

# CAPITULO 3

---

## **“METODOLOGÍA”**



## CAPITULO 3: METODOLOGÍA

### 3.1 DESCRIPCION GENERAL

En los últimos años, el área de “Productos Químicos” del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se ha preocupado del tema de las dioxinas y furanos, tanto por la baja cantidad de países con inventarios de dioxinas y furanos, como por las distintas formas en que se han aplicado estos proyectos, siendo muy difícil la comparación entre ellos. Por esta razón, “Productos Químicos” del PNUMA, desde 1999, ha puesto en práctica un programa relativo a los COP con el fin de ayudar a los países en la preparación de documentos con una base de datos similar. Parte integrante de esa preparación es el documento “Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos”, cuya primera edición fue publicada el mes de Mayo de 2003.

La Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Concepción utilizó como parte de la metodología, el documento “Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos”, de tal manera de realizar un trabajo que se adapte a la realidad nacional, pero a su vez, sea confeccionado en base a parámetros confiables y comparables a nivel internacional.

Los principales aspectos considerados en la metodología, son los siguientes:

#### 3.1.1 Evaluación y sistematización de la información existente a nivel nacional e internacional

Esta actividad se realizó en base a lo siguiente:

- Búsqueda de información en internet asociada al tema de las dioxinas (procesos más contaminantes, proyectos similares realizados en otros países, principales vías de contaminación, etc).
- Contacto con centros de investigación en el extranjero que realizan actividades relacionadas con dioxinas y furanos.
- Búsqueda bibliográfica de las principales actividades productivas del país.
- Búsqueda bibliográfica y establecimiento de contactos con centros de investigación y/o empresas que ofrecen servicios de análisis de dioxinas.
- Búsqueda bibliográfica asociada a los principales accidentes con dioxinas de los últimos 40 años.
- Recopilación de información acerca de los principales polos industriales del país.

### 3.1.2 Diseño y aplicación de encuestas y/o fichas

Para este punto se consideró la siguiente metodología:

- Identificación de las empresas y/o instituciones a encuestar.
- Elaboración de encuestas a aplicar en las empresas (ver Anexo A)
- Envío de encuestas a las diferentes empresas.
- Confirmación de recibo de encuestas.
- Apoyo telefónico a las diferentes empresas, con la finalidad de lograr la mejor información por parte de éstas.

### 3.1.3 Visitas a terreno

En el marco de las visitas a terreno se realizaron diferentes actividades, destacando las siguientes:

- Para la ejecución del proyecto, se consideraron tres zonas geográficas de trabajo: (A) Regiones I, II, III y IV, (B) Regiones V, Metropolitana y VI, y (C) Regiones VII, VIII, IX, X, XI y XII.
- El personal de UDT visitó las principales empresas cuyos procesos productivos liberan potencialmente dioxinas y furanos, con el propósito de determinar cuales son los principales factores involucrados: insumos, equipos y/o condiciones de operación.

### 3.1.4 Reuniones de trabajo con la contraparte

Durante las reuniones de trabajo, se trataron temas tales como análisis de observaciones a los informes de avance, aclaraciones y visitas de expertos. Estas reuniones se desarrollaron en las ciudades de Santiago y Concepción.

### 3.1.5 Diseño e implementación de una estrategia orientada al desarrollo de una conciencia institucional y de los actores involucrados

Esta actividad se enfocó mediante la implementación de 3 actividades:

- Realización de talleres informativos
- Confección de un informativo básico sobre dioxinas y furanos
- Confección de un díptico informativo de los resultados del inventario (al término del proyecto)

#### 3.1.5.1 Realización de talleres informativos

Se definió realizar 8 talleres informativos: 4 al inicio (de lanzamiento) y 4 al final del proyecto.

Los talleres de lanzamiento se realizaron durante el mes de Julio de 2003, en las regiones II, V, VIII y Metropolitana; en ellos participaron personas provenientes del sector público y privado, con una concurrencia de entre 40 a 50 personas a cada uno de ellos.

Los temas que se abordaron fueron los siguientes:

- Presentación del proyecto “Inventario Nacional de Fuentes de Emisión de Dioxinas y Furanos”
- Antecedentes técnicos sobre dioxinas y furanos
- Inventarios a nivel internacional de fuentes de emisión de dioxinas y furanos
- Descripción del proyecto “Inventario Nacional de Fuentes de Emisión de Dioxinas y Furanos”

#### 3.1.5.2 Confección de un informativo básico sobre dioxinas y furanos

Este fue preparado conjuntamente entre el ejecutor y la contraparte del proyecto, con el objetivo de entregar, al sector público y privado, una herramienta de apoyo sobre el tema de las dioxinas y furanos, y comprender la problemática actual asociada a este tema.

#### 3.1.5.3 Confección de un díptico informativo de los resultados del inventario

Tomando en consideración los resultados finales del proyecto, se diseñó un díptico informativo, incluyendo los principales resultados del proyecto, los cuales fueron distribuidos en los talleres de finalización del proyecto.

## 3.2 ORGANIZACIONES, EMPRESAS E INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Para el desarrollo del presente inventario nacional de fuentes de emisión de dioxinas y furanos, fue necesaria la interacción con diferentes organizaciones, empresas e instituciones, las cuales entregaron gran parte de la información base para el desarrollo de este inventario. A continuación se presenta un listado con las principales instituciones consultadas:

**Tabla N° 3.2-1 Principales instituciones consultadas**

| Instituciones      |  |
|--------------------|--|
| COCHILCO           | Comisión Chilena del Cobre                   |
| CONAMA             | Comisión Nacional del Medio Ambiente         |
| ENAMI              | Empresa Nacional de la Minería               |
| INFOR              | Instituto Forestal                           |
| CONAF              | Corporación Nacional Forestal                |
| SESMA              | Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente |
| SOFOFA             | Sociedad de Fomento Fabril                   |
| ASIQUIM            | Asociación de Industriales Químicos          |
| INTECH             | Instituto Textil de Chile                    |
| SAG                | Servicio Agrícola y Ganadero                 |
| INN                | Instituto Nacional de Normalización          |
| INE                | Instituto Nacional de Estadísticas           |
| Servicios de salud | Servicios de Salud Regionales y provinciales |

Respecto a las empresas que fueron consultadas durante el desarrollo del proyecto, se pueden mencionar las asociadas a la incineración de desechos hospitalarios, fundiciones de metales, empresas generadoras de energía, empresas de producción de celulosa y papel, empresas productoras de cemento, industrias de ladrillo y cerámicas, industrias del asfalto, industria química y del petróleo. Para mayor detalle de las empresas consultadas, ver capítulo N° 3.5.4 “Cuantificación de las fuentes identificadas”.

## 3.3 REUNIONES ESPECIFICAS

El equipo de trabajo consideró de especial interés en analizar ciertas actividades específicas que pudiesen generar información relevante al desarrollo del proyecto. En particular, se planificaron reuniones con los sectores industriales de mayor incidencia en el total de liberaciones. Al respecto destacan las siguientes:

- Cochilco: Se realizaron reuniones periódicas con profesionales de Cochilco. El objetivo de estas reuniones fue recopilar antecedentes y discutir el documento generado por esta institución relacionado con dioxinas y furanos.
- Sector celulosa: El objetivo de las reuniones fue conocer la realidad del sector (eventuales mediciones, medidas de prevención y mitigación).
- Empresas cementeras: El objetivo de las reuniones fue conocer la realidad del sector (eventuales mediciones, medidas de prevención y mitigación).
- Empresas de incineración: Se planificaron reuniones de trabajo con las tres empresas de incineración existentes en el país. El objetivo de éstas fue la recopilación de información (mediciones, medidas de prevención y mitigación).
- Visita a UNEP Chemicals: Se realizó un viaje a Ginebra (Suiza) durante el mes de Mayo, ocasión en que el Director del proyecto en ejecución, sostuvo una reunión para discutir los alcances del trabajo y aspectos relacionados con la metodología.

## 3.4 RECOPIACION DE INFORMACION RELEVANTE PARA EL PROYECTO

Para recopilar información relevante, se desarrollaron varias actividades asociadas:

- Envío de encuestas
- Información vía correo electrónico / fax
- Reuniones y visitas a terreno
- Entrevistas con expertos, fiscalizadores y representantes de empresas y asociaciones

### 3.4.1 Encuestas y/o información vía correo electrónico

Se elaboraron encuestas en base a lo propuesto por el “Instrumental normalizado” del PNUMA, las cuales fueron enviadas a diferentes empresas, instituciones y entidades, solicitando la información necesaria para realizar el cálculo de emisiones, de acuerdo a los parámetros exigidos por el “Instrumental normalizado”.

A continuación se presenta una tabla resumen con el número de encuestas enviadas y las categorías que fueron incluidas en esta metodología de trabajo:

**Tabla N° 3.4-1 Encuestas enviadas por categoría**

| Categoría                                      | N° encuestas enviadas | Observaciones   |
|--|-----------------------|---|
| 1 Incineración de desechos                     | 64                    | Se enviaron dos tipos de encuestas a cada Servicio de Salud, para la incineración de desechos médicos e incineración de cadáveres de animales. Paralelamente se enviaron encuestas a algunos hospitales importantes |
| 2 Producción de metales ferrosos y no ferrosos | 10                    | Se enviaron encuestas a las fundiciones identificadas en regiones, excepto la Región Metropolitana, donde la información se obtuvo a través de una base de datos entregada por Asimet                               |
| 4 Producción de productos minerales            | 28                    | Se enviaron encuestas a las plantas de cemento, cal, ladrillos y cerámicas identificadas. La producción de asfalto se obtuvo del Instituto Nacional de Estadísticas (INE)   |
| 6 Procesos de combustión incontrolados         | 23                    | Se envió una encuesta a cada Servicio de Salud, para la cuantificación de quemas de residuos a cielo abierto  |
| 7 Producción y uso de productos químicos       | 12                    | Se envió una encuesta a cada planta de Celulosa Arauco S.A. y CMPC Celulosa S.A. Además de un par de dos plantas de celulosa mecánica y una de papel reciclado. La producción de cuero y textil se obtuvo del INE   |
| 8 Varios                                       | 23                    | Se envió una encuesta a cada Servicio de Salud, para identificar los crematorios existentes y los antecedentes técnicos asociados   |

El envío de las encuestas fue a través de fax y correo electrónico, actividad que fue potenciada vía telefónica directamente con las personas de contacto de cada empresa, institución u otra entidad.

### 3.4.2 Reuniones, visitas a terreno y entrevistas

#### A) Empresas cementeras

En este rubro se realizaron reuniones y visitas a terreno con cada grupo empresarial del país: Cementos Bío Bío, Cemento Polpaico y Cemento Melón, donde se discutieron los factores de emisión publicados en el “Instrumental normalizado”. En este sentido, cada empresa entregó información respecto a las mediciones de dioxinas y furanos realizadas, de lo cual se concluyó que los factores de emisión dados en el “Instrumental normalizado” concuerdan satisfactoriamente con los calculados a partir de las mediciones realizadas en dichas plantas. Por otro lado, se obtuvo la información técnica asociada a las tecnologías del proceso de producción de cemento.

#### B) Empresas del rubro celulosa

En este rubro se realizaron reuniones con los dos grupos empresariales del país: Celulosa Arauco y Constitución S.A. y CMPC Celulosa S.A., donde se conversó acerca del tema con estas empresas y su posición respecto a los valores entregados por el “Instrumental normalizado”. De las conclusiones más relevantes, se puede señalar la discrepancia del sector respecto algunos factores de emisión presentados en el “Instrumental normalizado”, especialmente los factores de emisión de efluentes y productos de celulosa Kraft, considerando que, de acuerdo a la opinión de los representantes de la industria, no son aplicables a la realidad nacional, debido a que la tecnología utilizada en el país corresponde a la mejor existente a nivel mundial y no es la misma tecnología con la cual fueron calculados los factores de dicho documento. En estas reuniones también se solicitó información técnica de cada planta.

#### C) Empresas incineradoras de desechos hospitalarios

Se realizaron visitas a terreno a las 3 plantas privadas de incineración de residuos médicos existentes en el país: Procesan, Ecoworld y Ambiomedical. Producto de estas visitas, se obtuvo la información técnica de dichas empresas necesaria para el cálculo de sus emisiones.

#### D) Servicios de Salud

En particular, para la identificación y cuantificación de las liberacio-

nes por parte de residuos médicos, se definió como metodología de trabajo, coordinar reuniones con los principales Servicios de Salud del país. Se realizaron reuniones con los Servicios de Salud de la V, VII, VIII, IX y Región Metropolitana; para las demás regiones, se estableció comunicación telefónica y posteriormente se enviaron encuestas, para la obtención de información.

