estimación de emisiones, selección de estaciones meteorológicas, estimación-validación de la meteorología local, estimación y uso de las concentraciones de fondo, post-procesado e interpretación).

Se recomienda incluir en anexos la justificación detallada de las decisiones adoptadas. El usuario definirá y organizará los anexos necesarios, pero su objetivo será proveer toda la información pertinente para la reproducción de los resultados y conclusiones del informe.

7. REFERENCIAS

(1) CAFE-Working Group on Implementation (2003): Note by the CAFE-Working Group on Implementation Nr. 2003/3 Subject: AIR QUALITY ASSESSMENT AROUND POINT SOURCES.

http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/pdf/working_groups/guidance3revised.pdf

(2) EEA (2007): Feasibility study: modelling environmental concentrations of chemicals from emission data. EEA Technical Report No 8/2007. ISBN 978-92-9167-925-6. ISSN 1725-2237

http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_8/technical_report_8_2007.pdf

(3) EEA (2011): The application of models under the European Union's Air Quality Directive: A technical reference guide. EEA Technical report N° 10/2011. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011 ISBN 978-92-9213-223-1. ISSN Technical report series 1725-2237 doi:10.2800/80600

<http://www.eea.europa.eu/publications/fairmode>

(4) S. Galmarini, D. Steyn, K. Schere, M. Moran (2010). Advancing the evaluation of regional-scale air quality models. JRC – Institute for Environment and Sustainability. EUR 24245 EN – Scientific and Technical Research series – ISSN 1018-5593. ISBN 978-92-79-15007-4, doi: 10.2788/61186

<http://aqmeii.jrc.ec.europa.eu/doc/AQMEII-%20Stresa%20workshop.pdf>

(5) M.P. Ireland, J.A. Jones, R.F. Griffiths, B. Ng and N. Nelson, (2004): Guidelines for the Preparation of Dispersion Modelling Assessments for Compliance with Regulatory Requirements - an Update to the 1995 Royal Meteorological Society Guidance. Version 1.4.

http://www.admlc.org.uk/model_guidelines/documents/ADMLC-2004-3.pdf

(6) Royal Meteorological Society (1995). Policy Statement. Atmospheric Dispersion Modelling: Guidelines on the justification of choice and use of

models and the communication and reporting of results.

<http://www.rmets.org/pdf/dismodelling.pdf>

(7) Environment Agency (2000): Environment Agency Policy on choice of air dispersion models. Policy Number: EAS/2007/1/1. (UK)

8. CATÁLOGOS DE MODELOS EN USO EN EUROPA

- La base de datos del Sistema de Documentación de Modelos (MDS) de EIONET, basada en trabajos de la Aristotle University Thessaloniki para la EEA (actualizada en 2009?):

<http://pandora.meng.auth.gr/mds/strquery.php?wholedb>

En MDS puede encontrarse también una herramienta de ayuda a la selección de modelos:

<http://pandora.meng.auth.gr/mds/wizard1.php>

http://air-climate.eionet.europa.eu/databases/MDS/index_html

- El, más reciente, inventario de modelos, puesto en marcha en el marco las acciones COST 728/COST 732 por el Meteorological Institute de la University of Hamburg:

<http://www.mi.uni-hamburg.de/List-classification-detail-view.6156.0.html>

ANEXO: LISTADO-RESUMEN DEL CONTENIDO DE LOS INFORMES DE EVALUACIÓN.

Con el objetivo de ayudar a la preparación de los informes de evaluación se presenta a continuación una lista de elementos mínimos que se espera encontrar en las evaluaciones detalladas de dispersión de contaminantes en la CAPV.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

Información general de la evaluación, incluyendo el objetivo del estudio, descripción del entorno, escenarios de modelización y cobertura temporal, haciendo referencia a la legislación aplicable.

2. MAPAS DE LOCALIZACIÓN.

Mapas de localización de la planta y/o proceso en relación con el entorno circundante y las poblaciones próximas, indicando también el dominio de modelización. Deberán mostrarse especialmente todos los emplazamientos donde se encuentren los receptores más sensibles (hospitales, escuelas...) en el área de influencia. Los mapas deben estar geo-referenciados, mostrando niveles topográficos, escalas y orientación. Deberán mostrarse también la cobertura-usos del suelo y el emplazamiento de otros focos de contaminación atmosférica relevantes en el dominio de cálculo. Se aconseja incluir fotografías.

3. CONTAMINANTES Y CRITERIOS-LÍMITES DE LA CALIDAD DEL AIRE.

Identificar claramente la lista de contaminantes que se han tenido en cuenta en la evaluación (intensidades y límites de emisión relevantes). Discutir las normativa y objetivos de calidad del aire aplicables a los contaminantes modelizados. Normalmente, serán estándares y objetivos de calidad del aire de la legislación vigente, pero también pueden considerarse otras guías

elaboradas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), niveles-límites de exposición laboral u otros.

4. NIVELES AMBIENTALES / DE FONDO ATMOSFÉRICO.

- a. Revisión de varios años de medidas de concentración de contaminantes en la red de vigilancia dentro del área de estudio. Discusión de la selección del periodo (año-años) de simulación y de su representatividad en cuanto a frecuencia e intensidad de situaciones episódicas de contaminación.
- b. Determinación de la concentración de fondo para cada contaminante evaluado en el periodo de simulación seleccionado. Se recomienda estimar los niveles de fondo en base a los valores registrados en la actual red de vigilancia de la calidad del aire de la CAPV, justificando tanto la fuente de datos como el método. Los valores registrados por la red de vigilancia para evaluar concentraciones de fondo pueden ser incrementados o reducidos de acuerdo con la aparición o desaparición de actividades contaminantes en la zona sometida a evaluación. Si está justificado, podrán utilizarse también proyecciones futuras de concentraciones ambientales de fondo.

