

Estudio sobre las emisiones y su posible efecto sobre el medio ambiente y la salud en el entorno de plantas cementeras.

Albert Lavall. *Director de Proyectos de URS España.*

Angélica García. *Jefe de Proyectos de URS España.*

Carolina González. *Ingeniero de Proyectos de URS España.*

Caroline Liebert. *Ingeniero de Proyectos de URS Francia.*

Jean-François Perret. *Director de Proyectos de URS Francia.*

El sector cementero ha realizado este estudio con el objetivo de analizar los posibles riesgos para el medio ambiente y la salud derivados de las emisiones atmosféricas de cuatro plantas cementeras (fábricas de Castillejo de Cemex, Montcada i Reixac de Lafarge, Vallcarca de Cementos Portland Valderrivas y Lorca de Holcim).

Mediante modelos de dispersión atmosférica y gestión de riesgos validados internacionalmente se ha calculado la dispersión de los contaminantes procedentes de las emisiones de los hornos, y su paso al organismo de los receptores. De esta manera se ha evaluado la posible afección de la población a través de dos vías: inhalación e ingestión. Además de las emisiones medias se han tenido en cuenta los límites de la Autorización Ambiental Integrada (es decir, que las plantas estuviesen emitiendo la concentración máxima de cada contaminante según su autorización ambiental).

Puede concluirse que no se ha identificado riesgo potencial alguno para la salud de las personas que viven en los alrededores de las cuatro plantas cementeras incluidas en este estudio, aún cuando se diera el caso extremo de que las plantas mantuvieran sus emisiones en los límites de emisión fijados en su Autorización Ambiental Integrada. Asimismo, tampoco se ha identificado ningún aumento del riesgo potencial para la salud en el caso de las plantas que utilizan combustibles derivados de residuos como sustitución parcial de combustibles fósiles.

1. Introducción

El objetivo de este estudio es analizar los potenciales riesgos para la salud derivados de las emisiones atmosféricas de las plantas cementeras para las personas que residen en el entorno de las mismas.

■ **Tabla 1. Ejemplos de riesgos para la salud humana.**

| Causa | Riesgo de fallecimiento |
|----------------------------------|---------------------------|
| Rayo | 1/10.000.000 ¹ |
| Accidente de aviación | 1/3.000.000 |
| Accidente de tráfico | 1/10.000 |
| Enfermedad de Alzheimer | 1/4.500 |
| Cáncer de pulmón | 1/2.222 |
| Enfermedad isquémica del corazón | 1/1.250 |

El concepto de riesgo puede definirse como la probabilidad de que de una exposición determinada resulte un efecto adverso. De este modo, un peligro representará un riesgo sólo si existe una vía de exposición y esta exposición puede generar la posibilidad de que se den efectos adversos para la salud.

Toda actividad cotidiana lleva asociado un riesgo para la salud. A modo de ejemplo, en la siguiente tabla se indica el riesgo de morir por causas diversas, tales como accidentes o enfermedades graves:

Con el objeto de minimizar los riesgos para la salud derivados de la presencia de determinados contaminantes en la atmósfera, actualmente existe en la Unión Europea una legislación medioambiental muy restrictiva en materia de calidad del aire. La normativa existente dispone de referencias para proteger la salud y el entorno, estableciendo valores límites de emisión para cada actividad industrial, así como valores límite en inmisión que se han establecido teniendo en cuenta cómo puede afectar el conjunto de las aportaciones de todas las fuentes presentes en un medio determinado a la salud de los ciudadanos y a la calidad del medio.

El sector cementero es un sector comprometido en el control de la influencia de su actividad en el entorno, y en la comunicación con las partes interesadas. El presente estudio, que analiza el potencial efecto de sus emisiones atmosféricas en la calidad del aire y la salud de las personas que residen en el entorno más cercano, es una muestra más de ese compromiso.

Con el fin de dar un paso más allá de las pautas establecidas por la legislación vigente, y aportar una información más detallada del efecto de las emisiones de cada planta, se ha realizado el presente estudio, en el que se analizan los potenciales riesgos para la salud derivados de las emisiones de las plantas cementeras. Este estudio supone profundizar en el análisis del efecto de la actividad industrial sobre el entorno, incluyendo como factor clave cualquier posible afección sobre la salud de las personas que viven y/o trabajan en el área considerada. Ya no

NOTA ¹ Una persona de cada diez millones.

se trata únicamente de analizar la dispersión de las emisiones y de evaluar el posible grado de contaminación del aire debido a las mismas, sino de determinar en qué medida podría afectar esa contaminación a la salud de las personas.

Este estudio se ha realizado siguiendo una metodología ampliamente contrastada por estudios realizados con anterioridad, en países como Francia o Estados Unidos.

Para la definición de la metodología a seguir, URS realizó un estudio previo² para la Fundación Cema en el que se evaluaban los procedimientos, estudios, metodologías, legislación y normativa de referencia desarrollados hasta el momento, a escala nacional e internacional, en el ámbito del análisis de riesgos en entornos industriales, con el fin de establecer una metodología para la evaluación de los riesgos potenciales para la salud derivados de las emisiones atmosféricas en plantas cementeras.

2. Objetivos y alcance del estudio

El objetivo de este estudio es analizar los potenciales riesgos para la salud derivados de las emisiones atmosféricas de las plantas cementeras para las personas que se encuentran en el entorno de las mismas. Para ello, se han llevado a cabo las siguientes tareas:

- Caracterización de la situación de las plantas cementeras en España en lo que se refiere a las emisiones atmosféricas que generan. Para ello, se han considerado los parámetros recogidos en la Directiva 2000/76/CE, que regula la incineración y co-incineración de residuos, incorporada a nuestro ordenamiento jurídico interno mediante el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos, así como los incluidos en las Autorizaciones Ambientales Integradas (AAI) de cada una de las plantas consideradas.
- Evaluación de la dispersión de las emisiones generadas mediante el empleo de un modelo matemático gaussiano.
- Evaluación del riesgo potencial mediante el cálculo de índices de riesgo y su comparación con valores de referencia considerados como de no riesgo. De forma general, estos valores se denominan Valores Toxicológicos de Referencia (VTR), y representan la máxima concentración de un determinado compuesto admisible por el organismo sin que ésta lleve asociada un afecto adverso para el receptor. En función de la vía y tipo de exposición, los VTR se expresan de distintas formas, tal y como se indica en el apartado 3.4.

Para realizar el estudio se han seleccionado cuatro (4) plantas cementeras localizadas en distintas zonas de la geografía española. Las plantas se han seleccionado de manera que se pudieran contemplar situaciones distintas en cuanto a características de proceso y entorno geográfico de afección (natural, rural, industrial y urbano). Las plantas incluidas en el estudio son las siguientes:

- Planta de Holcim en Lorca.
- Planta de Lafarge en Montcada.
- Planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca.
- Planta de Cemex en Castillejo.

De las cuatro plantas incluidas en el estudio, tres emplean, además de los combustibles fósiles tradicionales para la alimentación de los hornos, combustibles alternativos procedentes de residuos que, una vez preparados en instalaciones adecuadas, llegan a la planta para ser recuperados o valorizados energéticamente.

Se ha trabajado sobre dos hipótesis de operación. En la primera de ellas se consideran las emisiones representativas de las plantas, y en la segunda, se evalúan los resultados que se obtendrían si las plantas operaran con emisiones iguales a los valores límite de emisión regulados. Para la determinación de los valores límite de emisión se han considerado los establecidos por la Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003, así como los límites establecidos en la AAI de cada planta.

3. Metodología seguida

La metodología seguida para el estudio está basada en la desarrollada por la Administración francesa para el análisis de riesgos para la salud humana, la cual a su vez está fundamentada en publicaciones de US EPA³ acerca de la evaluación de riesgos.

Esta metodología comprende las siguientes etapas:

- **Caracterización de cada planta y su entorno.** La primera fase consistió en realizar una evaluación preliminar de cada instalación y su entorno, con el fin de identificar los focos de emisión a considerar, recopilar y analizar datos topográficos y meteorológicos e identificar los potenciales receptores que pueden verse expuestos a las emisiones de las plantas.
- **Caracterización de las emisiones atmosféricas.** Una vez realizada la evaluación preliminar de cada planta y su entorno, se procedió a caracterizar los focos identificados en la fase anterior. Para ello se recopiló toda la información disponible acerca de las concentraciones y caudales de emisión, así como los parámetros físicos (altura, diámetro de chimenea, etc.) relativos a cada foco. El estudio considera los parámetros incluidos en la Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003 relativos a la incineración de residuos y en las correspondientes Autorizaciones Ambientales Integradas (AAI) de las plantas.
- **Evaluación de la exposición.** Las vías de exposición consideradas fueron la inhalación y la ingestión. La evaluación de la exposición se realizó en dos fases:
 - Fase I. Modelización de la dispersión atmosférica mediante un modelo gaussiano de dispersión, que permite simular el transporte de los contaminantes a través del aire. El modelo emplea los datos topográficos y meteorológicos de la zona estudiada para simular la dispersión de los compuestos emitidos.

NOTA

² "Comparativa Metodologías Caracterización Ecológica en Entornos Industriales, URS, 2008".

³ US EPA: Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.

- Fase II. Aplicación de un modelo matemático para la evaluación del paso al organismo de los contaminantes cuyas concentraciones se han calculado en la fase anterior, analizando su evolución a través de la cadena trófica. Para ello se consideran las características físico-químicas de los contaminantes evaluados, su potencial de bioacumulación, etc.
- **Evaluación del riesgo potencial.** La cuantificación de los riesgos potenciales se realizará contrastando las concentraciones en aire, suelo y alimentos generadas a partir de los distintos modelos empleados con los Valores Toxicológicos de Referencia (VTR) para cada compuesto evaluado.

- **Entorno natural:** medio físico y biótico, espacios protegidos, climatología de la zona y calidad del aire.
- **Entorno humano, infraestructuras y núcleos habitados:** se definieron los receptores más sensibles teniendo en cuenta la rosa de los vientos, la proximidad a las plantas y las características de la población (presencia de grupos de riesgo potencial como residentes, trabajadores y niños).

En la Tabla 2 se resumen las principales características asociadas a cada planta. Como puede observarse, las plantas se han seleccionado de forma que se pudieran contemplar situaciones distintas en cuanto a su localización (entorno natural o urbano), combustible empleado (combustibles fósiles o alternativos), orografía y climatología.

3.1 Caracterización de cada planta y su entorno

Con el fin de identificar y caracterizar los focos de emisión, así como evaluar las principales características del entorno, URS realizó una visita a cada una de las plantas incluidas en el estudio, en la que se recogió información relativa a:

- **Proceso productivo:** tipos de focos de emisión y características de los mismos, producción anual e incidencias durante el proceso productivo (paradas, sustitución de equipos, etc.).
- **Sistemas de medición de emisiones:** características de los medidores en continuo, calibraciones realizadas a los equipos y controles realizados por entidades externas.

3.2 Caracterización de las emisiones atmosféricas

3.2.1 Parámetros a considerar

Los parámetros considerados en el estudio son los recogidos por la Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003 sobre incineración de residuos. Estas regulan la monitorización y el control de las emisiones del horno de clínker de las siguientes sustancias y compuestos:

- Gases: NO_x, SO₂, TOC, HCl, HF, CO.
- Partículas totales.
- Dioxinas y furanos (PCDD y PCDF).

■ **Tabla 2. Caracterización de las plantas cementeras incluidas en el estudio.**

| Planta | Localización | Entorno | Climatología | Tecnología fabricación y capacidad de fabricación | Combustibles empleados |
|---|--------------|---|---|--|---|
| Planta de Holcim | Lorca | Localizada en el interior. Relativamente cercana a gran población (2 km) y a zona agrícola. Presencia de industrias dispersas. | Clima mediterráneo subtropical cálido o semicálido. | Horno de clínker de vía seca 600.000 t/año de clínker. | Combustibles tradicionales (coque de petróleo, carbón) y combustibles alternativos (combustible recuperado a partir de residuos de hidrocarburos, disolventes, serrín impregnado, lodos de depuradora). |
| Planta de Lafarge | Montcada | Localizada en el interior. Muy cercana a centro de población (500 m). Entorno muy industrializado, proximidad a carreteras y vías rápidas. | Clima mediterráneo seco-subhúmedo. | Horno de clínker de vía seca 700.000 t/año de clínker gris. | Combustibles tradicionales (coque de petróleo, carbón). |
| Planta de Cementos Portland Valderrivas | Vallcarca | Población dispersa. Cercana a diversos núcleos de población (2 a 10 km). Ausencia de industria en alrededores. Localizada en la costa junto a parque natural. | Clima mediterráneo seco-subhúmedo. | Hornos de clínker de vía seca 1.150.000 t/año de clínker. | Combustibles tradicionales (coque de petróleo, carbón) y combustibles alternativos (lodos de depuradora). |
| Planta de Cemex | Castillejo | Localizada en el interior. Entorno rural, núcleos a 3,8 y 6,8 Km. Ausencia de industria en alrededores. | Clima mediterráneo continental. | Hornos de clínker de vía seca 1.500.000 t/año de clínker. | Combustibles tradicionales (coque de petróleo, carbón) y combustibles alternativos (harinas, neumáticos, plásticos). |

- Metales: Antimonio, Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercurio, Manganeso, Níquel, Plomo, Talio, Vanadio.

Por tanto, para la modelización se han considerado los hornos de cada planta como focos de emisión.

En algunos casos se incluyen además los parámetros Zinc y Estaño por encontrarse regulados en la AAI de la planta.

3.2.2 Valores de emisión considerados

Las situaciones consideradas en el estudio para cada una de las plantas son las siguientes:

- Situación 1. Caracterización de los riesgos potenciales asociados a la producción de cada planta considerando las emisiones de la misma en cuanto a composición y caudal.
- Situación 2. Análisis de riesgos potenciales suponiendo como valores de emisión los valores límite regulados de los parámetros incluidos en el estudio.