#### E) Comisión Chilena del Cobre (Cochilco)

Se realizaron reuniones con la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco), donde se conversó principalmente acerca de la postura de Cochilco y del país, respecto a los valores propuesto en el “Instrumental”, para producción de cobre en fundiciones primarias. En este sentido, Cochilco manifestó cierta discrepancia con los factores dados por el “Instrumental normalizado”, debido a lo siguiente:

- Se basan en mediciones realizadas en Alemania, país que no produce cobre de mina.
- En particular, la fundición de Norddeutsche Raffinerie en Hamburgo, mayoritariamente funde concentrados y también alimenta reciclados, por lo tanto, no es primaria.
- Japón, que es un gran fundidor de concentrados de cobre a nivel mundial, no es considerado en tales antecedentes.

Otro resultado importante de esta reunión, fue la obtención de valores de producción en las fundiciones nacionales de cobre al año 2002.

#### F) Corporación Nacional Forestal (CONAF)

Se realizó una reunión con personal de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) Región Metropolitana, donde se presentó el proyecto y la necesidad de contar con la información estadística de las superficies quemadas en incendios forestales y quemas agrícolas. En este sentido, CONAF entregó una base de datos con información regionalizada, segregada por especie.

#### G) Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA)

Se realizó una reunión con personal de la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA) Región Metropolitana, donde se presentó el proyecto y la necesidad de contar con la información estadística de producción asociada a algunos rubros industriales. En este sentido, SOFOFA manifestó que los datos que ellos manejan son confidenciales, por lo que sólo podían entregar índices de producción asociados a la producción nacional por rubros, sin detallar empresas.

## H) Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Se contactó al Instituto Nacional de Estadísticas (INE), para averiguar sobre la información que es posible obtener de la Encuesta Nacional Industrial ENIA respecto a diferentes empresas y rubros industriales. Al respecto, el Jefe de Subdepartamento de Comercialización del INE, manifestó que “la ENIA (Encuesta Nacional Industrial Anual), entrega información a nivel de Actividad Económica (CIU a 4 Dígitos) de la Industria Manufacturera con 10 y más trabajadores. Con respecto a lo anterior, el artículo 29 de la Ley 17.374, que establece el secreto estadístico, no permite entregar información a nivel de establecimiento (empresas)”.

## 3.5 METODOLOGIA PARA LA CONFECCION DEL INVENTARIO

Tal como se mencionó con antelación, el desarrollo del inventario nacional de fuentes de emisión de dioxinas y furanos fue desarrollado en base a la metodología presentada en el “Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos”, 1ª edición. El objetivo fundamental de este “Instrumental normalizado” consiste en facilitar la estimación de la liberación anual media a cada vector (atmósfera, agua, tierra, productos y residuos) para cada uno de los procesos identificados. La estimación se calculó por la siguiente ecuación básica:

Intensidad de la fuente (liberaciones por año) = factor de emisión x tasa de actividad.

La liberación de PCDD/PCDF al año se calcula y presenta en gramos de equivalentes de toxicidad (EQT) por año. La intensidad de la fuente anual se calcula multiplicando la liberación de PCDD/PCDF (por ejemplo, en  $\mu\text{g}$  de EQT-I) por unidad de material de entrada procesado o de producto producido (por ejemplo, toneladas o litros) – lo que se denomina factor de emisión – por la cantidad de material de entrada procesado o producto producido (toneladas o litros al año) – lo que se denomina tasa de actividad.

El “Instrumental normalizado” está previsto para preparar los datos de actividad necesarios y facilitar un medio de clasificar procesos y actividades, para las cuales es el correspondiente factor medio de emisión.

El procedimiento normalizado consta de cinco etapas:

- En primer lugar, se utiliza una matriz aproximada de selección, para identificar las principales categorías de fuentes de PCDD/PCDF existentes en un país.
- La segunda etapa detalla esas categorías principales de fuentes, dividiéndolas en subcategorías, con miras de identificar aquellas actividades concretas que pueden liberar PCDD/PCDF.
- En la tercera etapa se utiliza la información específica de un determinado proceso, para caracterizar, cuantificar y, en último término, clasificar las fuentes de liberación de PCDD/PCDF identificadas en un determinado país o región.
- En una cuarta etapa, se calculan las liberaciones sobre la base de la información obtenida en las etapas anteriores, a través de la ecuación presentada en el “Instrumental”.
- La última etapa consiste en compilar el inventario normalizado de PCDD/PCDF, utilizando los resultados obtenidos en las etapas anteriores.

### 3.5.1 Creación de una matriz que identifique las principales categorías de fuentes emisoras de dioxinas y furanos para los diferentes procesos

#### 3.5.1.1 Identificación de potenciales procesos generadores de dioxinas y furanos

La primera etapa para preparar el inventario de fuentes de PCDD/PCDF normalizado consistió en identificar las principales categorías de fuentes y las principales vías de liberación para cada categoría. Esto se debió a la gran variedad de actividades productivas realizadas en la sociedad actual, la cual resulta imposible de estandarizarla, sino por medio de una agrupación de éstas, tal como lo plantea el “Instrumental normalizado”, el cual define 10 categorías y 5 vías de liberación. Estas son:

#### Categorías

- 1 Incineración de desechos
- 2 Producción de metales ferrosos y no ferrosos
- 3 Generación de energía y calefacción
- 4 Producción de productos minerales
- 5 Transportes
- 6 Procesos de combustión incontrolados

- 7 Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo
- 8 Varios
- 9 Evacuación
- 10 Identificación de posibles puntos calientes

### Vías de liberación

- 1 Atmósfera
- 2 Agua
- 3 Tierra
- 4 Productos
- 5 Residuos

### 3.5.1.2 Creación de la matriz

La creación de una matriz de selección aproximada facilita una evaluación preliminar de actividades (industrias, utilizaciones de productos, actividades domésticas, etc.) que pueden liberar PCDD/PCDF a uno o más de los cinco compartimientos y/o medios, tal como se definió en el capítulo N° 3.5.1.1.

Las principales categorías de fuentes de PCDD/PCDF que define el “Instrumental normalizado” son suficientemente amplias como para abarcar gran variedad de industrias, procesos y/o actividades conocidas como posibles causas de las liberaciones. Las diez categorías principales de fuentes se han previsto de forma que reúnan ciertas características comunes y tengan una complejidad manejable. En particular, se presenta en forma de “X” las principales vías de liberación de cada categoría, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla N° 3.5-1 Matriz con las principales categorías de fuentes**

| N° | Principales categorías de fuentes                           | Atmósfera   | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
|----|---|---|------|--------|-----------|----------|
| 1  | Incineración de desechos                                    | X   |      |        |           | X        |
| 2  | Producción de metales ferrosos y no ferrosos                | X   |      |        |           | X        |
| 3  | Generación de energía y calefacción                         | X   |      | X      |           | X        |
| 4  | Productos minerales   | X   |      |        |           | X        |
| 5  | Transportes   | X   |      |        |           | X        |
| 6  | Procesos de combustión incontrolados                        | X   | X    | X      |           | X        |
| 7  | Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo | X   | X    |        | X         | X        |
| 8  | Varios  | X   | X    | X      | X         | X        |
| 9  | Evacuación / terraplén                                      | X   | X    | X      |           | X        |
| 10 | Identificación de posibles puntos calientes                 | Registro probable que irá seguido solamente de una evaluación específica de lugar |      |        |           |          |

Fuente: PNUMA “Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de Dioxinas y Furanos”  
Mayo 2003

### 3.5.2 Revisión de las subcategorías de fuentes, para la identificación de las actividades y fuentes existentes en el país

Las subcategorías corresponden a subdivisiones de cada categoría, con la finalidad de agrupar de manera más específica un determinado tipo de actividad. Cada país posee un sinnúmero de actividades, que no necesariamente coinciden con las de otro. Es por esta razón que la matriz utilizada en este inventario, se basa en las subcategorías propuestas en el “Instrumental normalizado” del PNUMA, de tal manera de normalizar la búsqueda de información relacionada con las tasas de actividad y obtener valores comparables con otros inventarios.

Al igual que la matriz por categorías, se identifican los cinco compartimientos o medios hacia los cuales se pueden liberar cantidades significativas de dioxinas y furanos. Las “X” mayúsculas señalan la vía de liberación supuestamente predominante, mientras que las “x” minúsculas muestran otras vías adicionales de liberación que deben tenerse en cuenta.

#### A) Incineración de desechos

**Tabla N° 3.5-2 Vías de liberación Categoría N° 1**

| N° | Categorías y subcategorías principales                         | Posible vías de liberación |      |        |           |          |
|----|--|----------------------------|------|--------|-----------|----------|
|    |  | Atmósfera                  | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 1  | Incineración de desechos                                       | X                          |      |        |           | X        |
| a  | Incineración de desechos sólidos municipales                   | X                          | (x)  |        |           | x        |
| b  | Incineración de desechos peligrosos                            | X                          | (x)  |        |           | x        |
| c  | Incineración de desechos médicos                               | X                          | (x)  |        |           | x        |
| d  | Incineración de desechos de desguace                           | X                          |      |        |           | x        |
| e  | Incineración de lodos de alcantarilla (plantas de tratamiento) | X                          | (x)  |        |           | x        |
| f  | Incineración de desechos de madera y biomasa                   | X                          |      |        |           | x        |
| g  | Incineración de cadáveres de animales                          | X                          |      |        |           | x        |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**B) Producción de metales ferrosos y no ferrosos****Tabla N° 3.5-3 Vías de liberación Categoría N° 2**

| N° | Categorías y subcategorías principales       | Posible vías de liberación |      |        |           |          |
|----|--|----------------------------|------|--------|-----------|----------|
|    |  | Atmósfera                  | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 2  | Producción de metales ferrosos y no ferrosos | X                          |      |        |           | X        |
| a  | Sinterización de metal de hierro             | X                          |      |        |           | X        |
| b  | Producción de coque                          | X                          | x    | x      | x         | x        |
| c  | Plantas de producción de hierro y acero      | X                          |      |        |           | x        |
| d  | Producción de cobre                          | X                          |      |        |           | x        |
| e  | Producción de aluminio                       | X                          |      |        |           | x        |
| f  | Producción de plomo                          | X                          |      |        |           | x        |
| g  | Producción de zinc                           | X                          |      |        |           | x        |
| h  | Producción de latón y bronce                 | X                          |      |        |           | x        |
| i  | Producción de magnesio                       | x                          | X    |        |           | x        |
| j  | Producción de otros metales no ferrosos      | x                          | x    |        |           | x        |
| k  | Fragmentadoras                               | X                          |      |        |           | x        |
| l  | Recuperación térmica de cables               | X                          | (x)  | x      |           | x        |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**C) Generación de energía y calefacción****Tabla N° 3.5-4 Vías de liberación Categoría N°3**

| N° | Categorías y subcategorías principales         | Posible vías de liberación |      |        |           |          |
|----|--|----------------------------|------|--------|-----------|----------|
|    |  | Atmósfera                  | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 3  | Generación de energía y calefacción            | X                          |      | (x)    |           | X        |
| a  | Centrales de energía de combustibles fósiles   | X                          |      |        |           | X        |
| b  | Centrales de energía de biomasa                | X                          |      |        |           | X        |
| c  | Vertederos, combustión de biogás               | X                          |      |        |           | x        |
| d  | Calefacción doméstica y cocina con biomasa     | X                          |      | (x)    |           | X        |
| e  | Calefacción doméstica con combustibles fósiles | x                          |      | (x)    |           | X        |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**D) Producción de productos minerales****Tabla N° 3.5-5 Vías de liberación Categoría N°4**

| N° | Categorías y subcategorías principales | Posible vías de liberación |      |        |           |          |
|----|--|----------------------------|------|--------|-----------|----------|
|    |  | Atmósfera                  | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 4  | Producción de productos minerales      | X                          |      |        |           | X        |
| a  | Producción de cemento                  | X                          |      |        |           | X        |
| b  | Producción de cal                      | X                          |      |        |           | X        |
| c  | Producción de ladrillos                | X                          |      |        |           | X        |
| d  | Producción de vidrio                   | X                          |      |        |           | X        |
| e  | Producción de cerámica                 | X                          |      |        |           | x        |
| f  | Mezcla de asfalto                      | X                          |      |        | x         | x        |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**E) Transportes****Tabla Nº 3.5-6 Vías de liberación Categoría Nº 5**

| Nº | Categorías y subcategorías principales | Posible vías de liberación |      |        |           |          |
|----|--|----------------------------|------|--------|-----------|----------|
|    |  | Atmósfera                  | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 5  | Transporte                             | X                          |      |        |           |          |
| a  | Motores de cuatro tiempos              | X                          |      |        |           |          |
| b  | Motores de 2 tiempos                   | X                          |      |        |           |          |
| c  | Motores Diesel                         | X                          |      |        |           | (x)      |
| d  | Motores de aceite pesado               | X                          |      |        |           | (x)      |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**F) Procesos de combustión incontrolados****Tabla Nº 3.5-7 Vías de liberación Categoría Nº 6**