5. DESCRIPCIÓN DEL MODELO.

Mostrar la descripción del modelo y la justificación de su selección. Incluir el nombre del modelo, versión, tipo y proveedor.

6. PARÁMETROS DE EMISIÓN.

Incluir la siguiente información, con las unidades pertinentes, en forma tabular:

Localización de la chimenea/s y otros focos de emisión [UTM ó longitud-latitud]

Altura de chimenea [m]

Caudal de emisión de contaminantes [g s^{-1}] y su variación temporal.
Referencia-descripción del método utilizado en su evaluación

Diámetro de salida de la chimenea [m]

Temperatura de salida [K]

Velocidad de emisión [m s^{-1}]

Caudal volumétrico total [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]

7. DOMINIO DE MODELIZACION/RECEPTORES

Mostrar la localización (posición-resolución) de los receptores del modelo junto con el mapa de cobertura del dominio de modelización, justificando su ubicación y altura sobre el suelo.

8. METEOROLOGÍA

Discutir y justificar en detalle la selección de datos meteorológicos utilizados en el modelo de dispersión. La información debe incluir la localización de estaciones meteorológicas, año-s utilizados en la evaluación y la fuente de información (Agencia Vasca de Meteorología y AEMET normalmente).

9. TRATAMIENTO DEL TERRENO

Justificar la selección del tratamiento del terreno en la evaluación de la dispersión y describir las bases de datos originales utilizadas, incluyendo el formato, resolución y método de procesado hasta llegar a la resolución espacial utilizada.

10. TRATAMIENTO DE EDIFICIOS Y PLANO DE SITUACIÓN

Justificar la inclusión o no del tratamiento de los efectos de edificios próximos. En su caso, describir la localización y dimensiones de todos los edificios introducidos en la evaluación: incluir planos y/o fotografías de situación y altura de los edificios y su posición relativa respecto a los focos de emisión.

11. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se debe incluir una discusión y cuantificación de la sensibilidad del modelo a los datos meteorológicos (v.g. variaciones inter-anales, características superficiales o selección de estaciones meteorológicas), parámetros de emisión (características de chimenea, caudal de emisión de contaminantes, diferentes escenarios de operación de planta), resolución de la red de receptores y tratamiento del terreno y edificios.

Se debe incluir una cuantificación final de la incertidumbre de los resultados del modelo de dispersión, teniendo en cuenta las evaluaciones mencionadas.

12. QUÍMICA ATMOSFÉRICA Y OTROS TRATAMIENTOS ESPECIALES

Incluir la información relevante de los tratamientos especiales utilizados en la modelización. Por ejemplo, fluctuación de emisiones, tipo de química utilizada, deposición húmeda/seca, etc.

13. EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Debe describirse el post-procesado de los valores medios, desviaciones típicas y percentiles relevantes y la adición de las concentraciones de fondo, incluyendo, si fuera necesario, los factores de conversión para los diferentes promedios temporales. Debe justificarse cualquier suposición relativa a procesos de conversión de contaminantes (v.g. fotoquímica NO/NO₂) para diferentes tiempos de promediado.

Los resultados pueden mostrarse en forma de tabla indicando concentraciones totales (incluyendo las de fondo), las localizaciones del impacto máximo con la contribución propia respecto al fondo y el porcentaje de impacto respecto a los valores contenidos en los criterios de calidad de aire ambiente.

Se utilizarán gráficos de isopletas para cada uno de los objetivos de calidad evaluados, mostrando el nombre del contaminante y escenario de modelización, promedio temporal y percentil que se representa, indicando claramente áreas y excedencias. Deberán utilizarse las mismas escalas-colores para los contornos relacionados con el mismo objetivo de calidad de aire.

La discusión deberá incluir también cualquier rebasamiento de los criterios u objetivos de calidad del aire teniendo en cuenta las incertidumbres del modelo.

Deberán realizarse también las valoraciones necesarias para diferentes alturas de chimenea, características de emisión y diferentes escenarios de operación de planta.

14. ARCHIVOS DE ENTRADA DEL MODELO.

Los archivos de entrada del modelo de dispersión atmosférica deben incluirse como anexo al informe, en un medio de almacenamiento informático. Deben ser suficientes para que mediante la configuración del modelo y los valores de los parámetros utilizados se definan todas las fuentes y factores meteorológicos que permitan que pueda auditarse el modelo.

15. LISTA DE COMPROBACIÓN.

El informe debería estar precedido de una lista de comprobación como la siguiente:

Mapa de localización	
Plano de situación	
Lista de contaminantes modelizados y normas relevantes de calidad de aire	
Detalle de los escenarios de modelización	
Detalles de las concentraciones ambientales relevantes utilizadas	
Descripción y justificación del modelo	
Tratamientos especiales utilizados por el modelo	
Tabla de parámetros de emisión utilizados	
Detalles del dominio área de modelización del modelo y receptores	
Detalles de los datos meteorológicos utilizados (incluyendo origen) y justificación	
Detalles de tratamiento del terreno: Mapa topográfico	
Detalles del tratamiento de edificios	
Análisis de sensibilidad	
Valoración de impactos	
Archivos de entrada del modelo	