Valores de emisión de las plantas

El objetivo de esta parte del estudio es realizar un análisis del impacto de los contaminantes emitidos durante el funcionamiento de las plantas. Para ello, y con el fin de seleccionar datos de emisión que resulten representativos de la operación normal de las plantas, se ha realizado un análisis de los datos disponibles en los últimos años. En general, se ha considerado que los datos de los últimos dos años son los de mayor representatividad, por lo que son los que se emplearán para la modelización.

- Caudal de emisión. En general se ha trabajado con los caudales de los dos últimos años, ya que se considera que son representativos de la producción de las plantas.
- Gases (NO_x , SO_2 , TOC, HCl, HF, CO) y Partículas totales. En general, se ha considerado la media obtenida a partir de los medidores en continuo.
- Dioxinas y furanos y metales. Se han considerado los valores medios obtenidos a partir de medidas puntuales realizadas por Organismos de Control Autorizados (OCAs) durante los años 2007-2008.

Además, para la determinación de los valores de emisión de las plantas para cada sustancia o trazador se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Para la modelización de la emisión de los óxidos de nitrógeno (NO_x), se ha considerado el dato expresado como NO_2 equivalente.
- En el caso del cromo, se dispone únicamente de valores de cromo total. Con el fin de evaluar el efecto de este metal en los dos estados de oxidación en los que suele presentarse (Cr III y Cr VI), se ha realizado una estimación para evaluar la

emisión de Cr III y Cr VI por separado. Para ello, se ha tomado como criterio la distribución del metal presente en la materia prima, que suele estar en torno al 30% en Cr VI. Por tanto, para el cálculo de la emisión a partir del dato de análisis de cromo se ha considerado que la cantidad de Cr III y VI corresponde al 70 y 30%, respectivamente.

- Según la Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003, las dioxinas y furanos se expresan como 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina), debido a que es el componente más tóxico. Por lo tanto, para determinar la concentración total de dioxinas y furanos es necesario considerar los factores de equivalencia tóxica antes de realizar la suma total. El conjunto de estos componentes también se asimila a un único trazador en términos de parámetros físico-químicos para los cálculos de transferencias en la cadena alimentaria. Todas estas hipótesis sobrestiman el riesgo potencial, puesto que si se considera el riesgo potencial de cada componente de la familia de dioxinas y furanos por separado, el índice de riesgo disminuye considerablemente.

Valores límite de emisión

Para la determinación de los valores límite de emisión se han considerado los establecidos por la Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003, así como los límites establecidos en la Autorización Ambiental Integrada (AAI) de cada planta. Para aquellos parámetros no regulados por la Directiva ni el Real Decreto ni incluidos en la AAI, se ha considerado el siguiente criterio:

- Metales. Excepto en el caso del mercurio, los límites establecidos por la Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003 están expresados en forma de suma. Es decir, se establece que la suma de las concentraciones de emisión de un grupo de metales no puede superar un determinado valor. Por tanto, con el fin de tomar un dato hipotético máximo para cada metal de forma individual se ha realizado una estimación en función del peso de cada compuesto en la analítica real de cada planta, cuando se dispone de datos para ello. En el caso de que no sea así, se ha tomado como valor límite para cada metal el correspondiente a la suma.

3.3 Evaluación de la exposición

Las vías de exposición que se han considerado son la inhalación y la ingestión.

Las personas que viven y/o trabajan en las proximidades de las plantas incluidas en el estudio se encuentran potencialmente expuestas de forma directa a los efectos de las emisiones atmosféricas por inhalación del aire ambiente.

Para la evaluación de la afección por inhalación se distinguirán dos tipos de receptores:

- Personas que viven en las proximidades de la planta (residentes). Estos receptores incluyen a los adultos, así como a los

niños y personas de la 3ª edad, denominados receptores sensibles. A efectos de evaluación del riesgo se considera que las personas que viven en las proximidades de las plantas están expuestas a las emisiones durante 24 horas al día.

- Personas que trabajan en las proximidades de la planta. Este grupo de receptores incluye a los adultos en edad de trabajar, que se encuentran expuestos a las emisiones atmosféricas durante su jornada de trabajo. A efectos de evaluación del riesgo se considera que las personas que viven en las proximidades de las plantas están expuestas a las emisiones durante 8 horas al día.

La evaluación de la exposición por inhalación implica considerar tanto el efecto causado por la inhalación de partículas como los asociados a la composición química de cada contaminante. Por tanto, para la evaluación de esta exposición se tendrán en cuenta todos los compuestos seleccionados como trazadores para el estudio (ver Tabla 3).

Por otra parte, las partículas presentes en las emisiones atmosféricas son susceptibles de sedimentar y acumularse en el suelo, lo que se denomina deposición. Debido a esto, puede existir un riesgo por contaminación del suelo y de la cadena alimentaria, lo que dependerá de la composición de estas partículas, de la cantidad depositada y de las características físico-químicas del suelo.

La evaluación de la exposición por ingestión se realizará sobre aquellas sustancias sedimentables y bioacumulables en la cadena alimentaria. Por tanto, los compuestos a considerar serán metales y dioxinas y furanos.

Se considerarán dos tipos de exposición:

- Exposición directa por ingestión de suelo, la cual afectará principalmente a los niños que puedan jugar en parques, jardines y otros espacios exteriores y puedan ingerir partículas de suelo.
- Exposición indirecta por consumo de productos alimenticios con origen en la zona donde se produce la sedimentación de compuestos.

3.3.1 Fase I: Modelización de la dispersión

Para la estimación de las concentraciones de los contaminantes en inmisión se ha empleado el modelo matemático de dispersión atmosférica ADMS 4.0, software distribuido por CERC (Cambridge Environmental Research Consultants Ltd.).

El modelo estima las concentraciones medias en inmisión de cada parámetro en cada uno de los puntos definidos. Además, para los parámetros susceptibles de depositarse en el suelo, el modelo calcula la tasa de deposición másica para cada contaminante.

Los datos de entrada al modelo son los siguientes:

- Datos de emisión. Para el cálculo de las tasas másicas de emisión de cada contaminante se han empleado las concentraciones

en mg/Nm³ en base seca y corregidas al 10% de oxígeno, y el caudal expresado en Nm³/h en las mismas condiciones.

- Datos meteorológicos. Se han tomado datos meteorológicos de las estaciones de las propias plantas, o en su defecto, de las estaciones más cercanas disponibles.
- Datos topográficos. Se ha empleado el Modelo Digital del Terreno (MDT) de cada zona a evaluar.
- Receptores. Los receptores a analizar han sido identificados en campo y consensuados con los responsables de las plantas en función de los puntos de interés para la comunidad.

A continuación se indican los datos de entrada al modelo para cada una de las plantas.

3.3.1.1 Datos de entrada al modelo. Planta de HOLCIM en Lorca

Focos de emisión

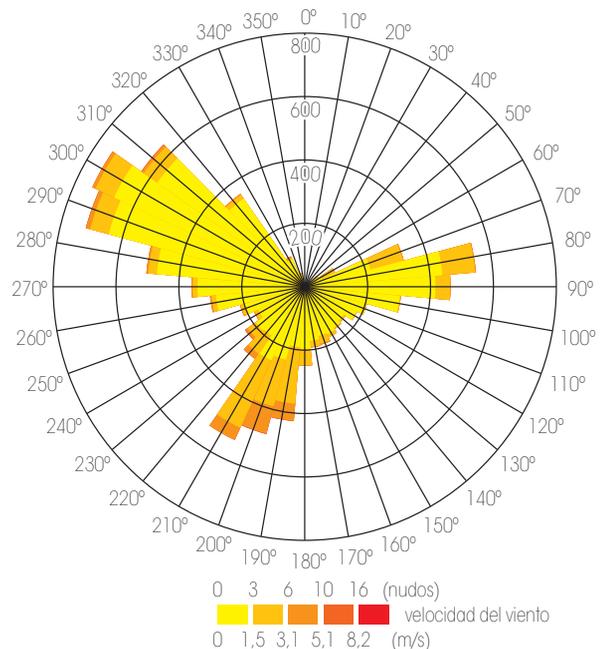
El único foco de emisión considerado corresponde al horno de cemento, cuyo caudal de emisión es de 199,556 Nm³/h en base seca y corregido al 10% de oxígeno.

Datos meteorológicos

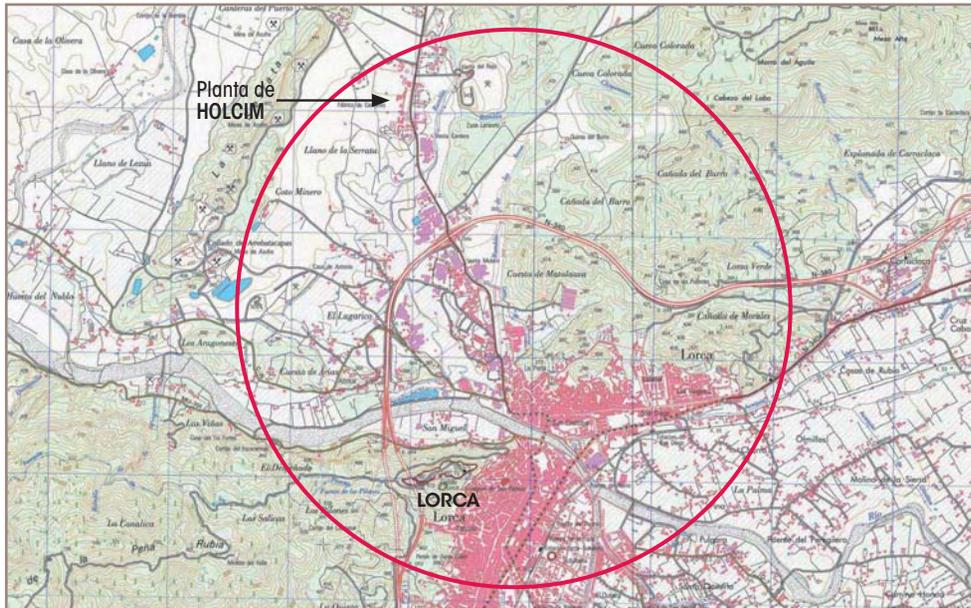
Los datos horarios de dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad atmosférica se han obtenido a través de la página web de la Comunidad Autónoma de Murcia. Tras realizar un análisis de los datos disponibles, se han considerado los datos correspondientes al intervalo 2006-2008.

En la Figura 1 se muestra la rosa de los vientos de la planta de Holcim en Lorca para el intervalo de tiempo considerado.

■ **Figura 1. Rosa de los vientos de la planta de Holcim en Lorca.**



■ Figura 2. Área de estudio considerada para la modelización. Planta de Lorca (Holcim).



Como puede verse en la Figura 1, los vientos dominantes provienen del noroeste, sur y este, siendo la componente sur la que presenta velocidades más altas. Por tanto, cabe esperar que la dispersión tenga lugar en dirección norte, mientras que en el resto de direcciones la dispersión será menor y la pluma se centrará en el entorno inmediato de la planta.

Receptores

Con el fin de estudiar los posibles riesgos para la salud de las personas que habitan/trabajan alrededor de la planta, se han seleccionado varios puntos del territorio o receptores. En este caso, los

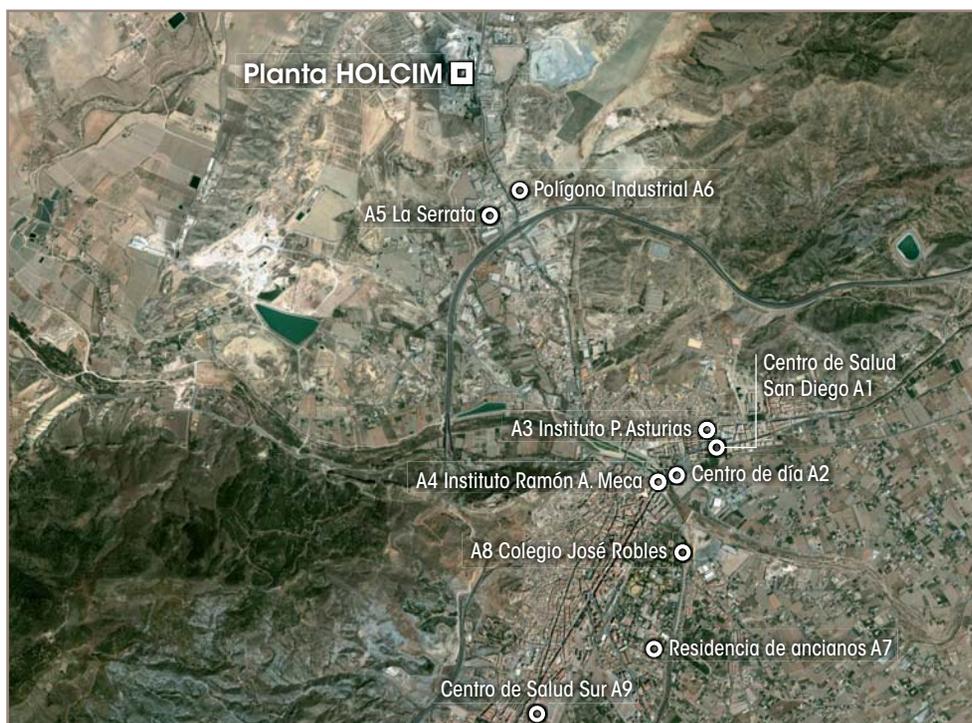
receptores se encuentran localizados en el municipio de Lorca, por tratarse de la zona habitada más cercana a la planta.

En las Figuras 2 y 3 se muestra la zona de estudio considerada respecto a la ubicación de la planta.