| Nº | Categorías y subcategorías principales     | Posible vías de liberación |      |        |           |          |
|----|--|----------------------------|------|--------|-----------|----------|
|    |  | Atmósfera                  | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 6  | Procesos de combustión incontrolados       | X                          |      |        |           | X        |
| a  | Quema de biomasa                           | X                          | (x)  | X      |           | (x)      |
| b  | Quema de desechos e incendios accidentales | X                          | (x)  | x      |           | (X)      |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**G) Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo****Tabla Nº 3.5-8 Vías de liberación Categoría Nº 7**

| Nº | Categorías y subcategorías principales                      | Posible vías de liberación |      |        |           |          |
|----|---|----------------------------|------|--------|-----------|----------|
|    |   | Atmósfera                  | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 7  | Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo | X                          | X    |        | X         | X        |
| a  | Producción de pasta / pulpa y papel                         | x                          | x    |        | x         | x        |
| b  | Industria química   | x                          | x    | x      | x         | x        |
| c  | Industria del petróleo                                      | x                          |      |        |           | x        |
| d  | Producción textil   |                            | x    |        | x         |          |
| e  | Industria del cuero   |                            | x    |        | x         |          |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**H) Varios****Tabla Nº 3.5-9 Vías de liberación Categoría Nº 8**

| Nº | Categorías y subcategorías principales | Posible vías de liberación |      |        |           |          |
|----|--|----------------------------|------|--------|-----------|----------|
|    |  | Atmósfera                  | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 8  | Varios                                 | X                          | X    | X      | X         | X        |
| a  | Desecado de biomasa                    | x                          |      |        | x         |          |
| b  | Crematorios                            | x                          |      |        |           | X        |
| c  | Ahumaderos                             | x                          |      |        | x         | X        |
| d  | Limpieza en seco                       |                            | x    |        | x         | x        |
| e  | Consumo de tabaco                      | x                          |      |        |           |          |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**D) Evacuación****Tabla N° 3.5-10 Vías de liberación Categoría N° 9**

| N° | Categorías y subcategorías principales         | Posible vías de liberación |      |        |           |          |
|----|--|----------------------------|------|--------|-----------|----------|
|    |  | Atmósfera                  | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 9  | Evacuación                                     |                            | X    | X      |           | X        |
| a  | Vertederos controlados y botaderos de desechos |                            |      | x      |           |          |
| b  | Aguas de alcantarilla y su tratamiento         | (x)                        | x    | x      | x         | x        |
| c  | Compostado                                     |                            |      | x      | x         |          |
| d  | Vertidos al agua abierta                       |                            | x    |        |           |          |
| e  | Evacuación de aceites de desecho               | x                          | x    | x      | x         | x        |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**J) Puntos calientes****Tabla N° 3.5-11 Vías de liberación Categoría N° 10**

| N° | Categorías y subcategorías principales                  | Posible vías de liberación  |      |        |           |          |
|----|---|---|------|--------|-----------|----------|
|    |   | Atmósfera   | Agua | Tierra | Productos | Residuos |
| 10 | Identificación de posibles puntos calientes             | Registro probablemente seguido de una evaluación específica del sitio |      |        |           |          |
| a  | Lugares de producción de sustancias orgánicas cloradas  |   |      | X      |           |          |
| b  | Lugares de producción de cloro                          |   |      | X      |           |          |
| c  | Lugar de preparación de fenoles clorados                |   |      | X      |           |          |
| d  | Lugares de aplicación de fenoles clorados               | x   | X    | x      | x         |          |
| e  | Lugares de fabricación y tratamiento de madera          |   | X    | X      | x         | x        |
| f  | Transformadores y capacitores llenos de PCB             |   |      |        | x         | x        |
| g  | Vertederos de desechos / residuos de las categorías 1-9 | x   | X    | X      |           | x        |
| h  | Lugares de accidentes importantes                       |   | X    | x      |           | x        |
| i  | Dragado de sedimentos                                   |   |      |        |           | x        |
| j  | Lugares de arcilla caolinítica o plástica               |   |      | x      |           |          |

Considerando que esta categoría no es cuantificada, a continuación se presenta una sección que trata en forma más bien teórica, los potenciales puntos calientes que pueden ser descritos con la información disponible. De acuerdo al “Instrumental normalizado”, estos corresponderían a las siguientes categorías:

**Sitios de producción de compuestos organoclorados**

En este inventario sólo una empresa ha sido históricamente productora de compuestos clorados, nos referimos a la empresa OXYQUIM, pero también existen otras empresas que importan o distribuyen compuestos o solventes clorados en el país. Actualmente estas empresas se dedican a la producción de compuestos de cloro para diferentes usos de tipo industrial, pero sin duda

los lugares de almacenamiento o fabricación pueden ser potenciales puntos calientes. A continuación se muestra un elenco de empresas chilenas que importan fabrican o distribuyen solventes clorados:

**Tabla Nº 3.5-12 Empresas que importan, producen o distribuyen solventes clorados**

| Proveedor   | Actividad                                |
|---|--|
| Atofina Chile S.A.                                | Importador, representante o distribuidor |
| Bayer S.A.  | Importador, representante o distribuidor |
| Dow química chilena S.A.                          | Importador, representante o distribuidor |
| Industrias químicas Reno S.A.                     | Importador, representante o distribuidor |
| Interquímica Ltda.                                | Importador, representante o distribuidor |
| Mathiesen S.A.C.                                  | Importador, representante o distribuidor |
| Oxiquím S.A.                                      | Importador, representante o distribuidor |
| Perez y jacard S.A.                               | Importador, representante o distribuidor |
| Portland S.A.                                     | Importador, representante o distribuidor |
| Química Anglo Chilena S.A.                        | Importador, representante o distribuidor |
| Sociedad comercial e industrial Sercoin Sci Ltda. | Importador, representante o distribuidor |
| Solimpe S.A.                                      | Importador, representante o distribuidor |

Fuente: ASIQUIM ([www.asiquim.cl](http://www.asiquim.cl))

#### Sitios de Producción de Cloro

Los sitios de producción de cloro corresponden a un limitado número de empresas que se muestran en la tabla siguiente, de acuerdo a ella, Occidental Chemical-Chile sería el único productor de cloro, aunque la producción de cloro ya no utiliza la tecnología de las celdas de mercurio y ánodos de grafito, es conocido que la zona del Estuario de Lengua en la VIII región, aún presenta niveles de mercurio detectables en los sedimentos. No se han publicado estudios en relación a los compuestos organoclorados en el área aunque hay un estudio en progreso realizado por Pozo et al (2003) quien presenta algunos resultados preliminares en el XII Taller Nacional de Limnología. Sin duda, la zona del complejo petroquímico industrial de Talcahuano, puede ser considerada un potencial punto caliente, debido a sus características históricas de producción.

**Tabla Nº 3.5-13 Empresas que importan, producen o distribuyen cloro**

| Producto | Proveedor                        | Actividad                                |
|----------|----------------------------------|--|
| Cloro    | Occidental Chemical-Chile S.A.I. | Productor                                |
| Cloro    | Franmar Ltda.                    | Importador, representante o distribuidor |
| Cloro    | Mathiesen S.A.C.                 | Importador, representante o distribuidor |
| Cloro    | Oxiquím S.A.                     | Importador, representante o distribuidor |

Fuente: ASIQUIM ([www.asiquim.cl](http://www.asiquim.cl))

Por otra parte, a lo anterior habría que agregar el antecedente que la Empresa Dow (Petrodow) fabricó (1972-1980 aprox.) Cloruro de Vinilo para la fabricación de PVC, planta que aunque se eliminó, produjo contaminación de la napa subterránea de los terrenos de la empresa, los cuales fueron inmovilizados por medio de un encapsulamiento con Bentonita, pero permanecen en el sub-suelo, lo que puede considerarse como sitio contaminado con productos clorados (Cloruro de vinilo y otros).

#### Lugares de formulación de fenoles clorados

En Chile no ha existido producción de fenoles clorados (PCP, 2,4 D), los cuales han sido importados; en el caso del PCP el año 1999 se decretó la suspensión de su uso. La mayor parte de PCP que se utilizó en el país fue con fines fungicidas en la industria de aserrío, en particular en la VIII y IX regiones, donde se utilizaron formulaciones comerciales de PCP con mucha intensidad en la década de los ochenta y noventa. El 2,4 D en cambio fue ampliamente utilizado en actividades agrícolas y forestales (herbicida en cultivos tradicionales como el trigo y en viveros forestales por ejemplo).

#### Sitios de aplicación de fenoles clorados

En este ítem podría involucrarse la aplicación de herbicidas organoclorados en áreas agrícolas y forestales de uso intensivo (viveros por ejemplo).

#### Manufactura de madera y sitios de tratamiento

La industria del aserrío que utilizó en forma intensiva PCP hasta su suspensión y que no tenía un adecuado manejo de los residuos del baño antimanchas en el proceso, se constituye en un punto caliente

potencial, en particular en las Regiones VIII y IX, donde la industria del aserrío ha sido históricamente más desarrollada. Sólo en los últimos años de la década de los años 90 se importaron más de 700 toneladas de PCP-Na por año. Estudios no publicados realizados por los Servicios de Salud y SAG, han evaluado la presencia de dioxinas y furanos en aserrines históricos en la Provincia de Bio-Bío en la VIII Región.

#### **Transformadores y condensadores rellenos con PCBs**

En Chile aún existe un volumen considerable de PCBs en uso y almacenados, de acuerdo a datos de CONAMA (estudios anteriores), un porcentaje cercano al 50% de un volumen total estimado de 451.300 (l) aún esta en uso, lo que sin un adecuado programa de manejo se transforman en puntos calientes de emisión de dioxinas y furanos. La mayor cantidad de PCBs en uso se encuentra en la RM y en la VIII Región.

#### **Vertederos de desechos**

En general, el manejo de desechos en vertederos en Chile no contempla procesos de combustión, sin embargo se disponen en ellos una variedad de residuos de procesos de combustión que pueden llevar a considerar los vertederos de residuos (urbanos e industriales) como potenciales puntos calientes, en particular en aquellas áreas donde se mezclan residuos urbanos e industriales. Un ejemplo de ello es la disposición de cenizas de combustión de residuos hospitalarios, cenizas de combustión de biomasa en centrales de energía de plantas de celulosa y papel, etc.

#### **Lugares donde se han producido accidentes importantes**

Los accidentes más relevantes se asocian a incendios de industrias químicas que procesan o tienen compuestos clorados, un ejemplo de ello fue el incendio de la Industria MOLIPACK (1995) en la ciudad de Santiago, pero se pueden mencionar otros accidentes como el Incendio del Puerto de San Vicente en 1993 u otros de gran magnitud, como la serie de incendios forestales que afectó a la Provincia de Concepción en el año 1999. En general, estos sitios localizados en áreas industriales o vecinas a zonas urbanas donde ha existido algún tipo de vertido o incidente, pueden ser consideradas potenciales puntos calientes.

#### **Dragado de sedimentos**

Esta es una actividad que normalmente se desarrolla en los puertos y zonas costeras, por ejemplo en la Marisma de Rocuant en el Puerto de Talcahuano VIII Región. Puntos calientes potenciales son áreas donde se han recibido descargas de industrias que producían residuos clorados (i.e. Bahía de San Vicente VIII Región).

#### **Lugares donde hay caolina o arcilla plástica**

La Caolina Arcilla inerte, tiene una multiplicidad de usos, por ejemplo se utiliza en algunos casos en el control de plagas agrícolas, otros usos incluyen: ingrediente en materiales de construcción, porcelanas y cerámicas etc. En el país se han identificado, de acuerdo a la base de datos de ASIQUIM, solo cuatro productores y/o importadores de este tipo de materiales.

### **3.5.3 Información sobre principales procesos**

#### **3.5.3.1 Descripción general de la industria nacional**

Chile presenta un desarrollo bastante equilibrado entre los diversos sectores productivos, gracias a la existencia de mercados abiertos y competitivos, así como de líneas de financiamiento a tasas razonables que permiten modernizar las inversiones en activo fijo y en equipos de mejores tecnologías. Prácticamente, encontramos hoy en todos los sectores empresas muy desarrolladas, como por ejemplo en la minería, el sector forestal, la fruticultura, la industria salmoneera y pesquera, en el sector químico y plástico, en la energía, en las telecomunicaciones, en el sector financiero, en la construcción, en el agro y en el transporte.

La industria chilena ha sufrido grandes cambios desde la crisis asiática. El comportamiento de la economía mundial, el deterioro de la economía de América Latina y problemas de competitividad derivados de la normativa interna han impactado de una manera asimétrica a los subsectores de la industria. Muchas empresas han tenido que realizar profundos ajustes a fin de enfrentar un ciclo de menor crecimiento económico que se ha extendido por casi 6 años. A consecuencia en los ajustes en los niveles de empleo, del menor costo del capital y de las tecnologías así como el mayor nivel del tipo de cambio real, ha sido posible incrementar los niveles de productividad y expandir las exportaciones. Con todo, la industria está creciendo hoy a un ritmo cercano al 2,5 %, lo que duplica el crecimiento promedio del quinquenio 1998-2002.

Las principales exportaciones chilenas están concentradas en la producción de cátodos de cobre, celulosa y harina de pescado. Sin embargo se advierte en los últimos años un crecimiento de las exportaciones no tradicionales, en este

grupo está la producción de tableros de fibra, sardinas congeladas, vinos, hojas para enchapado y contrachapado y salmones del atlántico congelados.

### 3.5.3.2 Descripción de las principales actividades productivas del país

De acuerdo a los resultados preliminares del inventario, se eligieron tres tipos de industrias; las 2 primeras, por su aporte al inventario nacional, y la tercera, por su avance en lo que a mediciones se refiere:

- Industria de celulosa, sector que se encuentra con un buen nivel tecnológico. Sin embargo, la utilización de compuestos clorados al interior de sus procesos, le otorga una participación no despreciable en el inventario nacional.
- Industria de incineración de residuos hospitalarios, donde actualmente existe 3 empresas dedicadas a este negocio, las cuales presentan una tecnología muy superior a la utilizada en los hospitales del país, siendo estos últimos quienes aportar el mayoría de las liberaciones de esta subcategoría.
- Industria del cemento, la que presenta niveles de liberación muy bajos; sin embargo, desde hace algunos años se encuentra realizando mediciones, para demostrar con datos reales los niveles liberados por este sector.

## A) La industria de la celulosa

Las condiciones climáticas y de suelos favorables al desarrollo de algunas especies forestales, unidas al esfuerzo tanto del sector público como privado, han permitido en las últimas 3 décadas la creación de una considerable masa forestal en la zona sur del país, hoy base para una industria creciente, donde Chile presenta cerca de un 45% de su territorio continental apto para la actividad forestal.

La principal materia prima usada por la industria de la celulosa en Chile corresponde actualmente al pino radiata; en la medida que las plantaciones de eucaliptos alcancen su edad de cosecha (12-18 años), nuevos proyectos de plantas de celulosas basada en eucaliptos serán concretados.

Existen actualmente 11 plantas de celulosa en el sur de Chile, de las cuales 7 usan procesos químicos kraft y 4 procesos mecánicos. Dentro de las plantas de celulosas químicas Kraft, sólo 2 utilizan maderas de fibra corta (eucaliptos) y el resto usan sólo pino radiata. Las plantas de celulosa mecánica consumen también sólo pino radiata.

La principal celulosa producida en Chile corresponde a la celulosa blanca de fibra larga BSKP (pino radiata), destinada principalmente al mercado exportador. Anualmente se producen cerca de 1,3 millones de toneladas de esta celulosa, 60 mil toneladas se destinan para el consumo interno y el resto es exportado. Otra celulosa de fibra larga producida en Chile, corresponde a aquella no blanqueada UKP (Unbleached Kraft Pulp), cuya producción alcanza anualmente a 370 mil toneladas destinada básicamente al mercado exportador. Anualmente se producen 500 mil toneladas de celulosa blanca de fibra corta BEKP (eucaliptos), de las cuales 125 mil toneladas se destinan al consumo interno y el resto se exporta.

A continuación se presenta una tabla con las plantas de celulosa que actualmente se encuentran en el país.

**Tabla N° 3.5-14 Plantas de celulosa y papel existentes en el país**

| Planta              | Región | Propietario     | Tipo de Celulosa | Capacidad (miles Tons) |
|---------------------|--------|-----------------|------------------|------------------------|
| Licancel            | VII    | Celulosa Arauco | BSKP             | 110                    |
| Celco               | VII    | Celulosa Arauco | UKP              | 310                    |
| Laja                | VIII   | Empresas CMPC   | BSKP-UKP         | 320                    |
| Pacífico (*)        | IX     | Empresas CMPC   | BSKP             | 400                    |
| Arauco I            | VIII   | Celulosa Arauco | BSKP-BEKP        | 260                    |
| Arauco II           | VIII   | Celulosa Arauco | BSKP             | 470                    |
| Santa Fe            | VIII   | Empresas CMPC   | BEKP             | 340                    |
| Inforsa             | VIII   | Empresas CMPC   | Mecánica         | 190                    |
| Papeles Bío Bío     | VIII   | Norske Skog     | Mecánica         | 100                    |
| Cartulinas Maule    | VII    | Empresas CMPC   | Mecánica         | 90                     |
| Cartulinas Valdivia | X      | Empresas CMPC   | Mecánica         | 10                     |

Es importante hacer notar que en el país también existe la producción de celulosa mecánica, la cual es producida por las plantas de papeles de diarios y cartulinas para su consumo propio. Anualmente la producción alcanza las 390 mil toneladas aproximadamente.

La celulosa química es manufacturada mediante el proceso denominado "Kraft", a través del cual los chips de maderas son cocidos en una solu-

ción alcalina basado en sulfitos y soda cáustica para extraerle la lignina, luego los químicos son recuperados para su uso, en un proceso cíclico cerrado.

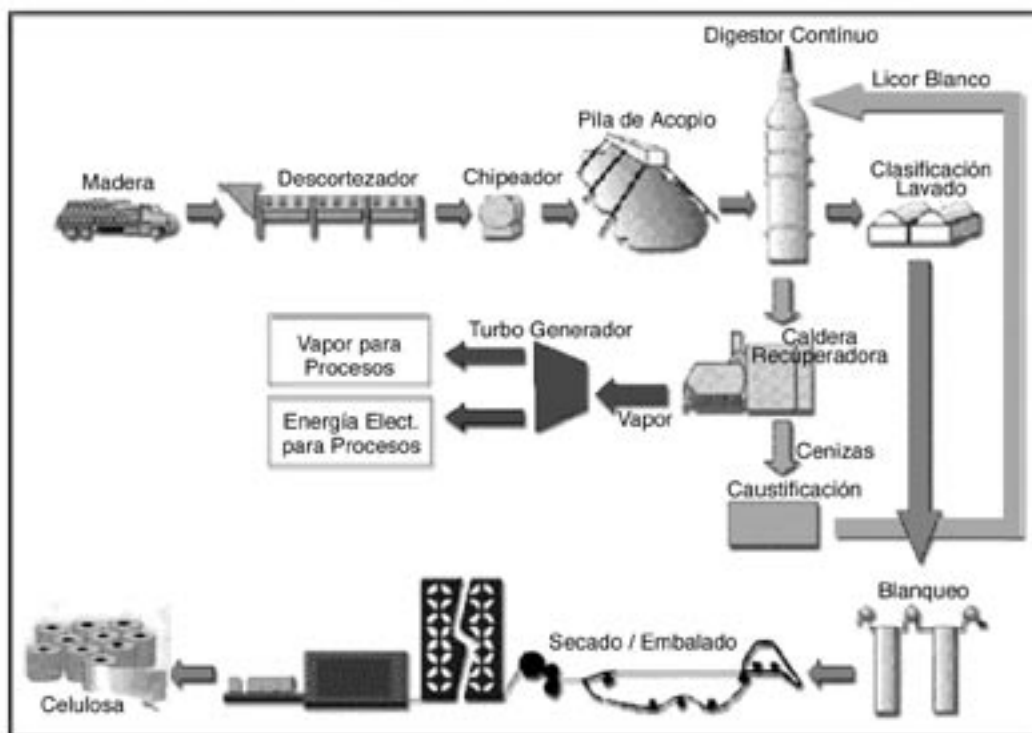
Los rollizos de maderas son descortezados y luego chipeados para ser enviados a una pila de astillas para su homogeneización. Desde la pila de astillas, los chips son extraídos, clasificados y conducidos al proceso de cocción en el digestor continuo con licor blanco, una solución alcalina de soda cáustica y sulfuro de sodio. La pasta de celulosa resultante de la cocción, se clasifica, se lava y posteriormente se blanquea. Una vez blanqueada, se procede al secado y embalado final de la celulosa.

El mencionado licor blanco usado en la cocción, junto con la lignina disuelta, se convierte en un licor negro, el cual se concentra para luego ser quemado en calderas recuperadoras. La parte orgánica (lignina y otros compuestos de la madera) del licor negro producen la energía en el proceso de combustión, generando el vapor usado para la generación de energía eléctrica y posteriormente en diferentes procesos dentro de la planta. La parte inorgánica, las sales minerales (cenizas), se recuperan después del proceso de combustión y son usados en la etapa de caustificación para regenerar el licor blanco usado en cocción.

Las cortezas de los rollizos de madera, recuperadas en los descortezadores, son quemadas en calderas de poder para producir vapor y energía eléctrica, usados para los diversos procesos productivos de la planta.

A continuación se presenta un diagrama simplificado del proceso de producción de celulosa:

**Figura Nº 3.5-1 Diagrama de flujo de la producción de celulosa**



## B) La industria cementera

En el país, la industria cementera se encuentra representada por tres grandes empresas: Melón, Polpaico y Bío Bío. Actualmente, la industria del cemento está muy expectante frente a la evolución que muestra la construcción. Las empresas saben que el usuario final de este producto son las obras que se desarrollan en el país y, por lo mismo, sus ingresos dependerán de la actividad que tenga ese sector. Hoy, la industria está muy atenta porque la construcción llegó a un punto de inflexión, y es probable que comience a observarse en el mercado nacional una mayor recuperación.

Entre las etapas más importantes del proceso destacan las siguientes:

**Recepción de materias primas:** La caliza es recepcionada en canchas de acopio en el interior de la Planta, la cual aporta el carbonato de calcio y los minerales de fierro, alúmina y sílice, necesarios para la formación del clinker en las etapas posteriores. Desde las canchas de acopio, cada una de estas materias primas es alimentada a tolvas, de acuerdo a su calidad y luego dosificadas, para obtener la correcta fórmula que ha de ser pulverizada para el posterior tratamiento de cocción que tendrá la mezcla formada.

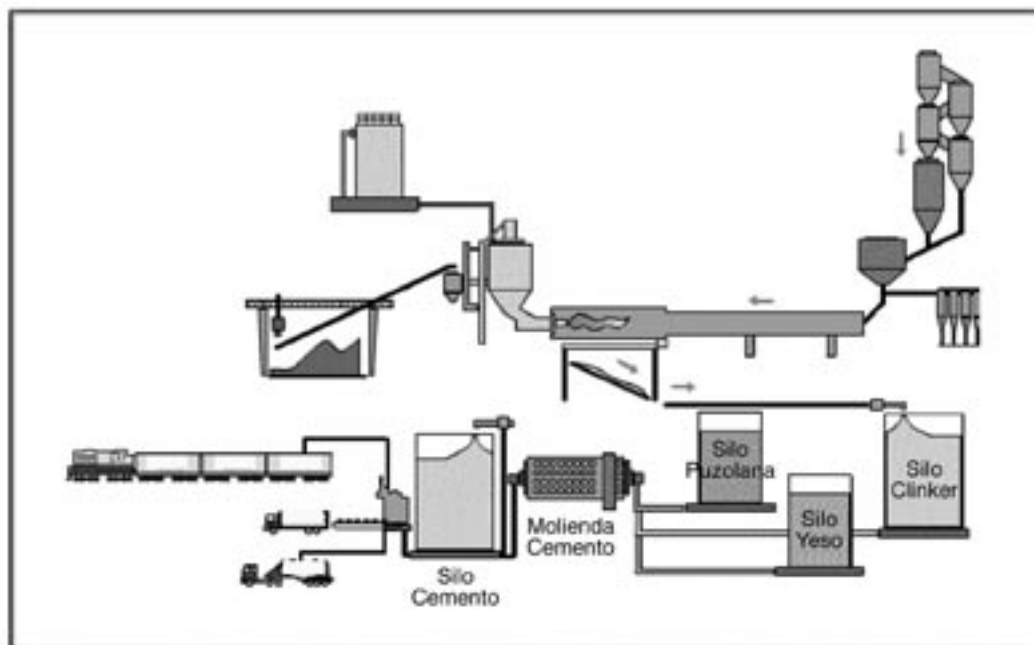
**Molienda de caliza:** La mezcla formada y controlada es enviada mediante cintas de transporte a dos grandes molinos de bolas, con el objeto de obtener un producto homogéneo y muy fino, requerido para la etapa de cocción a la que será sometida posteriormente. Un circuito seleccionador permite asegurar el correcto tamaño del producto final, el que es enviado mediante regueras y elevadores hasta doce grandes silos que lo mantienen en acopio, para luego ser transportado en forma neumática a los hornos.

**Molienda de carbón:** Para la transformación de la caliza en clinker, se requiere de mucha energía. Tradicionalmente se ha usado carbón en los hornos, y actualmente se han estado introduciendo otras fuentes energéticas alternativas que permitan reemplazar un porcentaje significativo del combustible fósil.