Datos topográficos

Una vez localizados los receptores, es necesario definir la malla sobre la que se obtendrán los resultados del modelo. Para ello, se emplea el Modelo Digital del Terreno (MDT) de la zona a evaluar. En este caso, se ha definido una malla cuadrada de 10x10 km.

■ Figura 3. Ortofoto del área de estudio considerada para la modelización. Planta de Lorca (Holcim).



3.3.1.2 Datos de entrada al modelo. Planta de LAFARGE en Montcada

Focos de emisión

El único foco de emisión considerado corresponde al horno de cemento; cuyo caudal de emisión es de 175.000 Nm³/h en base seca y corregido al 10% de oxígeno.

Datos meteorológicos

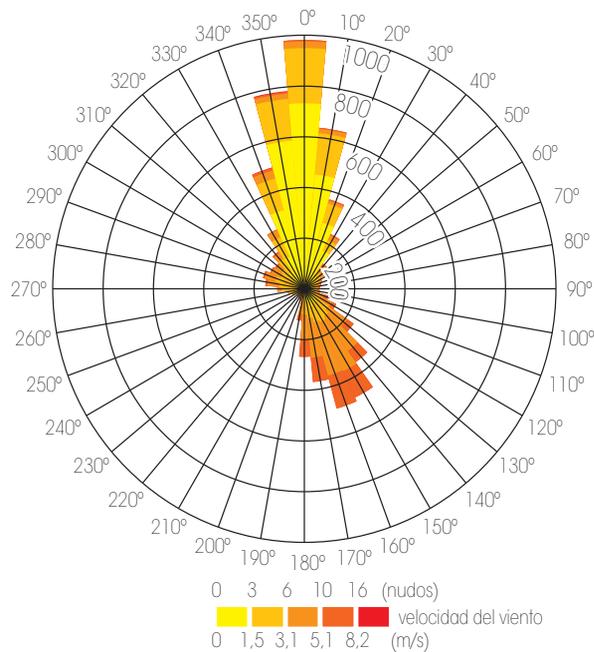
Los datos de dirección y velocidad del viento y temperatura han sido proporcionados por la Xarxa de Vigilància i Prevenció de

la Contaminació Atmosférica de Catalunya (XVPCA), y corresponden a la estación de medición localizada en el municipio de Montcada i Reixac para el periodo 2002-2005. La estación no dispone de datos meteorológicos más actuales, ya que desde 2005 la estación mide únicamente concentraciones de contaminantes en inmisión. Para la estimación de la humedad relativa y nubosidad se han considerado los datos de la estación de Cerdanyola del Vallés, por ser ésta la más cercana a la planta.

En la Figura 4 se muestra la rosa de los vientos empleada para el estudio a partir de los datos de dirección y velocidad de viento obtenidos.

Los vientos dominantes en la planta de Lafarge en Montcada provienen del norte y del sureste, siendo esta última la que presenta velocidades más altas, de hasta 8 m/s. Por tanto, cabe esperar que la dispersión tenga lugar en las direcciones sur y no-oroeste, favoreciéndose la dispersión a lo largo de la dirección no-oroeste, mientras que en la dirección sur la dispersión será menor y la pluma se centrará en el entorno más cercano a la planta.

■ **Figura 4. Rosa de los vientos de la planta de Lafarge en Montcada.**



Receptores

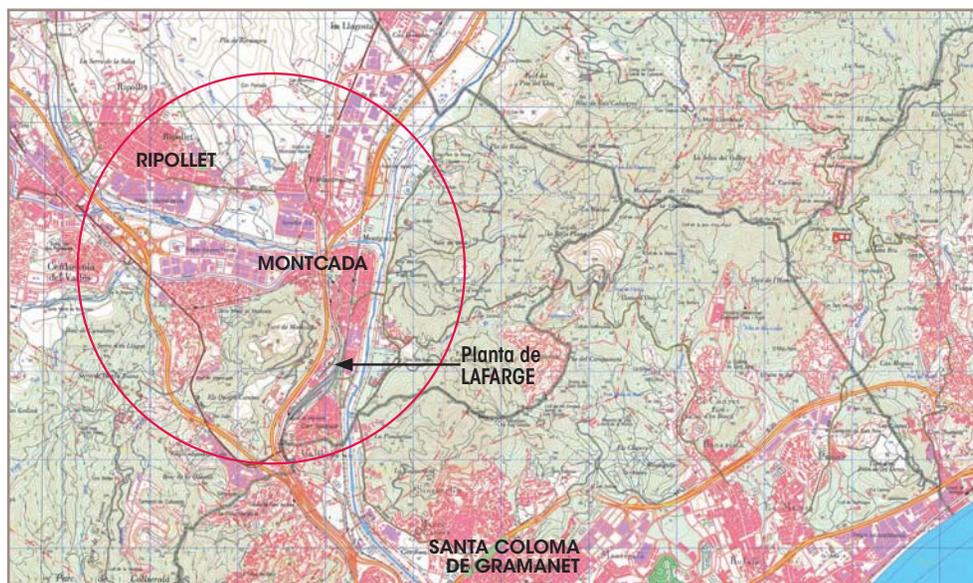
Con el fin de estudiar los posibles riesgos para la salud de las personas que habitan/trabajan alrededor de la planta, se han seleccionado varios puntos del territorio o receptores. En este caso, los receptores se encuentran localizados tanto en el municipio de Montcada i Reixac como en los alrededores del mismo.

En las Figuras 5 y 6 se muestra la zona de estudio considerada respecto a la ubicación de la planta.

Datos topográficos

Una vez localizados los receptores, es necesario definir la malla sobre la que se obtendrán los resultados del modelo. Para

■ **Figura 5. Área de estudio considerada para la modelización. Planta de Montcada (Lafarge).**



■ **Figura 6.** Ortofoto del área de estudio considerada para la modelización. Planta de Montcada (Lafarge).



ello, se emplea el Modelo Digital del Terreno (MDT) de la zona a evaluar. En este caso, se ha definido una malla cuadrada de 7x7 km.

3.3.1.3 Datos de entrada al modelo. Planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca

Focos de emisión

En la planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca existen dos hornos, cuyos caudales son de 199.201 Nm³/h (Horno VI) y 336.230 Nm³/h (Horno VII), ambos en base seca y corregidos al 10% de oxígeno.

Datos meteorológicos

Los datos horarios de dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad atmosférica y radiación solar han sido proporcionados por la planta, a partir de los datos generados por la estación meteorológica situada en la propia instalación (modelo EM-300 de la firma MCV S.A.).

En la Figura 7 se muestra la rosa de los vientos empleada para el estudio a partir de los datos de dirección y velocidad de viento obtenidos.

Como puede verse en la Figura 7, los vientos dominantes provienen del noroeste, existiendo además una pequeña contribución de la componente sureste. Por tanto, cabe esperar que la dispersión tenga lugar en la dirección sureste y noroeste.

Receptores

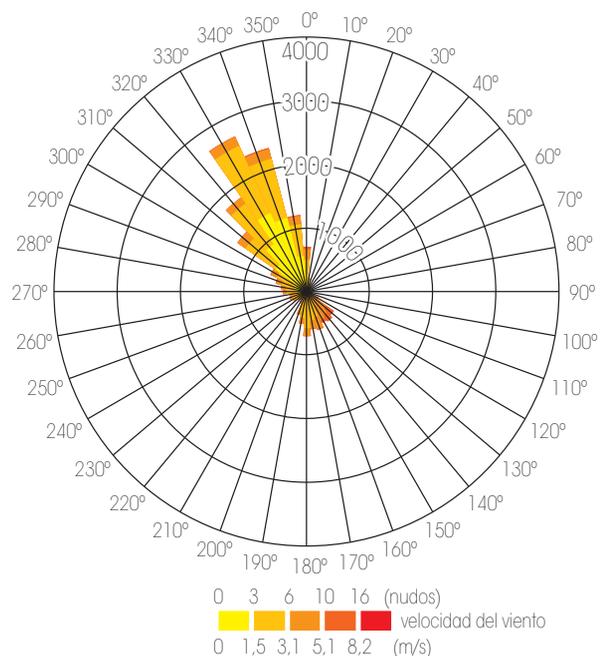
Con el fin de estudiar los posibles riesgos para la salud de las personas que habitan/trabajan alrededor de la planta, se han seleccionado varios puntos del territorio o receptores. En este

caso, los receptores se encuentran localizados a una distancia de entre 2 y 12 km de la planta. En las Figuras 8 y 9 se muestra la zona de estudio considerada respecto a la ubicación de la planta.

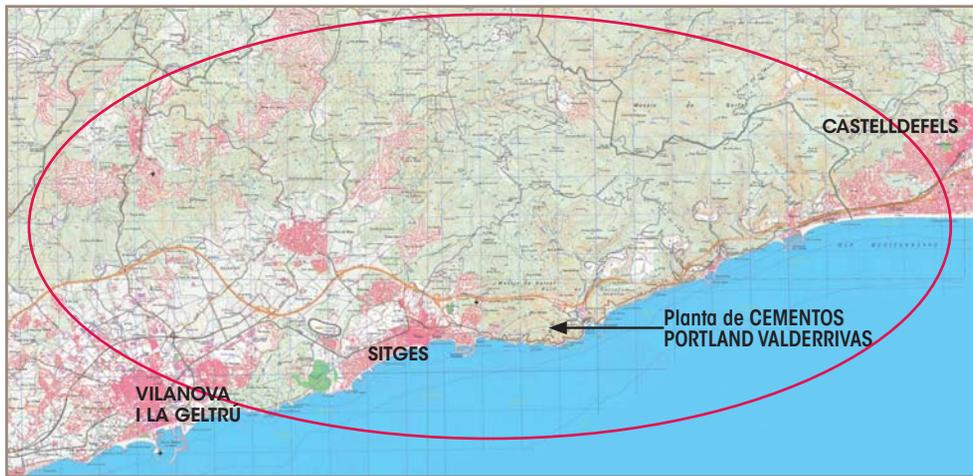
Datos topográficos

Una vez localizados los receptores, es necesario definir la malla sobre la que se obtendrán los resultados del modelo. Para ello, se emplea el Modelo Digital del Terreno (MDT) de la zona a evaluar. En este caso, se ha definido una malla cuadrada de 18x8 km, adaptándose la malla a la presencia de la costa.

■ **Figura 7.** Rosa de los vientos de la planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca.



■ Figura 8. Área de estudio considerada para la modelización. Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).



■ Figura 9. Ortofoto del área de estudio considerada para la modelización. Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).



3.3.1.4 Datos de entrada al modelo. Planta de Cemex en Castillejo

Focos de emisión

En la planta de Cemex en Castillejo existen dos hornos cuyos caudales son de 251.168 Nm³/h (Horno V) y 248.648 Nm³/h (Horno VI), ambos en base seca y corregidos al 10% de oxígeno.

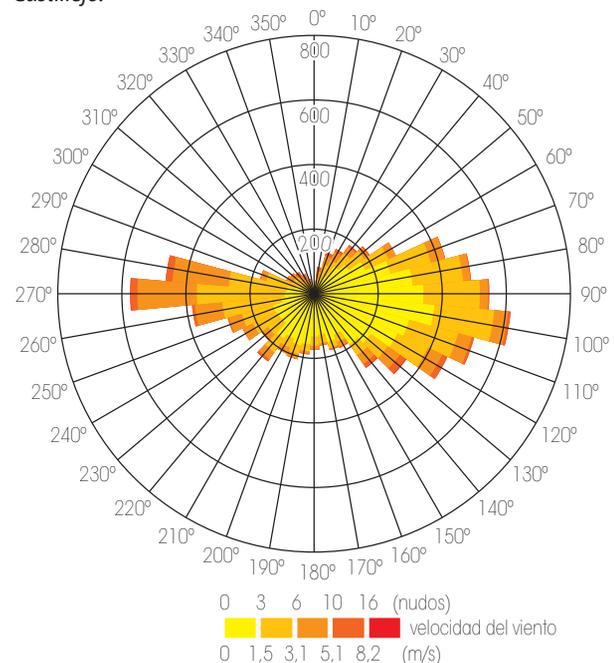
Datos meteorológicos

Los datos horarios de dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad atmosférica y radiación solar han sido proporcionados por una estación meteorológica localizada en una instalación cercana a la planta.

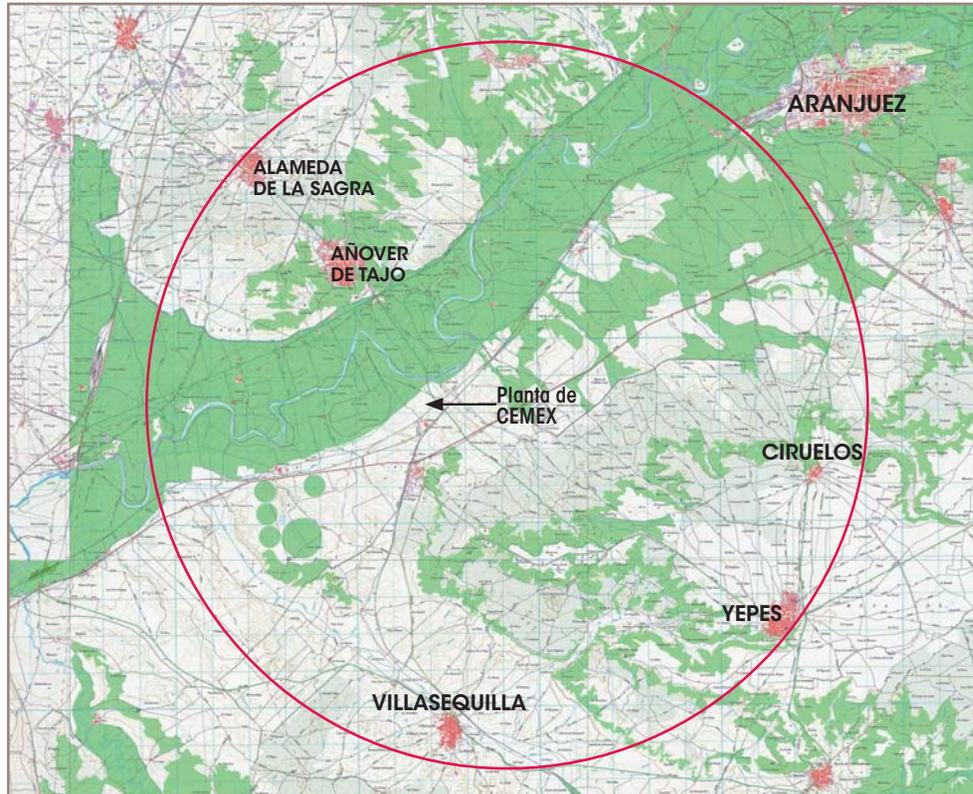
En la Figura 10 se muestra la rosa de los vientos empleada para el estudio a partir de los datos de dirección y velocidad de viento obtenidos.