**Calcinación:** Desde los silos, el polvo de caliza, denominado “crudo” se lleva a los hornos rotatorios. Estos son enormes cilindros, ligeramente inclinados, revestidos internamente con ladrillo refractario, capaz de soportar altísimas temperaturas. Por lo general, poseen cámaras de precalcinación, que otorgan un alto tiempo de residencia de los gases de combustión, permitiendo el uso de fuentes de energía alternativas. En esta zona del horno se produce la decarbonatación del crudo, es decir, la transformación química del carbonato de calcio en óxido de calcio y liberación de dióxido de carbono. En su interior, donde el material y los gases alcanzan temperaturas de 1.450 y más de 2.000 °C respectivamente, se produce la calcinación de la caliza, formándose un material semivitrificado, compuesto principalmente por silicatos, aluminatos y ferritos de calcio, que tienen altas propiedades aglutinantes al mezclarse con el agua. Este producto se denomina Clinker.

**Molienda de cemento:** La fabricación del cemento requiere del Clinker, además de yeso que permite regular el fraguado de la mezcla de cemento con agua y adiciones como puzolana y cenizas de centrales térmicas, que dan propiedades hidráulicas especiales al producto final. Todos estos materiales son dosificados y posteriormente mezclados y molidos hasta polvo fino.

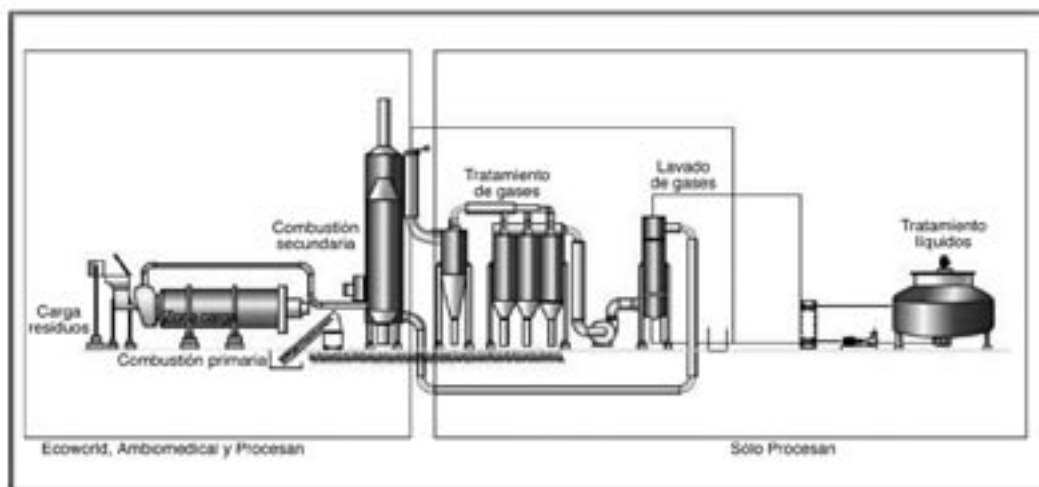
**Figura N° 3.5-2 Diagrama de flujo de la producción de cemento**



### C) Incineradores de desechos hospitalarios

En el país, la industria de la incineración de desechos hospitalarios cuenta con 3 empresas: (1) Ecoworld, (2) Ambimedical, y (3) Procesan, las cuales presentan una base tecnológica similar, es decir, doble cámara de combustión. Sin, embargo, la empresa Procesan, incorpora la etapa de tratamiento de gases de combustión. Esta situación puede observarse en la Figura N° 3.5-3.

**Figura N° 3.5-3 Diagrama de flujo simplificado del proceso de incineración existente a nivel nacional**



El sector público también desarrolla actividades de incineración, que principalmente consiste en la quema de sus desechos médicos, sin incorporar aspectos tecnológicos ni de control en el proceso.

### 3.5.4 Cuantificación de las fuentes identificadas

#### 3.5.4.1 Importación y producción de productos químicos asociados a procesos potencialmente generadores de dioxinas y furanos

Un aspecto importante en la formación de dioxinas y furanos es la presencia de compuestos clorados. Al respecto, existe una gran cantidad de compuestos que presentan esta particularidad, destacando los siguientes grupos:

- Los pesticidas constituyen el grupo más significativo de compuestos orgánicos relacionados con la aparición de dioxinas. Durante las décadas 60 y 70, la contaminación de PCDFs/PCDDs fue relacionada directamente con estos compuestos, especialmente los clorofenoxiacidos (como el 2,4,5-T o ácido triclorofenoxiacético) y los fenoles clorados (como el pentaclorofenol); y los PCBs (bifenilos policlorados).
- Así también, la fabricación de herbicidas y bactericidas a partir de clorofenoles conduce a la síntesis de pequeñas cantidades de PCDFs/PCDDs, por ejemplo, el “Agente Naranja” (una mezcla del 2,4-D y del 2,4,5-T) contiene del orden de ppm; sin embargo, su uso durante la guerra del Vietnam, liberó un total de 167 (kg) de 2,3,7,8 –TCDD (congéner de máxima toxicidad) entre enero de 1962 y febrero de 1971.
- Los PCBs son contaminantes orgánicos de elevada persistencia que se han utilizado en el ámbito industrial por sus propiedades estabilizantes (en fluidos hidráulicos, lubricantes, aditivos, pinturas, colorantes, etc.). En estos compuestos, se han detectado cantidades apreciables de dioxinas y, especialmente, de furanos: del orden de ppm.

De acuerdo al “Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos”, se han identificado como fuentes de PCDD y PCDF los siguientes procesos, ordenados según probabilidad decreciente:

- Fabricación de fenoles clorados y sus derivados
- Fabricación de productos aromáticos clorados y sus derivados
- Fabricación de sustancias químicas alifáticas cloradas
- Fabricación de catalizadores clorados y sustancias químicas inorgánicas

En particular, existe un listado de productos que, según se ha observado, contienen PCDD y PCDF o bien sus procesos de fabricación se han asociado a la formación de estos contaminantes.

**Tabla Nº 3.5-15 Productos químicos con potencial formación de dioxinas y furanos**

| Producto químico                            | Importador                     | Formulador                        |
|---|--------------------------------|-----------------------------------|
| Pentaclorofenol                             | No Identificado                | No Identificado                   |
| Bifenilos policlorados                      | No Identificado                | No Identificado                   |
| Ácido 2,4,5 triclorofenoxiacético           | No Identificado                | No Identificado                   |
| 2,4,5 triclorofenol                         | No Identificado                | No Identificado                   |
| Cloranilo                                   | No Identificado                | No Identificado                   |
| Eter de 2,4,6 - triclorofenil-4 nitrofenilo | No Identificado                | No Identificado                   |
| Clorobenzenos                               | No Identificado                | No Identificado                   |
| Cloro                                       | Franmar Ltda.                  | Occidental Chemical-Chile S.A. I. |
|   | Mathiesen S.A.C                |                                   |
|   | Oxiquím S.A.                   |                                   |
| Bicloruro de etileno                        | No Identificado                | No Identificado                   |
| PVC clorado*                                | Atofina Chile S.A.             | No Identificado                   |
| Polietileno clorado*                        | F.H. Engel S.A.                | No Identificado                   |
| Percloroetileno*                            | Andean Mining & Chemicals Ltd. | No Identificado                   |
|   | Dow Química Chilena S.A.       | No Identificado                   |
|   | Industrias Químicas Reno S.A.  | No Identificado                   |
|   | Interquímica Ltda.             | No Identificado                   |
|   | Oxiquím S.A.                   | No Identificado                   |
|   | Pérez Y Jacard S.A.            | No Identificado                   |
| Diclorodifluorometano*                      | Portland S.A.                  | No Identificado                   |
|   | Industrias Químicas Reno S.A.  | No Identificado                   |

\* Compuestos alifáticos clorados

No obstante la tabla presentada anteriormente, existe una potencialidad de generación de dioxinas y furanos en todos los compuestos que contienen cloro. Por este motivo, a continuación se presenta el listado de sustancias cloradas autorizadas, extraídas del documento “Autorizaciones de plaguicidas agrícolas vigentes al 31/08/2002”, Departamento de Protección Agrícola, Subdepartamento Plaguicidas y Fertilizantes, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

**Tabla Nº 3.5-16 Productos químicos clorados importados al país al año 2002 (autorizados por el SAG)**

| Ingrediente activo                        | Titular                             |
|---|-------------------------------------|
| Ac.dorofenoxiacetico/naftiloxiacetico/ga3 | Point Enterprise Chile Ltda.        |
| 1,3 - dicloropropeno                      | Trical Sudamericana S.A.            |
| Acetochlor                                | Monsanto Chile C. E I. Ltda.        |
| Acetocloro                                | Dow Agrosiences Chile S.A.          |
| Clodinafop propargil                      | Syngenta Agribusiness S.A.          |
| Clofentezine                              | Magan Chile Ltda.                   |
| Clomazona                                 | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Clopiralid/ sal monoetanolamina           | Dow Agrosiences Chile S.A.          |
| Clorfenapir                               | Basf Chile S.A.                     |
| Clorfenvinfos                             | Basf Chile S.A.                     |
| Cloridazon                                | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Cloridazon                                | Sipcam Agrocomercial De Chile Ltda. |
| Cloridazon                                | Moviagro S.A.                       |
| Cloridazon                                | Basf Chile S.A.                     |
| Clorimuron etil                           | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Clormequat/colina                         | Magan Chile Ltda.                   |
| Cloropicrina                              | Trical Sudamericana S.A.            |
| Clorotalonil                              | Solchem Ltda.                       |
| Clorotalonil                              | Syngenta Agribusiness S.A.          |
| Clorotalonil                              | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Clorotalonil                              | Moviagro S.A.                       |
| Clorotalonil                              | Point Enterprise Chile Ltda.        |
| Clorotalonil                              | Sipcam Agrocomercial De Chile Ltda  |
| Clorotoluron/terbutrina/trialsulfuron     | Syngenta Agribusiness S.A.          |
| Clorpirifos                               | Point Enterprise Chile Ltda.        |
| Clorpirifos                               | Solchem Ltda.                       |
| Clorpirifos                               | Basf Chile S.A.                     |
| Clorpirifos                               | Point Enterprise Chile Ltda.        |
| Clorpirifos                               | U.A.P. Chile S.A.                   |
| Clorpirifos                               | Moviagro S.A.                       |
| Clorpirifos                               | Dow Agrosiences Chile S.A.          |
| Clorpirifos                               | Point Enterprise Chile Ltda.        |
| Clorpirifos                               | Magan Chile Ltda.                   |
| Clorpirifos                               | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Clorpirifos metil                         | Dow Agrosiences Chile S.A.          |
| Clorpirifos/cipermetrina                  | Dow Agrosiences Chile S.A.          |

| Ingrediente activo                      | Titular                             |
|---|-------------------------------------|
| Clorpirifos/dimetoato                   | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Cloruro de alkyl dimetil benzil amonio  | Bayer S.A.                          |
| Cloruro de clormequat/cloruro de colina | Basf Chile S.A.                     |
| Clozolinato                             | Sipcam Agrocomercial De Chile Ltda. |
| Dichlobenil                             | Osi Specialities Inc. Chile Ltda.   |
| Dichlofluaniid                          | Bayer S.A.                          |
| Dichlorprop                             | Aventis Cropscience Chile S.A.      |
| Diclofop metil                          | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Diclofop metil                          | Aventis Cropscience Chile S.A.      |
| Diclofop metil/ fenoxaprop-p-etil       | Aventis Cropscience Chile S.A.      |
| Dicloran                                | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Diclorvos                               | Magan Chile Ltda.                   |
| Diclorvos                               | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Diclorvos                               | Point Enterprise Chile Ltda.        |
| Diclorvos                               | Basf Chile S.A.                     |
| Imidacloprid                            | Bayer S.A.                          |
| Imidacloprid                            | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Imidacloprid / cyfluthrin               | Bayer S.A.                          |
| Metolacoloro                            | Syngenta Agribusiness S.A.          |
| Oxicloruro de cobre                     | Agroquímica Ltda                    |
| Oxicloruro de cobre                     | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Oxicloruro de cobre                     | Agrospec S.A.                       |
| Oxicloruro de cobre                     | Quimetal Industrial S.A.            |
| Oxicloruro de cobre                     | U.A.P. Chile S.A.                   |
| Oxicloruro de cobre                     | Quimetal Industrial S.A.            |
| Oxicloruro de cobre/mancozeb            | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Prochloraz / carbendazim                | Aventis Cropscience Chile S.A.      |
| Quinclorac                              | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Quinclorac                              | Basf Chile S.A.                     |
| Thiacloprid / beta-cyfluthrin           | Bayer S.A.                          |
| Triclorpir acido                        | Dow Agrosiences Chile S.A.          |
| Triclorpir/ ester butoxietilico         | Dow Agrosiences Chile S.A.          |
| Triclorpyr                              | Agricola Nacional S.A.C. E I.       |
| Triclorfon                              | Bayer S.A.                          |
| Triclorfon                              | Point Enterprise Chile Ltda.        |

### 3.5.4.2 Evaluación e identificación a nivel nacional de las fuentes precursoras de dioxinas y furanos

A continuación se presenta las tablas correspondientes a la evaluación e identificación de las fuentes precursoras de dioxinas y furanos en el país. En particular, se utilizó el formato propuesto por el “Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos” (Mayo 2003).

La información presentada en las tablas siguientes fue obtenida mediante encuestas, visitas a terreno, entrevistas con especialistas, entidades fiscalizadoras, representantes de empresa y asociaciones. El detalle de esta información se presenta en el Anexo B.

#### A) Categoría N°1: Incineración de desechos

En esta categoría se encuentran incluidas las siguientes subcategorías:

- Incineración de desechos sólidos municipales
- Incineración de desechos peligrosos
- Incineración de desechos médicos
- Incineración de desechos de desguace
- Incineración de lodos de alcantarilla
- Incineración de desechos de madera y biomasa
- Incineración de cadáveres de animales

En el país se identificó un solo tipo de actividad asociada a la Categoría N° 1, correspondiente a “incineración de desechos médicos”. A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-17 con las fuentes identificadas:

**Tabla N° 3.5-17 Fuentes identificadas en la Categoría N°1**

| Subcategorías                                    | N° de fuentes identificadas                     | Total |
|--|---|-------|
| 1.1 Incineración de desechos sólidos municipales | No identificadas en el país                     | 0     |
| 1.2 Incineración de desechos peligrosos          | No identificadas en el país                     | 0     |
| 1.3 Incineración de desechos médicos             | Incinerador Procesan                            | 20    |
|  | Incinerador Ecoworld                            |       |
|  | Incinerador Ambimedical                         |       |
|  | Hospital de Iquique                             |       |
|  | Hospital de Antofagasta                         |       |
|  | Hospital de Calama                              |       |
|  | Hospital de Diego Almagro                       |       |
|  | Hospital de Coquimbo                            |       |
|  | Hospital de Ovalle                              |       |
|  | Hospital de San Felipe                          |       |
|  | Hospital de Rancagua                            |       |
|  | Hospital de Talca                               |       |
|  | Hospital de Chillán                             |       |
|  | Hospital de Concepción                          |       |
|  | Hospital Higuera - Talcahuano                   |       |
|  | Hospital de Los Angeles                         |       |
|  | Hospital de Carahue (recibe residuos de Temuco) |       |
|  | Hospital de Osorno                              |       |
|  | Hospital de Puerto Montt                        |       |
|  | Hospital de Valdivia                            |       |
| 1.4 Incineración de desechos de desguace         | No identificadas en el país                     | 0     |
| 1.5 Incineración de lodos de alcantarilla        | No identificadas en el país                     | 0     |
| 1.6 Incineración de desechos de madera y biomasa | No identificadas en el país                     | 0     |
| 1.7 Incineración de cadáveres de animales        | No identificadas en el país                     | 0     |

## B) Categoría Nº2: Producción de metales ferrosos y no ferrosos

En esta categoría se encuentran incluidas las siguientes sub-categorías:

- Sinterización de metal de hierro
- Producción de coque
- Plantas de producción de hierro y acero
- Producción de cobre
- Producción de aluminio
- Producción de plomo
- Producción de zinc
- Producción de bronce y latón
- Producción de magnesio
- Producción de otros metales no ferrosos
- Desguazadoras
- Recuperación térmica de cables

A continuación se presenta la Tabla Nº 3.5-18 con las fuentes identificadas:

**Tabla Nº 3.5-18 Fuentes identificadas en la Categoría Nº2**

| Subcategorías                                | Nº de fuentes identificadas                  | Total |
|--|--|-------|
| 2.1 Sinterización de metal de hierro         | CAP-Planta Pelets Huasco                     | 1     |
| 2.2 Producción de coque                      | CAP-Huachipato                               | 1     |
| 2.3 Plantas de producción de hierro y acero  | Empresa Neptuno Industrial y Comercial Ltda. | 24    |
|  | Sociedad Industrial Metalam y Cía. Ltda.     |       |
|  | Sociedad Técnica en Metales Ltda.            |       |
|  | Talleres – Codelco                           |       |
|  | Fundición Curicó y Cía. Ltda.                |       |
|  | Metalúrgica del Sur Ltda.                    |       |
|  | CAP- Siderúrgica Huachipato                  |       |
|  | Fundición Imperial                           |       |
|  | Inductometal                                 |       |
|  | Gerdeau Aza                                  |       |
|  | Fundiciones de Región Metropolitana (14)     |       |
| 2.4 Producción de cobre                      | Fundición Chuquicamata (Codelco)             | 7     |
|  | Altonorte (Noranda)                          |       |
|  | Fundición Paipote (Enami)                    |       |
|  | Fundición Potrerillos (Codelco)              |       |
|  | Fundición Chagres (Disputada de las Condes)  |       |
|  | Fundición Ventanas (Enami)                   |       |
| 2.5 Producción de aluminio                   | Caletones (Codelco)                          | 15    |
|  | Empresa Neptuno Industrial y Comercial Ltda. |       |
|  | Zacconi y Cía. Ltda.                         |       |
|  | Coinfa S.A.                                  |       |
|  | Fundición Imperial                           |       |
| 2.6 Producción de plomo                      | Inductometal                                 | 1     |
|  | Fundiciones de Región Metropolitana (1)      |       |
| 2.7 Producción de zinc                       | No identificadas en el país                  | 0     |
| 2.8 Producción de bronce y latón             | Empresa Neptuno Industrial y Comercial Ltda. | 20    |
|  | Fundición Imperial                           |       |
|  | Inductometal                                 |       |
|  | Fundiciones de Región Metropolitana (17)     |       |
| 2.9 Producción de magnesio                   | No identificadas en el país                  | 0     |
| 2.10 Producción de otros metales no ferrosos | No identificadas en el país                  | 0     |
| 2.11 Desguazadoras                           | No identificadas en el país                  | 0     |
| 2.12 Recuperación térmica de cables          | No identificadas en el país                  | 0     |

**C) Categoría N°3: Generación de energía y calefacción**

En esta categoría se encuentran incluidas las siguientes subcategorías:

- Centrales de energía de combustibles fósiles
- Centrales de energía de biomasa
- Combustión de terraplén / biogás
- Calefacción doméstica y cocina con biomasa
- Calefacción doméstica con combustibles fósiles

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-19 con las fuentes identificadas:

**Tabla N° 3.5-19 Fuentes identificadas en la Categoría N°3**

| Subcategorías                                      | N° de fuentes identificadas   | Total |
|--|---|-------|
| 3.1 Centrales de energía de combustibles fósiles   | Edelnor S.A.-Iquique  | 15    |
|  | Electroandina-Tocopilla   |       |
|  | Endesa-Diego de Almagro y Huasco  |       |
|  | Edelnor S.A.-Mejillones   |       |
|  | Endesa-Mejillones   |       |
|  | Gener-Salta   |       |
|  | Colbún-Nehuenco   |       |
|  | San Isidro-San Isidro   |       |
|  | S.E. Santiago S.A.-Nueva Renca  |       |
|  | Edelmag S.A.-Pto. Natales y Punta Arenas  |       |
|  | Celta- Patache  |       |
|  | Norgener-Tocopilla  |       |
|  | Gener-Ventanas y Laguna Verde   |       |
|  | Gener-Renca   |       |
|  | Endesa-Bocamina   |       |
| 3.2 Centrales de energía de biomasa                | Energía verde – Planta Laja   | 8     |
|  | Energía verde – Planta Constitución   |       |
|  | Energía Verde – Planta San Fco. de Mostazal   |       |
|  | Energía Verde – Planta Nacimiento   |       |
|  | CMPC-Santa Fe   |       |
|  | CMPC-Laja   |       |
|  | CELCO-Constitución  |       |
|  | CELCO-Arauco  |       |
| 3.3 Combustión de terraplén / biogás               | No identificadas en el país   | –     |
| 3.4 Calefacción doméstica y cocina con biomasa     | No se requiere la identificación puntual de las fuentes para el posterior cálculo de liberaciones | –     |
| 3.5 Calefacción doméstica con combustibles fósiles | No se requiere la identificación puntual de las fuentes para el posterior cálculo de liberaciones | –     |

**D) Categoría N°4: Producción de productos minerales**

En esta categoría se encuentran incluidas las siguientes subcategorías:

- Producción de cemento
- Producción de cal
- Producción de ladrillos y tejas
- Producción de vidrio
- Producción de cerámicas
- Mezclado de asfalto

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-20 con las fuentes identificadas:

**Tabla N° 3.5-20 Fuentes identificadas en la Categoría N°4**

| Subcategorías                       | N° de fuentes identificadas                     | Total |
|-------------------------------------|---|-------|
| 4.1 Producción de cemento           | Inacesa (Bio Bio) – Planta Antofagasta          | 5     |
|                                     | Cementos Melón – Planta Calera                  |       |
|                                     | Cementos Polpaico – Planta Til Til              |       |
|                                     | Cementos Bio Bio – Planta Curicó                |       |
|                                     | Cementos Bio Bio – Planta Talcahuano            |       |
|                                     |   |       |
| 4.2 Producción de cal               | Inacesa (Bio Bio) – Planta Antofagasta          | 10    |
|                                     | Inacesa (Bio Bio) – Planta Curicó               |       |
|                                     | Soprocal  |       |
|                                     | División Talleres-Codelco                       |       |
|                                     | Celulosa Licancel (Arauco)                      |       |
|                                     | Celulosa Constitución (Arauco)                  |       |
|                                     | Celulosa Laja (CMPC)                            |       |
|                                     | Celulosa Arauco (Arauco)                        |       |
|                                     | Celulosa Santa Fé (CMPC)                        |       |
|                                     | Celulosa Pacífico (CMPC)                        |       |
| 4.3 Producción de ladrillos y tejas | Fábrica de Ladrillos Melus S.A. (Arica y Quepe) | 11    |
|                                     | Industrias Princesa                             |       |
|                                     | Tejas de Chena                                  |       |
|                                     | Cerámica Bío Bío Ltda.                          |       |
|                                     | Cerámica Nacimiento                             |       |
|                                     | Tecnocerámica                                   |       |
|                                     | Ladrilleras Melus S.A.                          |       |
|                                     | Fábrica Nacional de Tejas y Ladrillos Ltda.     |       |
|                                     | RHI Chile S.A.                                  |       |
|                                     | Ladrillos Atacama Ltda.                         |       |
| 4.4 Producción de vidrio            | Cerámicos Kon-Aiken Ltda.                       | 7     |
|                                     | Cristalerías de Chile                           |       |
|                                     | Cristalería Artística<br>Cristalerías Toro      |       |

| Subcategorías               | N° de fuentes identificadas          | Total |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|
|                             | Vidrios Lirquén                      |       |
|                             | Cristalerías Arte Vetro Ltda.        |       |
|                             | Cristalerías Artesanales Ltda.       |       |
|                             | Vitro-Química (S.A.)                 |       |
| 4.5 Producción de cerámicas | Cerámicas Cordillera                 | 12    |
|                             | Cerámica Batuco                      |       |
|                             | Cerámicas Santiago                   |       |
|                             | Cerámica Espejo                      |       |
|                             | Porcelanas Florencia S.A.            |       |
|                             | Fanaloza S.A. (Planta Stgo. y Penco) |       |
|                             | Cerámica Italia                      |       |
|                             | Cerámicas Serra                      |       |
|                             | Cerámica Lablee                      |       |
|                             | Germán Peters e Hijos Ltda           |       |
|                             | Sanitarios Colina Ltda.              |       |
|                             | Refratarios lunge Ltda               |       |
| 4.6 Mezclado de asfalto     | AsfalChile                           | 5     |
|                             | Shell Bitumen                        |       |
|                             | Bitumix                              |       |
|                             | Química Latinoamericana              |       |
|                             | Asfaltos Chilena S.A.                |       |

### E) Categoría N°5: Transporte

En esta categoría se encuentran incluidas las siguientes subcategorías:

- Motores de cuatro tiempos
- Motores de 2 tiempos
- Motores Diesel
- Motores de aceite pesado

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-21 con las fuentes identificadas:

**Tabla N° 3.5-21 Fuentes identificadas en la Categoría N° 5**

| Subcategorías                 | N° de fuentes identificadas   |
|-------------------------------|---|
| 5.1 Motores de cuatro tiempos | No se requiere la identificación puntual de las fuentes para el posterior cálculo de liberaciones |
| 5.2 Motores de 2 tiempos      | No se requiere la identificación puntual de las fuentes para el posterior cálculo de liberaciones |
| 5.3 Motores Diesel            | No se requiere la identificación puntual de las fuentes para el posterior cálculo de liberaciones |
| 5.4 Motores de aceite pesado  | No se requiere la identificación puntual de las fuentes para el posterior cálculo de liberaciones |

### F) Categoría N°6: Procesos de combustión incontrolados

En esta categoría se encuentran incluidas las siguientes subcategorías:

- Quema de biomasa
- Quema de desechos e incendios accidentales

Para esta categoría se obtuvo información general a nivel país, debido a lo difuso de estas fuentes y a que los datos regionales son suficientes para el cálculo de las liberaciones de la categoría.