Los vientos dominantes en la planta de Cemex en Castillejo provienen del este y oeste, siendo la componente oeste-este la que presenta velocidades más altas. Por tanto, cabe esperar que la

■ Figura 10. Rosa de los vientos de la planta de Cemex en Castillejo.



■ **Figura 11.** Área de estudio considerada para la modelización. Planta de Castillejo (Cemex).



dispersión tenga lugar en dirección este y oeste, mientras que en el resto de direcciones la dispersión será menor y la pluma se centrará en el entorno inmediato de la planta.

Receptores

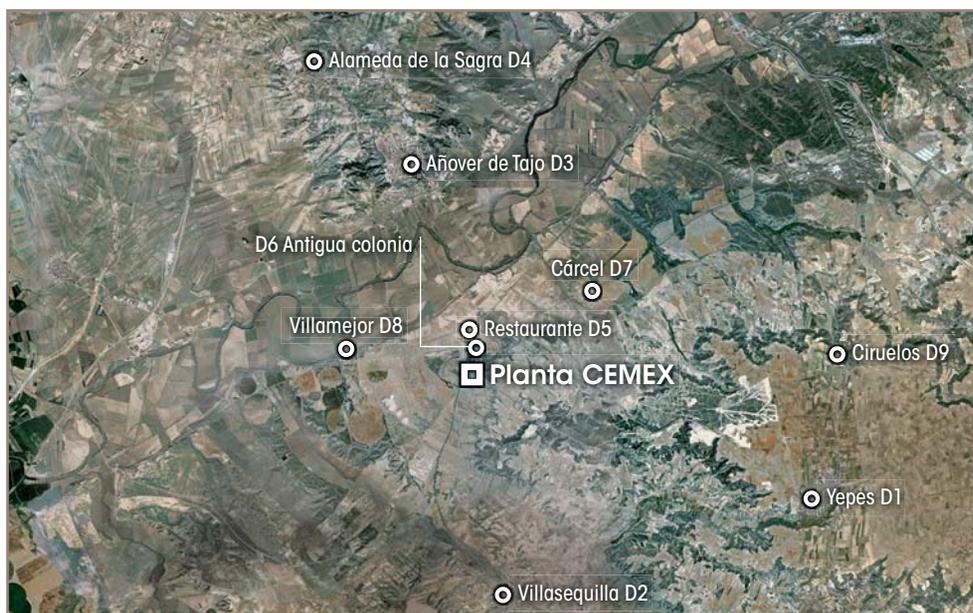
Con el fin de estudiar los posibles riesgos para la salud de las personas que habitan/trabajan alrededor de la planta, se han seleccionado varios puntos del territorio o receptores. En este

caso, los receptores se encuentran localizados a una distancia de entre 0,5 y 11 km de la planta. En las Figuras 11 y 12 se muestra la zona de estudio considerada respecto a la ubicación de la planta.

Datos topográficos

Una vez localizados los receptores, es necesario definir la malla sobre la que se obtendrán los resultados del modelo. Para ello, se

■ **Figura 12.** Ortofoto del área de estudio considerada para la modelización. Planta de Castillejo (Cemex).



emplea el Modelo Digital del Terreno (MDT) de la zona a evaluar. En este caso, se ha definido una malla cuadrada de 22x22 km para poder incluir todos los municipios identificados como receptores potenciales.

3.3.2 Fase II: Modelo de ingestión

El modelo de ingestión es un modelo analítico basado en ecuaciones cinéticas publicadas por US EPA, en el que se evalúa la transferencia de cada compuesto a través de la cadena alimentaria. El cálculo se realiza a partir de las tasas de deposición para cada compuesto determinadas por el modelo de dispersión.

Los documentos de referencia empleados son los siguientes:

- US EPA, 2005. "Human Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities", USEPA Office of Solid Waste Emergency Response (OSWER), EPA520-R-05-006.
- US EPA, 1994. "Estimation Exposure to Dioxin-Like compounds". EPA/600/6-88/005Cc. Office of Research and Development, National Centre of Exposure Assessment, Washington DC.
- United States Environmental Protection Agency, 1991. "Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume 1 – Human Health Evaluation Manual, Part B, Development of Risk-Based Preliminary Remediation Goals". Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.
- "Radiation Site Cleanup Regulations: Technical Support Document for the Development of Radiation Cleanup Levels for Soil" (EPA 402-R-96-011 A).

3.4 Evaluación del riesgo potencial

3.4.1 Conceptos previos

La evaluación del riesgo conlleva una comparación entre el nivel de exposición de los receptores y los niveles de referencia reconocidos internacionalmente. Para ello es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Efectos sobre la salud.
- Valores Toxicológicos de Referencia (VTR).

3.4.1.1 Efectos de las emisiones sobre la salud

Existen dos tipos de efectos sobre la salud:

Efectos asociados a las sustancias con umbral

Se trata de los efectos asociados a sustancias que, según la información disponible hasta el momento, no presentan riesgo significativo para la salud humana cuando se encuentran presentes en el medio por debajo de una determinada concentración (concentración umbral).

Para los efectos con umbral, el nivel de riesgo potencial se calcula por comparación directa entre la exposición y el valor umbral, expresado en forma de índice de riesgo ($IR = \text{Exposición}/\text{Umbral}$). De este modo, un Índice de Riesgo igual a 1 indica el umbral por debajo del cual no existe riesgo para la salud humana.

Efectos asociados a las sustancias sin umbral

Los efectos asociados a las sustancias sin umbral son de tipo estocástico o probabilístico. Esto implica que la exposición a estas sustancias lleva asociada la probabilidad de que aparezcan efectos adversos para la salud. Estos efectos son de tipo genotóxico, por lo que las sustancias cancerígenas y mutagénicas suelen estar clasificadas dentro de este grupo. Debido a esto, los efectos asociados a sustancias sin umbral se denominan cancerígenos.

El riesgo de desarrollar una patología adversa debido a la exposición a un compuesto se calcula a partir del parámetro Exceso de Riesgo Individual (ERI). El ERI se calcula a partir del ERU, que expresa la probabilidad de que el receptor se vea afectado por el efecto de una sustancia en concreto si se expone a una unidad de concentración de esa sustancia. Los valores de ERU de cada sustancia se han obtenido a partir de bases de datos internacionalmente reconocidas.

Para el presente estudio, se considerará un valor de 1/100.000 (10⁻⁵) como valor de referencia para el Exceso de Riesgo Individual, siguiendo la pauta habitual en los estudios de riesgos. De este modo un ERI igual a 1/100.000 indicaría que una persona de cada 100.000 desarrollaría una patología adversa por haber estado expuesto a una sustancia contaminante.

Cabe destacar que hay sustancias para las que se han definido valores toxicológicos asociados a los efectos con y sin umbral, como es el caso del arsénico (ver Tabla 3).

En el caso de las dioxinas, sólo se consideran los efectos con valor umbral asociado. La dioxina TCDD (elemento más tóxico del grupo de congéneres denominado "dioxinas") fue clasificada por el CIIC⁴ como "carcinógeno humano". Dado que la TCDD se clasifica como cancerígena, se considera que el conjunto de dioxinas y furanos lo son, ya que este compuesto puede estar presente en dicho grupo. Aunque estos compuestos se consideren como cancerígenos, no disponen de un mecanismo de acción genotóxico, es decir, no afectarían al material genético. Esto da lugar a que se reconozca un valor umbral de toxicidad por debajo del cual la exposición no tiene consecuencias nefastas para el organismo. El conjunto de la comunidad científica está de acuerdo en este punto. Estos compuestos están clasificados, por lo tanto, como sustancias con un valor umbral asociado.

3.4.1.2 Valores Toxicológicos de Referencia (VTR)

Los Valores Toxicológicos de Referencia representan la máxima concentración de un determinado compuesto admisible por el organismo sin que ésta lleve asociada un afecto adverso para el receptor.

NOTA ⁴ El Centro Internacional OMS de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) realizó en 1997 una evaluación de la TCDD.

■ **Tabla 3. Valores Toxicológicos de Referencia empleados.**

| Parámetro | INHALACIÓN | | | | INGESTIÓN | | | |
|--------------------|---|------|--|------|------------------------------------|------|---|------|
| | CAA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (con umbral) | Ref. | ERUi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹ (sin umbral) | Ref. | DDA (mg/kg/día) (con umbral) | Ref. | ERUo (mg/kg/día) ⁻¹ (sin umbral) | Ref. |
| NO _x | 4,00E+01 | 1 | | - | | - | | - |
| SO ₂ | 2,00E+01 | 1 | | - | | - | | - |
| TOC | NA | - | | - | | - | | - |
| HCl | 2,00E+01 | 2 | | - | | - | | - |
| HF | 1,40E+01 | 3 | | - | | - | | - |
| CO | 10.000 | 1 | | - | | - | | - |
| PM tot | 20 | 1* | | - | | - | | - |
| Dioxinas y furanos | 4,00E-05 | 4 | | - | 1,00E-09 | 17 | | - |
| Sb | 1,40E+00 | 5 | | - | 4,00E-04 | 5 | | - |
| As | 3,00E-02 | 6 | 3,30E-03 | 13 | 3,00E-04 | 18 | 1,50E+00 | 23 |
| Cd | 0,02 | 6 | 1,80E-03 | 14 | 1,00E-03 | 19 | | - |
| Co | 1,00E-01 | 7 | | - | | - | | - |
| Cu | 1,00E+00 | 8 | | - | | - | | - |
| Cr III | 60 | 8 | | - | | - | | - |
| Cr VI | 0,1 | 9 | 4,00E-02 | 15 | | - | | - |
| Mn | 5,00E-02 | 10 | | - | | - | | - |
| Hg | 3,00E-01 | 11 | | - | | - | | - |
| Ni | 9,00E-02 | 12 | 3,80E-04 | 15 | | - | | - |
| Pb | 5,00E-01 | 1 | 1,20E-05 | 16 | 3,57E-03 | 20 | 8,50E-03 | 24 |
| Tl | NA | - | | - | 6,98E-05 | 21 | | - |
| V | NA | - | | - | 3,00E-04 | 22 | | - |
| Sn | 7,00E+03 | 25 | - | | 2,00E+00 | 27 | - | |
| Zn | 1,05E+03 | 26 | - | | 3,00E-01 | 28 | - | |

1. Real Decreto 1073/2002.

1*. Se asimila que el VTR para PM total es el mismo que para PM 10.

2. IRIS, 07/1995.

3. CalEPA, 08/2003 (doc 04/2005).

4. CalEPA, 02/2000 (doc 04/2005) (derivado de la vía oral). Valor dado para la dioxina 2,3,7,8-TCDD.

5. IRIS 02/1991 (derivado de la vía oral).

6. INERIS 12/2006: CalEPA, 01/2001 (doc 05/2008).

7. ATSDR, 10/2004, partículas (doc 11/2007).

8. INERIS, 2004: RIVM, 03/2001 (sales insolubles y metales).

9. INERIS, 2004: IRIS, 09/2008.

10. IRIS, 12/1993.

11. IRIS, 06/1995, elemental.

12. ATSDR, 09/2005, partículas (doc 11/2007).

13. INERIS, 12/2006: Cal EPA, 07/1990 (doc 05/2005).

14. INERIS, 2004: IRIS, 06/1992.

15. INERIS 2004: OMS, 1999 (doc 2000, 2ª edición).

16. CalEPA, 04/1997, inorgánico (doc 05/2005).

17. INERIS 2004: ATSDR, 12/1998 (doc 11/2007).

18. INERIS 12/2006: IRIS, 02/1993 (inorgánico).

19. INERIS 2004: IRIS, 02/1994 (alimentación).

20. INERIS 2004: OMS, JEFCA, 1999, (PTWI = 25 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$) y GDWQ, 2006.

21. IRIS, 09/1990, valor para el carbonato de talio ($8 \cdot 10^{-5}$, convertido en talio).

22. ATSDR, 07/1992, (doc 11/2007, derivado de un valor subcrónico).

23. INERIS 12/2006: IRIS, 04/1998 (inorgánico).

24. Cal EPA, 10/2000, inorgánico (doc 05/2005).

25. OMS, JECFA, 2000, inorgánico, derivado de la vía oral.

26. INERIS 2004: IRIS, 08/2005, derivado de la vía oral.

27. OMS, JECFA, 2005, inorgánico.

28. INERIS 2004: IRIS, 08/2005.

Los Valores Toxicológicos de Referencia empleados en el presente estudio provienen de diferentes bases de datos publicadas por organismos científicos especializados (US EPA, ATSDR, OMS, etc.) e internacionalmente reconocidos.

Para las sustancias que tienen un efecto a partir de un valor umbral, los datos disponibles han sido revisados para poder eliminar las incertidumbres asociadas a la elección de los VTR pertinentes en función del tipo de exposición considerado.

Para las sustancias sin valor umbral, los datos publicados por los organismos especializados no permiten, en general, realizar una jerarquización de los VTR a partir del análisis de incertidumbres asociadas. Por tanto, se ha seleccionado una aproximación sobrestimada para la evaluación de riesgos potenciales, que corresponde al valor más conservador.

En la Tabla 3 se resumen los valores toxicológicos empleados en el estudio para cada trazador en función de la vía de exposición. Los VTR recogidos en la tabla son los siguientes:

- CAA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Concentración Admisible en el Aire.
- ERUi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹: Exceso de Riesgo Unitario por inhalación.
- DDA (mg/kg/día): Dosis Diaria Admisible por ingestión.
- ERUo (mg/kg/día)⁻¹: Exceso de Riesgo Unitario por ingestión.

Para el TOC no existe un valor de referencia para el cálculo del índice de riesgo ya que no se trata de un compuesto individual, sino de una forma de expresar el contenido de carbono total presente en un efluente. Por tanto, este parámetro no se ha incluido en la evaluación de riesgos. No obstante, con el fin de evaluar el riesgo asociado a los compuestos orgánicos sí se ha incluido en la evaluación la familia de dioxinas y furanos, considerada como la más relevante desde el punto de vista medioambiental según los documentos sobre Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) en el sector cemento.

3.4.2 Evaluación del riesgo potencial

Para la evaluación del riesgo potencial se considerarán las dos vías de exposición mencionadas, inhalación e ingestión.

Para el análisis por inhalación se considerarán las concentraciones en el aire en inmisión para cada contaminante determinadas a partir de la modelización con ADMS 4.0.

Para el análisis por ingestión se evaluarán las tasas de deposición para cada compuesto determinadas por el modelo de dispersión, las cuales se emplearán en el modelo de ingestión desarrollado por US EPA para el cálculo de la transferencia de cada compuesto a través de la cadena alimentaria. En este cálculo se tendrá en cuenta únicamente la ingestión de suelo, frutas y verduras, ya que se considera que, dados los sistemas de producción ganadera y mercado actuales, la cantidad de carne de bovino, aves, huevos y leche producida para consumo en el área de influencia es

muy reducida comparada con la posible ingestión de frutas y verduras.

Para el análisis del riesgo potencial por ingestión se considerarán las siguientes vías de exposición:

- Ingestión de suelo. Este escenario considera la ingestión directa del suelo en las proximidades de los receptores.
- Ingestión de frutas y verduras cultivadas para autoconsumo. Este escenario considera la exposición para todos los residentes, incluyendo adultos y niños, que pueden consumir las verduras o frutas cultivadas directamente en un huerto situado en las proximidades donde se encuentra el receptor. Para el cálculo se ha considerado:
 - Una exposición continua durante 30 años.
 - Un consumo diario de verduras tipo tubérculo (patatas, zanahorias), de verduras de hoja (espinacas, lechuga) y de verduras tipo fruto (tomates, calabacín), procedentes de huerto particular. Las cantidades consumidas por los adultos y niños se han obtenido a partir de la base de datos CIBLEX⁵. Esta hipótesis corresponde a un escenario teórico según el cual los receptores consumirían verduras cultivadas por ellos mismos.

Siguiendo un criterio conservador, se ha considerado que la totalidad de las sustancias ingeridas son asimiladas por el organismo de las personas expuestas, lo que implica que la biodisponibilidad oral es del 100% para todos los compuestos.

3.4.2.1 Análisis de riesgos potenciales para las sustancias con umbral

Se trata de los efectos asociados a sustancias que, según la información disponible hasta el momento, no presentan riesgo significativo para la salud humana cuando se encuentran presentes en el medio por debajo de una determinada concentración.

Para los efectos con umbral, el Índice de Riesgo (IR) se calcula a partir de la Concentración Media en el Aire (CMA) y la Concentración Admisible en el Aire (CAA) para una exposición por inhalación, y de la Dosis Diaria de Exposición (DDE) y la Dosis Diaria Admisible (DDA) para una exposición por ingestión:

$$IR = \frac{CMA}{CAA}$$

ó

$$IR = \frac{DDE}{DDA}$$

Los índices de riesgo se calculan para cada sustancia y vía de exposición y son ponderados en función de la duración de la exposición.

La Concentración Admisible en el Aire (CAA) y la Dosis Diaria Admisible (DDA) se obtienen a partir de los Valores Toxicológicos de Referencia (VTR) para cada sustancia. Estos Valores Toxicológicos de Referencia representan la máxima concentración de un determinado

NOTA ⁵ CIBLEX, junio de 2003. Base de datos de parámetros descriptivos de la población francesa en un entorno contaminado.

compuesto que puede ser admitida por el organismo sin que ésta lleve asociada un efecto adverso para el receptor.

Un valor inferior a 1 del índice de riesgo individual indicaría que la exposición calculada es inferior a la exposición de referencia obtenida a partir de referencias legales, trabajos de expertos en este tema, etc.

En el caso de la exposición por inhalación, los VTRs considerados corresponden a los receptores más sensibles. Por tanto, no se ha calculado un índice de riesgo por inhalación en función de la vulnerabilidad de la población expuesta, ya que todos los receptores se han considerado como sensibles.

Para la exposición por ingestión, los cálculos se han realizado de forma independiente para población adulta e infantil, con el fin de considerar las distintas prácticas alimenticias de ambos grupos de población.

3.4.2.2 Análisis de riesgos potenciales para las sustancias sin umbral

La exposición a las sustancias sin umbral lleva asociada la probabilidad de que aparezcan efectos adversos para la salud independientemente de la dosis de exposición. Por tanto, en este caso no es posible calcular un índice de riesgo, ya que el término de concentración admisible en el aire no es aplicable para estos efectos.

Los efectos sin umbral se caracterizan a partir del parámetro Exceso de Riesgo Individual (ERI), en función del Exceso de Riesgo Unitario por inhalación o ingestión (ERU_i o ERU_o):

ó

$$ERI = \frac{DDE \cdot ERU_i \cdot N^{\circ} \text{ Años Exposición}}{\text{Duración de una vida}}$$

$$ERI = \frac{CMA \cdot ERU_o \cdot N^{\circ} \text{ Años Exposición}}{\text{Duración de una vida}}$$

Según las recomendaciones de la OMS, se considera que el riesgo potencial es aceptable si el parámetro ERI es inferior a 10⁻⁵, es decir, 1/100.000.

El ERI tiene en cuenta el número de años que dura la exposición sobre la duración total de una vida. Para este estudio, se ha considerado una duración de la vida de 70 años. Este valor es coherente con el empleado para la determinación de los ERU, según la documentación consultada.

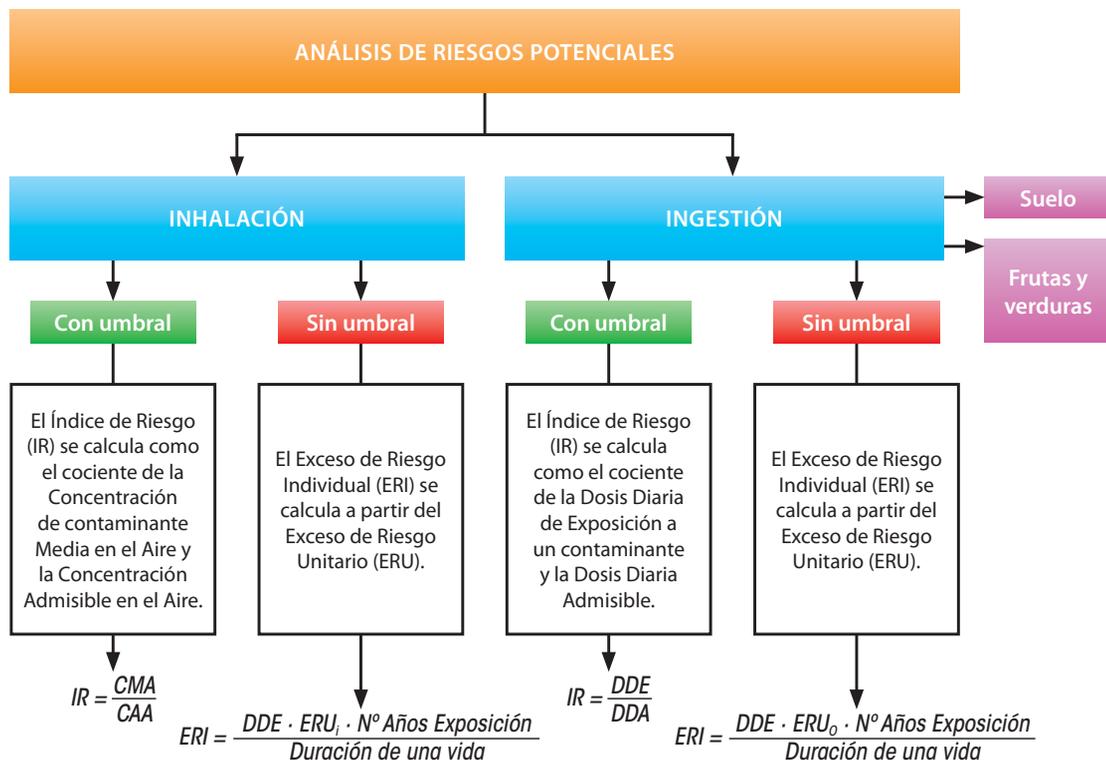
El cálculo del riesgo por efectos sin umbral sólo se ha calculado para adultos porque supone una duración de la exposición de 30 años sobre una vida de 70.

En la siguiente figura se resume la metodología a seguir para el cálculo del riesgo potencial asociado a cada receptor, en función del tipo de exposición y parámetro considerado.

Para la evaluación del riesgo potencial para cada parámetro se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- En el caso del TOC, puesto que se trata de una forma de expresar el contenido en carbono orgánico total y no de un parámetro como tal, no existe un VTR asociado, por lo que se incluirá en la

■ Figura 13. Metodología seguida para el análisis de riesgos potenciales.



modelización para el cálculo de la concentración en inmisión pero no se considerará para el análisis de riesgos potenciales.

- Para las partículas totales tampoco existe VTR, ya que únicamente se dispone de valores toxicológicos de referencia para PM₁₀ y PM_{2,5}. En este caso, se considerará para partículas totales el mismo VTR que para PM₁₀, siguiendo un criterio conservador en la evaluación de riesgos.
- Para el talio y el vanadio no existe VTR asociado, por lo que se incluirán en la modelización para el cálculo de la concentración en inmisión pero no se considerarán para el análisis de riesgos por inhalación.
- El cadmio no dispone de un valor de ERU (Exceso de Riesgo Unitario) asociado a la exposición por vía oral, dado que tanto la base de datos del IRIS como de OEHHA consideran que, con la información que se dispone actualmente, no es posible determinar un valor de ERU. Por lo tanto, el cadmio no se considerará en el cálculo del exceso de riesgo individual (ERI) por vía oral en el análisis de riesgos.

las plantas, así como para el caso hipotético de emisiones iguales a los valores límite establecidos. Además, el modelo proporciona la tasa másica de deposición de contaminantes en el suelo.

A partir de estos datos se realizó el análisis de riesgos por inhalación y por ingestión. Para la evaluación de riesgos por inhalación se contrastó la concentración en inmisión de cada contaminante con los VTRs correspondientes. Para la evaluación por ingestión se empleó un modelo cinético que permite calcular la dosis a la que está expuesto cada receptor debido a la transferencia de los contaminantes depositados a través de la cadena alimentaria.

En los siguientes apartados se muestran los resultados obtenidos para inhalación e ingestión a partir de los valores de emisión de cada planta.

Para inhalación se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y Exceso de Riesgo Individual máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores. Se han calculado los índices ERI tanto para trabajadores como para residentes. En las tablas se incluyen los resultados para residentes ya que presentan una exposición mayor que los trabajadores.

4. Resultados obtenidos

Para cada contaminante o trazador, se han calculado las concentraciones medias anuales en inmisión para las emisiones reales de

El análisis de riesgos por ingestión considera únicamente la exposición para las zonas residenciales. Por tanto, en el análisis de riesgos potenciales se han excluido los receptores situados en zonas industriales.

■ **Tabla 4. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión. Planta de Lorca (Holcim).**

| Exposición por inhalación | Efectos con umbral | | Efectos sin umbral | |
|---------------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|
| | IR | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| NO _x | 1,11E-02 | 1,54E-04 | - | - |
| SO ₂ | 3,03E-03 | 4,21E-05 | - | - |
| HCl | 6,62E-05 | 9,19E-07 | - | - |
| HF | 7,27E-06 | 1,01E-07 | - | - |
| CO | 4,06E-05 | 5,63E-07 | - | - |
| PM tot | 3,23E-04 | 7,50E-06 | - | - |
| Dioxinas y furanos | 3,39E-08 | 1,30E-09 | - | - |
| Sb | 1,86E-06 | 2,70E-08 | - | - |
| As | 8,66E-05 | 1,26E-06 | 3,68E-09 | 5,34E-11 |
| Cd | 2,33E-05 | 3,33E-07 | 3,59E-10 | 5,14E-12 |
| Co | 4,65E-06 | 6,75E-08 | - | - |
| Cu | 7,83E-07 | 1,14E-08 | - | - |
| Cr III | 4,13E-09 | 1,10E-10 | - | - |
| Cr VI | 5,78E-06 | 1,54E-07 | 9,92E-09 | 2,64E-10 |
| Mn | 8,60E-05 | 1,25E-06 | - | - |
| Hg | 1,85E-06 | 2,69E-08 | - | - |
| Ni | 1,86E-05 | 2,71E-07 | 2,73E-10 | 3,97E-12 |
| Pb | 3,71E-06 | 5,39E-08 | 9,53E-12 | 1,39E-13 |
| REFERENCIA | 1 | | 1·10 ⁻⁵ | |

■ **Tabla 5. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (inhalación). Planta de Lorca (Holcim).**

| Contaminante | Índice de riesgo |
|--------------------|--|
| NO _x | Entre 100 y 10.000 veces por debajo del umbral. |
| SO ₂ | Entre 1.000 y 100.000 veces por debajo del umbral. |
| Gases: CO, HCl, HF | Entre 100.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Partículas | Entre 10.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Dioxinas y Furanos | Entre 100.000.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Metales | Entre 100.000 y 10.000.000.000 veces por debajo del umbral. |

4.1 Resultados del análisis de riesgos potenciales. Planta de Holcim en Lorca

4.1.1 Resultados de la exposición por inhalación

En la Tabla 4 se muestran los resultados de riesgo obtenidos para inhalación, a partir de los valores de emisión de la planta.

Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y Exceso de Riesgo Individual máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

Los resultados del Índice de Riesgo (IR) menores que 1 muestran que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los umbrales definidos a partir de los cuales no se

■ **Tabla 6. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (inhalación). Planta de Lorca (Holcim).**

| Contaminante | Valor de ERI |
|--------------|---|
| As, Cr VI | Entre 10.000 y 1.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |
| Cd, Pb, Ni | Entre 100.000 y 100.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1/100.000.

■ **Tabla 7. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores en la hipótesis de valores límite de emisión. Planta de Lorca (Holcim).**

| Exposición por inhalación | Efectos con umbral | | Efectos sin umbral | |
|----------------------------|--------------------|----------|--------------------------|----------|
| | IR | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| NO _x | 1,13E-02 | 1,57E-04 | - | - |
| SO ₂ | 1,39E-02 | 1,92E-04 | - | - |
| HCl | 2,80E-04 | 3,89E-06 | - | - |
| HF | 4,36E-05 | 6,06E-07 | - | - |
| PM tot | 5,65E-04 | 1,92E-05 | - | - |
| Dioxinas y furanos | 2,30E-05 | 8,86E-07 | - | - |
| Sb | 2,58E-05 | 3,74E-07 | - | - |
| As | 1,20E-03 | 1,75E-05 | 5,11E-08 | 7,41E-10 |
| Cd | 3,37E-04 | 1,29E-05 | 5,19E-9 | 2,00E-10 |
| Co | 6,45E-05 | 9,36E-07 | - | - |
| Cu | 1,10E-05 | 1,59E-07 | - | - |
| Cr III | 6,19E-08 | 2,38E-09 | - | - |
| Cr VI | 8,68E-05 | 3,34E-06 | 1,49E-07 | 5,72E-09 |
| Mn | 1,19E-03 | 1,73E-05 | - | - |
| Hg | 7,17E-05 | 1,04E-06 | - | - |
| Ni | 2,59E-04 | 3,76E-06 | 3,79E-09 | 5,50E-11 |
| Pb | 5,16E-05 | 7,48E-07 | 1,33E-10 | 1,92E-12 |
| VALOR DE REFERENCIA | 1 | | 1·10⁻⁵ | |

considera que exista riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 5 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la Tabla 6 se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

En la Tabla 7 se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación

europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

4.1.2 Resultados de la exposición por ingestión

A continuación, en la Tabla 8 se muestran los resultados de riesgo obtenidos para ingestión, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los Índices IR (Índice de Riesgo) y ERI (Exceso de Riesgo Individual) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 9 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar

■ **Tabla 8. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión. Planta de Lorca (Holcim).**

| Exposición por ingestión | Efectos con umbral | | | | Efectos sin umbral | |
|--------------------------|--------------------|----------|------------|----------|--------------------|----------|
| | IR NIÑOS | | IR ADULTOS | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| Dioxinas y furanos | 2,51E-06 | 1,01E-07 | 7,06E-07 | 2,83E-08 | - | - |
| Sb | 1,67E-06 | 2,54E-08 | 3,33E-07 | 5,09E-09 | - | - |
| As | 1,19E-06 | 1,82E-08 | 2,24E-07 | 3,42E-09 | 4,33E-11 | 6,60E-13 |
| Cd | 2,67E-07 | 4,02E-09 | 5,87E-08 | 8,83E-10 | - | - |
| Pb | 1,50E-06 | 2,29E-08 | 1,77E-07 | 2,70E-09 | 2,30E-12 | 3,51E-14 |
| Tl | 5,38E-06 | 2,16E-07 | 6,88E-07 | 2,76E-08 | - | - |
| V | 4,81E-06 | 7,33E-08 | 5,39E-07 | 8,22E-09 | - | - |
| REFERENCIA | 1 | | | | 1·10 ⁻⁵ | |

■ **Tabla 9. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (ingestión). Planta de Lorca (Holcim).**

| Contaminante | Índice de riesgo |
|--------------------|--|
| Dioxinas y furanos | Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Metales | Entre 1.000.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral. |

■ **Tabla 10. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (ingestión). Planta de Lorca (Holcim).**

| Contaminante | Valor de ERI |
|--------------|--|
| As | Entre 1.000.000 y 100.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |
| Pb | Entre 10.000.000 y 1.000.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1/100.000.

■ **Tabla 11. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores límite de emisión. Planta de Lorca (Holcim).**

| Exposición por ingestión | Efectos con umbral | | | | Efectos sin umbral | |
|----------------------------|--------------------|----------|------------|----------|--------------------------|----------|
| | IR NIÑOS | | IR ADULTOS | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| Dioxinas y Furanos | 9,49E-05 | 3,81E-06 | 2,67E-05 | 1,07E-06 | - | - |
| Sb | 2,32E-05 | 3,53E-07 | 4,63E-06 | 7,06E-08 | - | - |
| As | 1,66E-05 | 2,52E-07 | 3,12E-06 | 4,75E-08 | 6,01E-10 | 9,16E-12 |
| Cd | 4,11E-06 | 1,65E-07 | 9,03E-07 | 3,62E-08 | - | - |
| Pb | 2,09E-05 | 3,18E-07 | 2,46E-06 | 3,75E-08 | 3,20E-11 | 4,88E-13 |
| TI | 5,21E-05 | 7,93E-07 | 6,66E-06 | 1,01E-07 | - | - |
| V | 6,68E-05 | 1,02E-06 | 7,49E-06 | 1,14E-07 | - | - |
| VALOR DE REFERENCIA | 1 | | | | 1·10⁻⁵ | |

una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la Tabla 10 se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

En la Tabla 11 se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

Se ha calculado, además, la deposición de contaminantes (cantidad de contaminantes sedimentada sobre el suelo) que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo) para las personas que se alimentaran a base de vege-

tales cultivados en ese terreno. En la Tabla 12 se presentan estos valores, denominados deposición seca umbral (F_{umb}) y además se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos a partir de las emisiones de la planta en el conjunto de los receptores (F).

Los resultados obtenidos para el cociente F/F_{umb} están muy por debajo de la unidad. Esto implica que los valores de deposición de contaminantes procedentes de la planta están al menos un millón de veces por debajo de la deposición que daría lugar a un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad.

4.2 Resultados del análisis de riesgos potenciales. Planta de Lafarge en Montcada

4.2.1 Resultados de la exposición por inhalación

En la Tabla 13 se muestran los resultados de riesgo obtenidos para inhalación, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y Exceso de Riesgo Individual máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

■ **Tabla 12. Deposición seca máxima y cociente entre el valor más desfavorable de deposición y la deposición máxima calculada. Planta de Lorca (Holcim).**

| Receptor con mayor tasa de deposición | F_{umb} ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)* | | Cociente F/F_{umb} ** | |
|---------------------------------------|--|----------|-------------------------|----------|
| | Adultos | Niños | Adultos | Niños |
| Dioxinas y furanos | 3,75E-09 | 1,05E-09 | 7,12E-07 | 2,54E-06 |
| Sb | 1,25E-02 | 2,51E-03 | 3,86E-07 | 1,91E-06 |
| As | 1,78E-02 | 3,42E-03 | 2,70E-07 | 1,40E-06 |
| Cd | 1,32E-02 | 2,90E-03 | 6,50E-08 | 2,96E-07 |
| Pb | 1,31E-02 | 1,81E-03 | 2,61E-07 | 1,89E-06 |
| TI | 3,06E-03 | 4,47E-04 | 9,89E-07 | 6,78E-06 |
| V | 1,05E-03 | 1,41E-04 | 8,19E-07 | 6,11E-06 |

*Deposición seca umbral (IR=1).

**Cociente entre la deposición seca del receptor con una deposición asociada más elevada y la deposición seca umbral.

■ **Tabla 13. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión. Planta de Montcada (Lafarge).**

| Exposición por inhalación | Sustancias con umbral | | Sustancias sin umbral | |
|---------------------------|-----------------------|----------|--------------------------|----------|
| | IR | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| NO _x | 2,19E-01 | 3,53E-02 | - | - |
| SO ₂ | 1,81E-02 | 2,93E-03 | - | - |
| HCl | 6,03E-05 | 9,74E-06 | - | - |
| HF | 1,98E-04 | 3,21E-05 | - | - |
| CO | 8,25E-04 | 1,33E-04 | - | - |
| PM tot | 5,48E-03 | 1,19E-03 | - | - |
| Dioxinas y furanos | 1,11E-06 | 2,41E-07 | - | - |
| Sb | 2,90E-05 | 4,65E-06 | - | - |
| As | 3,55E-03 | 5,70E-04 | 1,51E-07 | 2,42E-08 |
| Cd | 1,24E-02 | 1,99E-03 | 1,92E-07 | 3,08E-08 |
| Co | 2,39E-05 | 3,84E-06 | - | - |
| Cu | 3,42E-04 | 5,49E-05 | - | - |
| Cr III | 3,44E-06 | 5,53E-07 | - | - |
| Cr VI | 8,85E-04 | 1,42E-04 | 1,52E-06 | 2,44E-07 |
| Mn | 2,20E-02 | 3,54E-03 | - | - |
| Hg | 2,60E-04 | 4,14E-05 | - | - |
| Ni | 5,00E-03 | 8,03E-04 | 7,33E-08 | 1,18E-08 |
| Pb | 7,87E-04 | 1,71E-04 | 2,02E-09 | 4,39E-10 |
| REFERENCIA | 1 | | 1·10⁻⁵ | |

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 14 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

■ **Tabla 14. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (inhalación). Planta de Montcada (Lafarge).**

| Contaminante | Índice de riesgo |
|--------------------|---|
| NO _x | Entre 10 y 100 veces por debajo del umbral. |
| SO ₂ | Entre 100 y 1.000 veces por debajo del umbral. |
| Gases: CO, HCl, HF | Entre 10.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Partículas | Aproximadamente, 1.000 veces por debajo del umbral. |
| Dioxinas y furanos | Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Metales | Entre 100 y 10.000.000 veces por debajo del umbral. |

■ **Tabla 15. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (inhalación). Planta de Montcada (Lafarge).**

| Contaminante | Valor de ERI |
|--------------|---|
| As, Cr VI | Entre 10 y 1.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |
| Cd, Pb, Ni | Entre 100 y 100.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1/100.000.

■ **Tabla 16. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores límite de emisión. Planta de Montcada (Lafarge).**

| Exposición por inhalación | Sustancias con umbral | | Sustancias sin umbral | |
|---------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | IR | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| NO _x | 2,41E-01 | 3,89E-02 | - | - |
| SO ₂ | 3,02E-02 | 4,86E-03 | - | - |
| HCl | 6,08E-03 | 9,81E-04 | - | - |
| HF | 8,87E-04 | 1,43E-04 | - | - |
| PM tot | 1,63E-02 | 3,54E-03 | - | - |
| Dioxinas y furanos | 2,72E-05 | 5,89E-06 | - | - |
| Sb | 5,27E-05 | 8,63E-06 | - | - |
| As | 6,45E-03 | 1,06E-03 | 2,73E-07 | 4,48E-08 |
| Cd | 1,02E-02 | 1,67E-03 | 1,57E-07 | 2,58E-08 |
| Co | 4,34E-05 | 7,11E-06 | - | - |
| Cu | 6,22E-04 | 1,02E-04 | - | - |
| Cr III | 6,27E-06 | 1,03E-06 | - | - |
| Cr VI | 1,61E-03 | 2,64E-04 | 2,76E-06 | 4,52E-07 |
| Mn | 4,01E-02 | 6,56E-03 | - | - |
| Hg | 1,87E-03 | 3,04E-04 | - | - |
| Ni | 9,11E-03 | 1,49E-03 | 1,34E-07 | 2,19E-08 |
| Pb | 1,46E-03 | 3,16E-04 | 3,75E-09 | 8,13E-10 |
| REFERENCIA | 1 | | 1·10 ⁻⁵ | |

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la Tabla 15 se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

En la Tabla 16 se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en

su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

■ **Tabla 17. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión. Planta de Montcada (Lafarge).**

| Exposición por ingestión | Efectos con umbral | | | | Efectos sin umbral | |
|--------------------------|--------------------|----------|------------|----------|--------------------|----------|
| | IR NIÑOS | | IR ADULTOS | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| Dioxinas y furanos | 4,86E-05 | 1,12E-05 | 1,37E-05 | 3,15E-06 | - | - |
| Sb | 9,48E-06 | 1,62E-06 | 2,11E-06 | 3,61E-07 | - | - |
| As | 2,03E-05 | 3,48E-06 | 4,62E-06 | 7,92E-07 | 8,91E-10 | 1,53E-10 |
| Cd | 4,72E-05 | 8,09E-06 | 1,08E-05 | 1,85E-06 | - | - |
| Pb | 9,87E-05 | 2,27E-05 | 1,20E-05 | 2,76E-06 | 1,56E-10 | 3,60E-11 |
| TI | 5,16E-04 | 1,19E-04 | 8,53E-05 | 1,96E-05 | - | - |
| V | 1,32E-03 | 3,03E-04 | 1,52E-04 | 3,51E-05 | - | - |
| REFERENCIA | 1 | | | | 1·10 ⁻⁵ | |

4.2.2 Resultados de la exposición por ingestión

En la Tabla 17 se muestran los resultados obtenidos para ingestión, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y ERI (Exceso de Riesgo Individual) máximo y mínimo obtenido para el conjunto de todos los receptores.