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-22 con las fuentes identificadas:

**Tabla N° 3.5-22 Fuentes identificadas en la Categoría N°6**

| Subcategorías                                  | N° de fuentes identificadas   |
|--|---|
| 6.1 Quema de biomasa                           | En la temporada 2001-2002 se produjeron 6.701 incendios forestales y 15.385 quema de residuos agrícolas y forestales  |
| 6.2 Quema de desechos e incendios accidentales | Respecto a la quema de desechos no se obtuvo información de los servicios de salud del país, debido a que se trata de actividades informales. En relación a los incendios accidentales, en viviendas principalmente, no se identificaron registros o bases de datos de la ocurrencia de estos eventos en el país. |

### G) Categoría N°7: Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo

En esta categoría se encuentran incluidas las siguientes subcategorías:

- Fábricas de pasta y papel
- Industria química
- Industria del petróleo
- Plantas textiles
- Industria del cuero

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-23 con las fuentes identificadas:

**Tabla N° 3.5-23 Fuentes identificadas en la Categoría N°7**

| Subcategorías                 | N° de fuentes identificadas                          | Total |
|-------------------------------|--|-------|
| 7.1 Fábricas de pasta y papel | Papeles Cordillera (CMPC Papeles)                    | 13    |
|                               | Planta Licancel (Celulosa Arauco y Constitución)     |       |
|                               | Planta Constitución (Celulosa Arauco y Constitución) |       |
|                               | Cartulinas Maule (CMPC Papeles)                      |       |
|                               | Planta Laja (CMPC Celulosa)                          |       |
|                               | Planta Arauco (Celulosa Arauco y Constitución)       |       |
|                               | Planta Santa Fe (CMPC Celulosa)                      |       |
|                               | Inforsa (CMPC Papeles)                               |       |
|                               | Papeles Bío Bío (Norske-Skog)                        |       |
|                               | Forestal y Papelera Concepción                       |       |
|                               | Planta Pacífico (CMPC Celulosa)                      |       |
|                               | Cartulinas Valdivia (CMPC Papeles)                   |       |
| 7.2 Industria química         | Occidental Chemical-Chile S.A. I.                    | 1     |
| 7.3 Industria del petróleo    | Refinería de Petróleo de Concón                      | 3     |
|                               | Petrox   |       |
|                               | ENAP-Magallanes                                      |       |
| 7.4 Plantas textiles          | Inversiones Millaray S.A.                            | 20    |
|                               | Industrias Sumar S.A.                                |       |
|                               | Manufacturas textiles "Fibratex"                     |       |
|                               | Linós de Chile Ltda..                                |       |
|                               | Santista textil Chile S.A.                           |       |
|                               | SAIEG y Cía Ltda..                                   |       |
|                               | Servicios Pesqueros S.A. "Serpes S.A."               |       |
|                               | Sumar Nylon S.A.                                     |       |
|                               | Bellavista Oveja Tomé S.A.                           |       |
|                               | Cía. de tejidos primates S.A.                        |       |
|                               | Crossville fabric Chile S.A.                         |       |
|                               | Hilandería Maisa S.A.                                |       |
|                               | Hilandería Pietro Romagnoli S.A.                     |       |
|                               | Lanera Chilena S.A.                                  |       |
|                               | Donnebaum y Cía. Ltda., Leopoldo                     |       |
|                               | Hilados y tejidos Garib S.A.                         |       |
|                               | Industria textil La Reina                            |       |
|                               | Pablo Izurieta Peirano                               |       |
|                               | Textil Cohen y Gomberoff Ltda..                      |       |
|                               | Zalaquet S.A.  |       |
| 7.5 Industria del cuero       | Curtiembre Narruk's                                  | 14    |
|                               | Curtiembre Lafon S.A.I.                              |       |
|                               | Curtiembre Jordec                                    |       |
|                               | Gamupel  |       |
|                               | Curtiembre versalles                                 |       |
|                               | Curtiembre Etalfa S.A.C. E Industrial                |       |

| Subcategorías | N° de fuentes identificadas        | Total |
|---------------|------------------------------------|-------|
|               | Curtiembre Rufino Melero S,A,      | 14    |
|               | Curtiembre Cuero bat               |       |
|               | Curtiembre Baska S.A.              |       |
|               | Curtiembre Linares Ltda,           |       |
|               | Curtiembre Talca                   |       |
|               | Curtiembre Fisher                  |       |
|               | Curtiembre y Calzados Bustos Ltda. |       |
|               | Curtiembre Winkler                 |       |

**H) Categoría N°8: Varios**

En esta categoría se encuentran incluidas las siguientes subcategorías:

- Desechado de biomasa
- Crematorios
- Ahumaderos
- Limpieza en seco
- Consumo de tabaco

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-24 con las fuentes identificadas:

**Tabla N° 3.5-24 Fuentes identificadas en la Categoría N°8**

| Subcategorías            | N° de fuentes identificadas   | Total |
|--------------------------|---|-------|
| 8.1 Desechado de biomasa | No se logró cuantificar las fuentes, debido a que no se identificaron registros o bases de datos con información de las empresas del rubro. |       |
| 8.2 Crematorios          | Cementerio San Cristobal de Antofagasta   | 5     |
|                          | Cementerio General de Santiago  |       |
|                          | Cementerio Parque del Recuerdo de Santiago  |       |
|                          | Cementerio General de Concepción  |       |
|                          | Cementerio General Punta Arenas   |       |
| 8.3 Ahumaderos           | No se logró cuantificar las fuentes, debido a que no se identificaron registros o bases de datos con información de las empresas del rubro. |       |
| 8.5 Limpieza en seco     | No se logró cuantificar las fuentes, debido a que no se identificaron registros o bases de datos con información de las empresas del rubro. |       |
| 8.6 Consumo de tabaco    | En el país se consumen alrededor de 13.000 millones de cigarrillos anualmente   | —     |

## D) Categoría N°9: Evacuación / Terraplén

En esta categoría se encuentran incluidas las siguientes subcategorías:

- Terraplenes y vertederos
- Aguas de alcantarilla y su tratamiento
- Compostado
- Vertidos al agua abierta
- Evacuación aceites de desechos

Para esta categoría se obtuvo información general, es decir, datos a nivel país y región en cuanto a la generación de residuos domiciliarios, residuos industriales, aguas servidas y Riles, debido principalmente a lo difuso de estas fuentes.

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-25 con las fuentes identificadas:

**Tabla N° 3.5-25 Fuentes identificadas en la Categoría N°9**

| Subcategorías                              | N° de fuentes identificadas   | Total |
|--|---|-------|
| 9.1 Terraplenes y vertederos               | No se requiere la identificación puntual de las fuentes para el posterior cálculo de liberaciones   |       |
| 9.2 Aguas de alcantarilla y su tratamiento | No se requiere la identificación puntual de las fuentes para el posterior cálculo de liberaciones   |       |
| 9.3 Compostado                             | No se identificaron fuentes. La falta de información se atribuye a que es una actividad incipiente e informal en el país, de la cual no se identificaron registros de información |       |
| 9.4 Vertidos al agua abierta               | No se requiere la identificación puntual de las fuentes para el posterior cálculo de liberaciones   |       |
| 9.5 Evacuación aceites de desechos         | Esta subcategoría no se aplica según el Instrumental versión 2003   |       |

## 3.5.5 Estimación de los factores de emisión por defecto o medidos, para cada una de las actividades

### 3.5.5.1 Introducción a los factores de emisión

Los factores de emisión de dioxinas y furanos se definen, por esencia, como la “liberación de PCDD/PCDF por unidad de material de entrada procesado o de producto producido”.

En particular, los factores de emisión por defecto facilitados en el “Instrumental normalizado” representan un promedio de las liberaciones de PCDD/PCDF para cada clase. Se basan en datos medidos en fuentes existentes con la misma tecnología, características del proceso y prácticas de operación. Aunque estos factores de emisión se basan en la mejor información disponible de la literatura u otras fuentes, éstos son susceptibles de modificar a medida que vaya disponiéndose de nuevos datos.

Es importante hacer notar que la obtención de datos de emisión de dioxinas y furanos exige análisis complejos. Los datos obtenidos localmente sólo se deben utilizar si son de calidad adecuada, representativos y fiables. Este proceso incluye un seguimiento cuidadoso de la forma como se han generado los datos.

Requisito previo para la obtención de datos de alta calidad es la aplicación de métodos normalizados de muestreo y análisis, una experiencia demostrada de laboratorio y una buena documentación. Si no se reúnen esas condiciones, se recomienda recurrir a los factores de emisión por defecto facilitados por el “Instrumental normalizado” que utilizar datos medidos de calidad dudosa.

### 3.5.5.2 Listado de factores de emisión del Instrumental Normalizado

Los factores de emisión que se presentan a continuación, corresponden a los datos recomendados por el “Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos” emitido en Mayo del 2003. Cabe señalar que las tablas que se presentan a continuación, corresponden a las fuentes identificadas en el país.

**Tabla N° 3.5-26 Factores de emisión para incineración de desechos médicos**

| Clasificación a utilizar  | Factor atmósfera<br>(ug EQT / ton desechos) | Factor residuos<br>(ug EQT / ton desechos) |
|---|---|--|
| Combustión no controlada del tipo lotes, sin sistema CCA                        | 40.000                                      | 200*                                       |
| Combustión del tipo lotes, controlada, sin CCA o CCA mínima                     | 3.000                                       | 20*  |
| Combustión del tipo lotes, controlada, buen CCA                                 | 525   | 920**                                      |
| Combustión controlada continua de alta tecnología, perfeccionado sistema de CCA | 1   | 150**                                      |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

\* Se refiere sólo a las cenizas depositadas que quedan en la cámara de combustión

\*\* Se refiere a la combinación de cenizas volantes y depositadas

**Tabla N° 3.5-27 Factores de emisión para la sinterización de hierro**

| Clasificación a utilizar   | Factor atmósfera<br>(ug EQT/ton sinterizado) | Factor agua<br>(ug EQT/ton sinterizado) | Factor tierra<br>(ug EQT/ton sinterizado) | Factor productos<br>(ug EQT/ton sinterizado) | Factor residuos<br>(ug EQT/ton sinterizado) |
|--|--|---|---|--|---|
| Alto reciclado de desechos, incluidos materiales contaminados con aceite | 20   | ND                                      | ND  | NA   | 0,003                                       |
| Escasa utilización de desechos, planta bien controlada                   | 5  | ND                                      | ND  | NA   | 0,003                                       |
| Alta tecnología, reducción de emisiones                                  | 0,3  | ND                                      | ND  | NA   | 0,003                                       |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-28 Factores de emisión para la producción de coque**

| Clasificación a utilizar                    | Factor atmósfera<br>(ug EQT/ton coke) | Factor agua<br>(ug EQT/ton coke) | Factor tierra<br>(ug EQT/ton coke) | Factor productos<br>(ug EQT/ton coke) | Factor residuos<br>(ug EQT/ton coke) |
|---|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Sin limpieza de gas                         | 3                                     | 0,06*                            | NA                                 | ND                                    | ND                                   |
| CCA con postcombustión / retención de polvo | 0,3                                   | 0,06*                            | NA                                 | ND                                    | ND                                   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

\* Cuando se aplica tratamiento al agua se utiliza un factor de 0,006 ug EQT / ton coke