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 18 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la Tabla 19 se indican los valores de ERI para cada

grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

En la Tabla 20 se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

Se ha calculado, además, la deposición de contaminantes (cantidad de contaminantes sedimentada sobre el suelo) que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo) para las personas que se alimentaran a base de vegetales cultivados en ese terreno. En la Tabla 21 se presentan estos valores, denominados deposición seca umbral (F_{umb}) y además se comparan con

■ **Tabla 18. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (ingestión). Planta de Montcada (Lafarge).**

| Contaminante | Índice de riesgo |
|--------------------|--|
| Dioxinas y furanos | Entre 100.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Metales | Entre 1.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral. |

■ **Tabla 19. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (ingestión). Planta de Montcada (Lafarge).**

| Contaminante | Valor de ERI |
|--------------|---|
| As | Aproximadamente 100.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |
| Pb | Entre 100.000 y 1.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1/100.000.

■ **Tabla 20. Resultados obtenidos para los receptores más afectados por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores límite de emisión. Planta de Montcada (Lafarge).**

| Exposición por ingestión | Efectos con umbral | | | | Efectos sin umbral | |
|--------------------------|--------------------|----------|------------|----------|--------------------|----------|
| | IR NIÑOS | | IR ADULTOS | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| Dioxinas y furanos | 1,19E-03 | 2,73E-04 | 3,34E-04 | 7,68E-05 | - | - |
| Sb | 1,73E-05 | 3,01E-06 | 3,85E-06 | 6,69E-07 | - | - |
| As | 3,71E-05 | 6,45E-06 | 8,44E-06 | 1,47E-06 | 1,63E-09 | 2,83E-10 |
| Cd | 3,90E-05 | 6,78E-06 | 8,93E-06 | 1,55E-06 | - | - |
| Pb | 1,83E-04 | 4,21E-05 | 2,23E-05 | 5,12E-06 | 2,90E-10 | 6,66E-11 |
| Tl | 4,05E-04 | 9,30E-05 | 6,69E-05 | 1,54E-05 | - | - |
| V | 2,44E-03 | 5,62E-04 | 2,83E-04 | 6,50E-05 | - | - |
| REFERENCIA | 1 | | | | 1·10 ⁻⁵ | |

■ **Tabla 21. Deposición seca máxima y cociente entre el valor más desfavorable de deposición y la deposición máxima calculada. Planta de Montcada (Lafarge).**

| Receptor con mayor tasa de deposición | F _{umb} (µg/m ² /s)* | | Cociente F/F _{umb} ** | |
|---------------------------------------|--|----------|--------------------------------|----------|
| | Adultos | Niños | Adultos | Niños |
| Dioxinas y furanos | 3,75E-09 | 1,05E-09 | 1,38E-05 | 4,91E-05 |
| Sb | 2,00E-02 | 4,42E-03 | 2,36E-06 | 1,07E-05 |
| As | 2,38E-02 | 5,38E-03 | 5,19E-06 | 2,30E-05 |
| Cd | 2,44E-02 | 5,54E-03 | 1,18E-05 | 5,20E-05 |
| Pb | 2,62E-02 | 3,68E-03 | 1,75E-05 | 1,24E-04 |
| Tl | 4,50E-03 | 7,83E-04 | 1,09E-04 | 6,27E-04 |
| V | 2,10E-03 | 2,86E-04 | 2,28E-04 | 1,67E-03 |

*Deposición seca umbral (IR=1).

**Cociente entre la deposición seca del receptor con una deposición asociada más elevada y la deposición seca umbral.

los valores de deposición más elevados obtenidos a partir de las emisiones de la planta en el conjunto de los receptores (F).

Los resultados obtenidos para el cociente F/F_{umb} están muy por debajo de la unidad. Esto implica que los valores de deposición de contaminantes procedentes de la planta están al menos mil veces por debajo de la deposición que daría lugar a un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad.

4.3 Resultados del análisis de riesgos potenciales. Planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca

4.3.1 Resultados de la exposición por inhalación

En la Tabla 22 se muestran los resultados de riesgo obtenidos para inhalación, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y Exceso de Riesgo Individual máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

■ **Tabla 22. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión. Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).**

| Exposición por inhalación | Sustancias con umbral | | Sustancias sin umbral | |
|---------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | IR | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| NO _x | 6,84E-02 | 1,12E-02 | - | - |
| SO ₂ | 1,84E-02 | 2,98E-03 | - | - |
| HCl | 4,26E-05 | 6,95E-06 | - | - |
| HF | 6,17E-05 | 9,99E-06 | - | - |
| CO | 1,23E-03 | 1,99E-04 | - | - |
| PM tot | 7,15E-04 | 9,92E-05 | - | - |
| Dioxinas y furanos | 1,58E-06 | 2,16E-07 | - | - |
| Sb | 1,55E-05 | 2,37E-06 | - | - |
| As | 7,23E-04 | 1,11E-04 | 3,07E-08 | 4,35E-09 |
| Cd | 1,59E-03 | 2,41E-04 | 2,45E-08 | 3,36E-09 |
| Co | 4,89E-05 | 7,49E-06 | - | - |
| Cu | 5,38E-05 | 8,17E-06 | - | - |
| Cr III | 2,20E-07 | 3,35E-08 | - | - |
| Cr VI | 5,65E-05 | 8,60E-06 | 9,68E-08 | 1,35E-08 |
| Mn | 3,57E-04 | 5,42E-05 | - | - |
| Hg | 7,65E-05 | 1,18E-05 | - | - |
| Ni | 2,94E-04 | 4,47E-05 | 4,31E-09 | 5,99E-10 |
| Pb | 2,89E-05 | 4,07E-06 | 7,43E-11 | 9,35E-12 |
| REFERENCIA | 1 | | 1·10 ⁻⁵ | |

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 23 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud. Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para

■ **Tabla 23. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (inhalación). Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).**

| Contaminante | Índice de riesgo |
|--------------------|---|
| NO _x | Aproximadamente 100 veces por debajo del umbral. |
| SO ₂ | Entre 100 y 1.000 veces por debajo del umbral. |
| Gases: CO, HCl, HF | Entre 1.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Partículas | Entre 10.000 y 100.000 veces por debajo del umbral. |
| Dioxinas y furanos | Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Metales | Entre 1.000 y 100.000.000 veces por debajo del umbral. |

■ **Tabla 24. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (inhalación). Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).**

| Contaminante | Valor de ERI |
|--------------|--|
| As, Cr VI | Entre 1.000. y 10.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |
| Cd, Pb, Ni | Entre 1.000 y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1/100.000.

■ **Tabla 25. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite. Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).**

| Exposición por inhalación | Sustancias con umbral | | Sustancias sin umbral | |
|---------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | IR | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| NO _x | 7,14E-02 | 1,18E-02 | - | - |
| SO ₂ | 1,07E-01 | 1,78E-02 | - | - |
| HCl | 1,76E-03 | 2,92E-04 | - | - |
| HF | 2,80E-04 | 4,64E-05 | - | - |
| PM tot | 8,22E-03 | 9,97E-04 | - | - |
| Dioxinas y furanos | 1,37E-05 | 1,66E-06 | - | - |
| Sb | 2,45E-04 | 3,59E-05 | - | - |
| As | 1,14E-02 | 1,68E-03 | 4,85E-07 | 7,11E-08 |
| Cd | 9,82E-03 | 1,52E-03 | 1,52E-07 | 2,34E-08 |
| Co | 6,91E-04 | 1,01E-04 | - | - |
| Cu | 2,47E-04 | 3,63E-05 | - | - |
| Cr III | 2,04E-06 | 3,00E-07 | - | - |
| Cr VI | 5,26E-04 | 7,72E-05 | 9,02E-07 | 1,32E-07 |
| Mn | 2,11E-03 | 3,09E-04 | - | - |
| Hg | 5,86E-04 | 8,60E-05 | - | - |
| Ni | 2,02E-03 | 2,96E-04 | 2,96E-08 | 4,34E-09 |
| Pb | 4,21E-04 | 5,54E-05 | 1,08E-09 | 1,42E-10 |
| REFERENCIA | 1 | | 1·10 ⁻⁵ | |

la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la Tabla 24 se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

En la Tabla 25 se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

4.3.2 Resultados de la exposición por ingestión

En la Tabla 26 se muestran los resultados obtenidos para ingestión, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y ERI (Exceso de

Riesgo Unitario) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 27 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la Tabla 28 se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

En la Tabla 29 se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en

■ **Tabla 26. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión. Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).**

| Exposición por ingestión | Efectos con umbral | | | | Efectos sin umbral | |
|--------------------------|--------------------|----------|------------|----------|--------------------|----------|
| | IR NIÑOS | | IR ADULTOS | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| Dioxinas y furanos | 9,33E-04 | 7,36E-05 | 2,62E-04 | 2,07E-05 | - | - |
| Sb | 1,03E-05 | 1,24E-06 | 2,05E-06 | 2,47E-07 | - | - |
| As | 7,33E-06 | 8,85E-07 | 1,38E-06 | 1,66E-07 | 2,65E-10 | 3,20E-11 |
| Cd | 1,35E-05 | 1,60E-06 | 2,97E-06 | 3,52E-07 | - | - |
| Pb | 8,80E-06 | 9,35E-07 | 1,04E-06 | 1,10E-07 | 1,35E-11 | 1,44E-12 |
| Tl | 2,65E-05 | 3,20E-06 | 3,38E-06 | 4,09E-07 | - | - |
| V | 5,91E-04 | 6,22E-05 | 6,63E-05 | 6,97E-06 | - | - |
| REFERENCIA | 1 | | | | 1·10 ⁻⁵ | |

■ **Tabla 27. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (ingestión). Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).**

| Contaminante | Índice de riesgo |
|--------------------|--|
| Dioxinas y furanos | Entre 10.000 y 100.000 veces por debajo del umbral. |
| Metales | Entre 10.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral. |

■ **Tabla 28. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (ingestión). Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).**

| Contaminante | Valor de ERI |
|--------------|--|
| As | Entre 100.000. y 1.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |
| Pb | Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |

■ **Tabla 29. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite. Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).**

| Exposición por ingestión | Efectos con umbral | | | | Efectos sin umbral | |
|--------------------------|--------------------|----------|------------|----------|--------------------|----------|
| | IR NIÑOS | | IR ADULTOS | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| Dioxinas y uranos | 8,02E-03 | 6,43E-04 | 2,26E-03 | 1,81E-04 | - | - |
| Sb | 1,62E-04 | 1,99E-05 | 3,23E-05 | 3,98E-06 | - | - |
| As | 1,16E-04 | 1,42E-05 | 2,17E-05 | 2,67E-06 | 4,19E-09 | 5,15E-10 |
| Cd | 8,28E-05 | 1,05E-05 | 1,82E-05 | 2,30E-06 | - | * |
| Pb | 1,28E-04 | 1,37E-05 | 1,51E-05 | 1,62E-06 | 1,96E-10 | 2,11E-11 |
| TI | 2,74E-04 | 3,40E-05 | 3,50E-05 | 4,34E-06 | - | - |
| V | 5,56E-03 | 5,86E-04 | 6,23E-04 | 6,56E-05 | - | - |
| REFERENCIA | 1 | | | | 1·10 ⁻⁵ | |

■ **Tabla 30. Deposición seca máxima y cociente entre el valor más desfavorable de deposición y la deposición máxima calculada. Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).**

| Receptor con mayor tasa de deposición | F _{umb} (µg/m ² /s)* | | Cociente F/F _{umb} ** | |
|---------------------------------------|--|----------|--------------------------------|----------|
| | Adultos | Niños | Adultos | Niños |
| Dioxinas y uranos | 3,75E-09 | 1,05E-09 | 6,33E-04 | 2,26E-03 |
| Sb | 1,24E-02 | 2,50E-03 | 5,54E-06 | 2,75E-05 |
| As | 1,78E-02 | 3,40E-03 | 3,86E-06 | 2,01E-05 |
| Cd | 1,31E-02 | 2,88E-03 | 7,18E-06 | 3,28E-05 |
| Pb | 1,30E-02 | 1,80E-03 | 3,62E-06 | 2,62E-05 |
| TI | 3,05E-03 | 4,43E-04 | 1,13E-05 | 7,76E-05 |
| V | 1,04E-03 | 1,40E-04 | 2,21E-04 | 1,65E-03 |

*Deposición seca umbral (IR=1).

**Cociente entre la deposición seca del receptor con una deposición asociada más elevada y la deposición seca umbral.

niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

Se ha calculado, además, la deposición de contaminantes (cantidad de contaminantes sedimentada sobre el suelo) que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo) para las personas que se alimentaran a base de vegetales cultivados en ese terreno. En la Tabla 30 se presentan estos valores, denominados deposición seca umbral (F_{umb}) y además se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos a partir de las emisiones de la planta en el conjunto de los receptores (F).

Los resultados obtenidos para el cociente F/F_{umb} están muy por debajo de la unidad. Esto implica que los valores de deposición

de contaminantes procedentes de la planta están al menos mil veces por debajo de la deposición que daría lugar a un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad.

[4.4 Resultados del análisis de riesgos potenciales. Planta de Cemex en Castillejo](#)

4.4.1 Resultados de la exposición por inhalación

En la Tabla 31 se muestran los resultados de riesgo obtenidos para inhalación, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y Exceso de Riesgo Individual máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 32 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado

■ **Tabla 31. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión. Planta de Castillejo (Cemex).**

| Exposición por inhalación | Sustancias con umbral | | Sustancias sin umbral | |
|---------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | IR | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| NO _x | 6,07E-02 | 8,58E-04 | - | - |
| SO ₂ | 1,75E-04 | 2,49E-06 | - | - |
| HCl | 9,23E-04 | 1,32E-05 | - | - |
| HF | 3,36E-05 | 4,74E-07 | - | - |
| CO | 1,11E-04 | 1,55E-06 | - | - |
| PM tot | 1,72E-03 | 2,24E-05 | - | - |
| Dioxinas y furanos | 3,88E-07 | 5,75E-09 | - | - |
| Sn | 8,36E-09 | 1,25E-10 | - | - |
| As | 7,94E-04 | 1,18E-05 | 3,37E-08 | 5,02E-10 |
| Cd | 9,64E-04 | 1,42E-05 | 1,49E-08 | 2,19E-10 |
| Zn | 6,79E-08 | 1,01E-09 | - | - |
| Cu | 8,01E-06 | 1,17E-07 | - | - |
| Cr III | 2,04E-07 | 3,05E-09 | - | - |
| Cr VI | 5,22E-05 | 7,82E-07 | 8,96E-08 | 1,34E-09 |
| Mn | 9,91E-04 | 1,46E-05 | - | - |
| Hg | 4,19E-05 | 6,27E-07 | - | - |
| Ni | 2,01E-04 | 2,99E-06 | 2,95E-09 | 4,38E-11 |
| Pb | 2,14E-04 | 3,23E-06 | 5,51E-10 | 8,30E-12 |
| REFERENCIA | 1 | | 1·10 ⁻⁵ | |

con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de

resumen, en la Tabla 33 se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa:

En la Tabla 34 se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en

■ **Tabla 32. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (inhalación). Planta de Castillejo (Cemex).**

| Contaminante | Índice de riesgo |
|--------------------|---|
| NO _x | Entre 100 y 10.000 veces por debajo del umbral. |
| SO ₂ | Entre 10.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Gases: CO, HCl, HF | Entre 10.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Partículas | Entre 1.000 y 100.000 veces por debajo del umbral. |
| Dioxinas y furanos | Entre 10.000.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Metales | Entre 10.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral. |

■ **Tabla 33. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (inhalación). Planta de Castillejo (Cemex).**

| Contaminante | Valor de ERI |
|--------------|--|
| As, Cr VI | Entre 1.000 y 100.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |
| Cd, Pb, Ni | Entre 1.000 y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1/100.000.

■ **Tabla 34. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite. Planta de Castillejo (Cemex).**

| Exposición por inhalación | Sustancias con umbral | | Sustancias sin umbral | |
|---------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | IR | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| NO _x | 1,12E-01 | 1,59E-03 | - | - |
| SO ₂ | 5,61E-03 | 7,98E-05 | - | - |
| HCl | 2,81E-03 | 3,99E-05 | - | - |
| HF | 4,01E-04 | 5,69E-06 | - | - |
| CO | 3,74E-04 | 5,60E-06 | - | - |
| PM tot | 7,72E-03 | 1,01E-04 | - | - |
| Dioxinas y furanos | 7,79E-06 | 1,17E-07 | - | - |
| Sb | 2,22E-03 | 3,33E-05 | - | - |
| As | 7,15E-03 | 1,07E-04 | 3,03E-07 | 4,55E-09 |
| Cd | 1,56E-02 | 2,33E-04 | 2,40E-07 | 3,60E-09 |
| Co | 3,11E-02 | 4,66E-04 | - | - |
| Cu | 1,36E-03 | 2,07E-05 | - | - |
| Cr III | 1,90E-06 | 2,86E-08 | - | - |
| Cr VI | 4,89E-04 | 7,36E-06 | 8,38E-07 | 1,26E-08 |
| Mn | 7,67E-03 | 1,14E-04 | - | - |
| Hg | 1,04E-03 | 1,55E-05 | - | - |
| Ni | 1,73E-03 | 2,59E-05 | 2,54E-08 | 3,80E-10 |
| Pb | 2,18E-03 | 3,30E-05 | 5,60E-09 | 8,48E-11 |
| Zn | 6,13E-07 | 9,20E-09 | - | - |
| Sn | 8,16E-08 | 1,23E-09 | - | - |
| REFERENCIA | 1 | | 1·10 ⁻⁵ | |

niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se

apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

4.4.2 Resultados de la exposición por ingestión

En la Tabla 35 se muestran los resultados de riesgo obtenidos para ingestión, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y ERI

■ **Tabla 35. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión. Planta de Castillejo (Cemex).**

| Exposición por ingestión | Efectos con umbral | | | | Efectos sin umbral | |
|--------------------------|--------------------|----------|------------|----------|--------------------|----------|
| | IR NIÑOS | | IR ADULTOS | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| Dioxinas y furanos | 1,76E-05 | 3,53E-07 | 4,95E-06 | 9,94E-08 | - | - |
| Sn | 3,25E-07 | 6,56E-09 | 9,20E-08 | 1,85E-09 | - | - |
| As | 5,21E-06 | 1,05E-07 | 1,13E-06 | 2,27E-08 | 2,17E-10 | 4,38E-12 |
| Cd | 4,49E-06 | 9,00E-08 | 1,01E-06 | 2,03E-08 | - | - |
| Pb | 3,37E-05 | 6,80E-07 | 4,06E-06 | 8,20E-08 | 5,28E-11 | 1,07E-12 |
| TI | 2,28E-05 | 4,58E-07 | 3,52E-06 | 7,05E-08 | - | - |
| Zn | 1,94E-06 | 3,91E-08 | 5,55E-07 | 1,12E-08 | - | - |
| REFERENCIA | 1 | | | | 1·10 ⁻⁵ | |

■ **Tabla 36. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (ingestión). Planta de Castillejo (Cemex).**

| Contaminante | Índice de riesgo |
|--------------------|--|
| Dioxinas y furanos | Entre 100.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral. |
| Metales | Entre 100.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral. |

■ **Tabla 37. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (ingestión). Planta de Castillejo (Cemex).**

| Contaminante | Índice de riesgo |
|--------------|--|
| As | Entre 100.000. y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |
| Pb | Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*. |

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1/100.000.

(Exceso de Riesgo Unitario) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 36 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la Tabla 37 se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

En la Tabla 38 se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

Se ha calculado, además, la deposición de contaminantes (cantidad de contaminantes sedimentada sobre el suelo) que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo) para las personas que se alimentaran a base de vegetales cultivados en ese terreno. En la Tabla 39 se presentan estos valores, denominados deposición seca umbral (Fumb) y además se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos a partir de las emisiones de la planta en el conjunto de los receptores (F).

■ **Tabla 38. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores límite de emisión. Planta de Castillejo (Cemex).**

| Exposición por ingestión | Efectos con umbral | | | | Efectos sin umbral | |
|--------------------------|--------------------|----------|------------|----------|--------------------|----------|
| | IR NIÑOS | | IR ADULTOS | | ERI Residentes | |
| | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| Dioxinas y furanos | 3,53E-04 | 7,12E-06 | 9,94E-05 | 2,00E-06 | - | - |
| Sb | 8,67E-04 | 1,75E-05 | 1,87E-04 | 3,76E-06 | - | - |
| As | 4,69E-05 | 9,46E-07 | 1,02E-05 | 2,05E-07 | 1,96E-09 | 3,95E-11 |
| Cd | 7,27E-05 | 1,46E-06 | 1,64E-05 | 3,31E-07 | - | - |
| Pb | 3,43E-04 | 6,92E-06 | 4,13E-05 | 8,34E-07 | 5,37E-10 | 1,09E-11 |
| Tl | 4,50E-04 | 9,07E-06 | 6,94E-05 | 1,40E-06 | - | - |
| V | 1,25E-02 | 2,52E-04 | 1,43E-03 | 2,88E-05 | - | - |
| Sn | 3,18E-06 | 6,42E-08 | 8,99E-07 | 1,82E-08 | - | - |
| Zn | 1,75E-05 | 3,54E-07 | 5,01E-06 | 1,01E-07 | - | - |
| REFERENCIA | 1 | | | | 1·10 ⁻⁵ | |

■ **Tabla 39. Deposición seca máxima y cociente entre el valor más desfavorable de deposición y la deposición máxima calculada. Planta de Castillejo (Cemex).**

| Receptor con mayor tasa de deposición | F _{umb} (µg/m ² /s)* | | Cociente F/F _{umb} ** | |
|---------------------------------------|--|----------|--------------------------------|----------|
| | Adultos | Niños | Adultos | Niños |
| Dioxinas y furanos | 3,78E-09 | 1,06E-09 | 4,95E-06 | 1,76E-05 |
| Sb | 2,01E-02 | 4,34E-03 | - | - |
| As | 2,55E-02 | 5,51E-03 | 1,13E-06 | 3,08E-06 |
| Cd | 2,29E-02 | 5,17E-03 | 1,01E-06 | 2,74E-06 |
| Pb | 3,19E-02 | 3,84E-03 | 4,06E-06 | 1,95E-05 |
| Tl | 5,42E-03 | 8,35E-04 | 3,52E-06 | 1,39E-05 |
| V | 2,63E-03 | 3,01E-04 | - | - |
| Sn | 7,68E-01 | 2,17E-01 | 9,20E-08 | 3,25E-07 |
| Zn | 1,55E-01 | 4,43E-02 | 5,55E-07 | 1,94E-06 |

*Deposición seca umbral (IR=1).

**Cociente entre la deposición seca del receptor con una deposición asociada más elevada y la deposición seca umbral.

Los resultados obtenidos para el cociente F/F_{umb} están muy por debajo de la unidad. Esto implica que los valores de deposición de contaminantes procedentes de la planta están al menos mil veces por debajo de la deposición que daría lugar a un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad.

5. Conclusiones

Se han evaluado los riesgos potenciales por inhalación e ingestión de los contaminantes emitidos por cuatro plantas cementeras con diferentes características representativas de las diversas condiciones del sector en cuanto a su localización (entorno rural con población más lejana o entorno urbano), combustible empleado (combustibles fósiles o alternativos), emisiones, orografía y condiciones meteorológicas. Los parámetros considerados se encuentran regulados por su Autorización Ambiental Integrada de acuerdo a la normativa europea y estatal (Prevención y Control Integrados de la Contaminación, incineración de residuos).

Una vez evaluados los índices de riesgo para los receptores del entorno de las plantas, considerando la exposición por inhalación e ingestión de suelo y las frutas y verduras producidas en las zonas estudiadas, se puede concluir que no existe riesgo significativo para la salud para ninguno de los receptores.

Los resultados muestran que tanto los índices de riesgo (IR) como los excesos de riesgo individual (ERI) calculados son inferiores a los umbrales de riesgo para todos los parámetros y en todos los receptores en varios órdenes de magnitud:

- Óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂): riesgo por inhalación evaluado como no significativo por estar las concentraciones en aire (inmisión) derivadas de la emisión de las plantas por debajo de los estándares de calidad del aire definidos en la normativa de acuerdo a las recomendaciones de la OMS y otros organismos.

- Partículas: riesgo por inhalación evaluado como no significativo por estar las concentraciones en aire (inmisión) derivadas de la emisión de las plantas entre mil y un millón de veces por debajo de los estándares de calidad del aire definidos en la normativa de acuerdo a las recomendaciones de la OMS y otros organismos.

- Monóxido de carbono (CO), ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorhídrico (HF): riesgo por inhalación evaluado como no significativo por estar las concentraciones en aire (inmisión) derivadas de la emisión de las plantas entre mil y diez millones de veces por debajo de los umbrales recomendados por varias agencias ambientales.

- Dioxinas y furanos: para estas sustancias no se ha detectado riesgo significativo por inhalación ni por ingestión, pues los valores de exposición de las personas alrededor de las plantas están al menos entre diez mil y diez millones de veces por debajo de los umbrales de exposición definidos como aceptables.

- Metales: para estas sustancias no se ha detectado riesgo significativo por inhalación ni por ingestión, pues los índices de riesgo obtenidos a partir de los valores de exposición de las personas alrededor de las plantas están al menos entre cien y mil millones de veces por debajo de los umbrales de riesgo aceptables.

Para las cuatro plantas, los resultados muestran que:

- Para las sustancias con umbral, todas las concentraciones calculadas son muy inferiores a sus VTR correspondientes (índices de riesgo muy inferiores a 1) para todos los receptores.
- Para las sustancias sin umbral, los índices de Exceso de Riesgo Individual (ERI) son también muy inferiores al valor de referencia considerado (1/100.000) para todos los receptores.

- Los valores de deposición de contaminantes sobre el suelo se encuentran entre mil y diez millones de veces por debajo de los valores de deposición seca máxima calculados que implicarían un índice de riesgo en el umbral aceptable.
- Estas conclusiones son válidas tanto para la evaluación realizada con los valores de emisión de las plantas como con los valores límite de emisión. Los cálculos realizados a partir de estos últimos muestran que, si bien los índices de riesgo obtenidos al trabajar con esta hipótesis de cálculo son más elevados que cuando se trabaja con los valores de emisión de las plantas, estos siguen estando muy por debajo de los umbrales de riesgo.
- Los índices de riesgo calculados se encuentran en rangos similares tanto en las plantas que emplean únicamente combustibles fósiles como en las que utilizan, además, combustibles alternativos derivados de residuos. De manera que el tipo de combustible utilizado no presenta una influencia significativa en los índices de riesgos calculados.

Por tanto, puede concluirse que no se ha identificado riesgo potencial para la salud en ninguno de los receptores considerados para ninguno de los escenarios evaluados.

hgh