**Tabla Nº 3.5-29 Factores de emisión para la industria siderometalúrgica**

| Clasificación a utilizar  | Factor atmósfera (ug / ton AL) | Factor agua (ug / ton AL) | Factor tierra (ug / ton AL) | Factor productos (ug / ton AL) | Factor residuos (ug / ton AL) |
|---|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Chatarra sucia (aceites de corte, contaminación general), precalentamiento de chatarra, controles limitados | 10                             | ND                        | NA                          | NA                             | 15                            |
| Chatarra limpia/hierro virgen, postcombustión y filtro tela   | 3                              | ND                        | NA                          | NA                             | 15                            |
| Chatarra limpia/hierro virgen, HAE diseñados para bajas emisiones de PCDD/PCDF, hornos HOB                  | 0,1                            | ND                        | NA                          | NA                             | 1,5                           |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla Nº 3.5-30 Factores de emisión para las fundiciones de hierro**

| Clasificación a utilizar   | Factor atmósfera (ug / ton AL) | Factor agua (ug / ton AL) | Factor tierra (ug / ton AL) | Factor productos (ug / ton AL) | Factor residuos (ug / ton AL) |
|--|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Cubilote de aire frío o tambor rotatorio y depuración de gas           | 10                             | NA                        | NA                          | NA                             | ND                            |
| Tambor rotatorio-filtro tela   | 4,3                            | NA                        | NA                          | NA                             | 0,2                           |
| Cubilote de aire frío-filtro tela                                      | 1                              | NA                        | NA                          | NA                             | 8                             |
| Cubilote de aire caliente u horno de inducción-filtro tela (fundición) | 0,03                           | NA                        | NA                          | NA                             | 0,5                           |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla Nº 3.5-31 Factores de emisión para la producción de cobre**

| Clasificación a utilizar                     | Factor atmósfera (ug EQT) /ton Cu) | Factor agua (ug EQT) /ton Cu) | Factor tierra (ug EQT) /ton Cu) | Factor productos (ug EQT) /ton Cu) | Factor residuos (ug EQT) /ton Cu) |
|--|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Cu sec-tecnología básica                     | 800                                | ND                            | NA                              | NA                                 | 630                               |
| Cu sec-bien controlada                       | 50                                 | ND                            | NA                              | NA                                 | 630                               |
| Cu sec-control óptimo de PCDD / PCDF         | 5                                  | ND                            | NA                              | NA                                 | 300                               |
| Fundición y vaciado de Cu / aleaciones de Cu | 0,03                               | ND                            | NA                              | NA                                 | ND                                |
| Cu primario - todos los tipos                | 0,01                               | ND                            | NA                              | NA                                 | ND                                |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-32 Factores de emisión para la producción de aluminio**

| Clasificación a utilizar  | Factor atmósfera<br>(ug EQT /<br>ton Al) | Factor agua<br>(ug EQT /<br>ton Al) | Factor tierra<br>(ug EQT /<br>ton Al) | Factor productos<br>(ug EQT /<br>ton Al) | Factor residuos<br>(ug EQT /<br>ton Al) |
|---|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Procesamiento térmico de chatarra de Al, tratamiento mínimo de material de entrada y simple retención del polvo | 150                                      | ND                                  | NA                                    | NA                                       | 400                                     |
| Procesamiento térmico del Al, pre-tratamiento de chatarra buenos controles, filtros con inyección de cal        | 35                                       | ND                                  | NA                                    | NA                                       | 400                                     |
| Resecado de raspaduras / viruta   | 5  | NA                                  | NA                                    | NA                                       | NA                                      |
| Procesamiento térmico del Al, pre-tratamiento de chatarra buen control, filtros de tela con inyección de cal    | 3,5                                      | NA                                  | NA                                    | NA                                       | 100                                     |
| Control de PCDD / PCDF óptimo - sistemas de postcombustión, inyección de cal, filtros de tela y carbón activo   | 0,5                                      | ND                                  | NA                                    | NA                                       | 100                                     |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-33 Factores de emisión para la producción de plomo**

| Clasificación a utilizar  | Factor atmósfera<br>(ug EQT)<br>/ton Pb) | Factor agua<br>(ug EQT)<br>/ton Pb) | Factor tierra<br>(ug EQT)<br>/ton Pb) | Factor productos<br>(ug EQT)<br>/ton Pb) | Factor residuos<br>(ug EQT)<br>/ton Pb) |
|---|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Producción de plomo a partir de chatarra que contiene PVC   | 80                                       | ND                                  | NA                                    | NA                                       | ND                                      |
| Producción de plomo a partir de chatarra libre de PVC/Cl2 en altos hornos con filtro tela                         | 8  | ND                                  | NA                                    | NA                                       | ND                                      |
| Producción de plomo a partir de chatarra libre de PVC / Cl2 en hornos distintos de los altos hornos con depurador | 0,5                                      | ND                                  | NA                                    | NA                                       | ND                                      |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-34 Factores de emisión para la producción de zinc**

| Clasificación a utilizar   | Factor atmósfera (ug EQT) / ton Zn) | Factor agua (ug EQT) / ton Zn) | Factor tierra (ug EQT) / ton Zn) | Factor productos (ug EQT) / ton Zn) | Factor residuos (ug EQT) / ton Zn) |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Horno sin ningún control de polvo  | 1.000                               | ND                             | NA                               | NA                                  | ND                                 |
| Horno de briquetado en caliente/ rotatorios, control básico de polvo; por ejemplo, filtros de tela/PES | 100                                 | ND                             | NA                               | NA                                  | ND                                 |
| Controles de contaminación completos, por ejemplo, filtros de tela con carbón activo/tecnología DeDiox | 5                                   | ND                             | NA                               | NA                                  | ND                                 |
| Fusión del Zinc  | 0,3                                 | ND                             | NA                               | NA                                  | NA                                 |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-35 Factores de emisión para la producción de latón y bronce**

| Clasificación a utilizar  | Factor atmósfera (ug EQT/ton latón/bronce) | Factor agua (ug EQT/ton latón/bronce) | Factor tierra (ug EQT/ton latón/bronce) | Factor productos (ug EQT/ton latón/bronce) | Factor residuos (ug EQT/ton latón/bronce) |
|---|--|---------------------------------------|---|--|---|
| Hornos de fusión sencillos  | 10   | ND                                    | NA                                      | NA   | ND  |
| Equipos más complejos, como hornos de inducción con sistemas de CCA | 0,1  | ND                                    | NA                                      | NA   | ND  |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-36 Factores de emisión para centrales de energía de combustibles fósiles**

| Clasificación a utilizar  | Factor atmósfera (ug EQT / TJ combustible) | Factor agua (ug EQT / TJ combustible) | Factor residuos (ug EQT / TJ combustible) |
|---|--|---------------------------------------|---|
| Calderas de energía que queman conjuntamente combustible fósil / desechos | 35   | ND                                    | ND  |
| Calderas de energía que queman carbón                                     | 10   | ND                                    | 14  |
| Calderas de energía que queman aceite pesado                              | 2,5  | ND                                    | ND  |
| Calderas de energía que queman aceite ligero (petróleo) / gas natural     | 0,5  | ND                                    | ND  |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-37 Factores de emisión para centrales de energía de biomasa**

| Clasificación a utilizar                  | Factor atmósfera<br>(ug EQT / TJ combustible) | Factor agua<br>(ug EQT / TJ combustible) | Factor residuos<br>(ug EQT / TJ combustible) |
|---|---|--|--|
| Calderas alimentadas por biomasa mezclada | 500   | ND                                       | ND   |
| Calderas alimentadas por madera limpia    | 50  | ND                                       | 15   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-38 Factores de emisión para la calefacción doméstica y cocina con biomasa**

| Clasificación a utilizar                             | Factor atmósfera<br>(ug EQT / TJ combustible) | Factor agua<br>(ug EQT / TJ combustible) | Factor residuos<br>(ug EQT / TJ combustible) |
|--|---|--|--|
| Estufas alimentadas por madera / biomasa contaminada | 1.500   | ND                                       | 2.000  |
| Estufas alimentadas por madera virgen / biomasa      | 100   | ND                                       | 20   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-39 Factores de emisión para la calefacción doméstica con combustibles fósiles**

| Clasificación a utilizar | Factor atmósfera<br>(ug EQT / TJ combustible) | Factor residuos<br>(ng EQT / Kg ceniza) |
|--------------------------|---|---|
| Estufas a carbón         | 70  | 5.000                                   |
| Estufas a petróleo       | 10  | NA                                      |
| Estufas de gas natural   | 1,5   | NA                                      |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-40 Factores de emisión para la producción de cemento**

| Clasificación a utilizar  | Factor atmósfera<br>(ug EQT / ton cemento) | Factor agua<br>(ug EQT / ton cemento) | Factor tierra<br>(ug EQT / ton cemento) | Factor productos<br>(ug EQT / ton cemento) | Factor residuos<br>(ug EQT / ton cemento) |
|---|--|---------------------------------------|---|--|---|
| Hornos húmedos, PES a temperatura > 300 °C  | 5,0  | ND                                    | ND                                      | ND   | 1,0                                       |
| Hornos húmedos, PES / filtro de tela temperatura 200 - 300 °C                                     | 0,6  | ND                                    | NA                                      | ND   | 0,1                                       |
| Hornos húmedos, PES / filtro de tela temperatura < 200 °C. Hornos secos con CCA (todos los tipos) | 0,05                                       | ND                                    | NA                                      | ND   | 0,003                                     |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla Nº 3.5-41 Factores de emisión para la producción de cal**

| Clasificación a utilizar                 | Factor atmósfera (ug EQT / ton cal) | Factor agua (ug EQT / ton cal) | Factor tierra (ug EQT / ton cal) | Factor productos (ug EQT / ton cal) | Factor residuos (ug EQT / ton cal) |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Ciclón, sin control del polvo            | 10                                  | NA                             | ND                               | ND                                  | ND                                 |
| Producción de cal con retención de polvo | 0,07                                | NA                             | ND                               | ND                                  | ND                                 |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla Nº 3.5-42 Factores de emisión para la producción de ladrillos**

| Clasificación a utilizar                       | Factor atmósfera (ug EQT / ton ladrillos) | Factor agua (ug EQT / ton ladrillos) | Factor tierra (ug EQT / ton ladrillos) | Factor productos (ug EQT / ton ladrillos) | Factor residuos (ug EQT / ton ladrillos) |
|--|---|--------------------------------------|--|---|--|
| Ciclón, sin control del polvo                  | 0,2                                       | NA                                   | NA                                     | ND  | ND                                       |
| Producción de ladrillos con retención de polvo | 0,02                                      | NA                                   | NA                                     | ND  | ND                                       |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla Nº 3.5-43 Factores de emisión para la producción de vidrio**

| Clasificación a utilizar                    | Factor atmósfera (ug EQT / ton vidrio) | Factor agua (ug EQT / ton vidrio) | Factor tierra (ug EQT / ton vidrio) | Factor productos (ug EQT / ton vidrio) | Factor residuos (ug EQT / ton vidrio) |
|---|--|-----------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|
| Ciclón, sin control del polvo               | 0,2                                    | NA                                | ND                                  | ND                                     | ND                                    |
| Producción de vidrio con retención de polvo | 0,015                                  | NA                                | ND                                  | ND                                     | ND                                    |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla Nº 3.5-44 Factores de emisión para la producción de cerámica (igual que ladrillos)**

| Clasificación a utilizar                      | Factor atmósfera (ug EQT / ton cerámica) | Factor agua (ug EQT / ton cerámica) | Factor tierra (ug EQT / ton cerámica) | Factor productos (ug EQT / ton cerámica) | Factor residuos (ug EQT / ton cerámica) |
|---|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Ciclón, sin control del polvo                 | 0,2                                      | NA                                  | NA                                    | ND                                       | ND                                      |
| Producción de cerámica con retención de polvo | 0,02                                     | NA                                  | NA                                    | ND                                       | ND                                      |

**Tabla N° 3.5-45 Factores de emisión para la producción de asfalto**

| Clasificación a utilizar                                | Factor atmósfera (ug EQT / ton asfalto) | Factor agua (ug EQT / ton asfalto) | Factor tierra (ug EQT / ton asfalto) | Factor productos (ug EQT / ton asfalto) | Factor residuos (ug EQT / ton asfalto) |
|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Planta mezcladora sin sistemas de depuración de gas     | 0,07                                    | NA                                 | ND                                   | ND                                      | ND                                     |
| Planta mezcladora con filtro de tela o depurador húmedo | 0,007                                   | NA                                 | ND                                   | ND                                      | 0,06                                   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-46 Factores de emisión para los motores de cuatro tiempos**

| Clasificación a utilizar               | Factor atmósfera (ug EQT / ton combustible) | Factor agua (ug EQT / ton combustible) | Factor tierra (ug EQT / ton combustible) | Factor productos (ug EQT / ton combustible) | Factor residuos (ug EQT / ton combustible) |
|--|---|--|--|---|--|
| Combustible con plomo                  | 2,2   | NA                                     | NA                                       | NA  | NA   |
| Combustible sin plomo, sin catalizador | 0,1   | NA                                     | NA                                       | NA  | NA   |
| Combustible sin plomo, con catalizador | 0   | NA                                     | NA                                       | NA  | NA   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-47 Factores de emisión para los motores de dos tiempos**

| Clasificación a utilizar               | Factor atmósfera (ug EQT / ton combustible) | Factor agua (ug EQT / ton combustible) | Factor tierra (ug EQT / ton combustible) | Factor productos (ug EQT / ton combustible) | Factor residuos (ug EQT / ton combustible) |
|--|---|--|--|---|--|
| Combustible con plomo                  | 3,5   | NA                                     | NA                                       | NA  | NA   |
| Combustible sin plomo, sin catalizador | 2,5   | NA                                     | NA                                       | NA  | NA   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-48 Factores de emisión para los motores Diesel**

| Clasificación a utilizar | Factor atmósfera (ug EQT / ton combustible) | Factor agua (ug EQT / ton combustible) | Factor tierra (ug EQT / ton combustible) | Factor productos (ug EQT / ton combustible) | Factor residuos (ug EQT / ton combustible) |
|--------------------------|---|--|--|---|--|
| Motores Diesel           | 0,1   | NA                                     | NA                                       | NA  | ND   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-49 Factores de emisión para los motores de aceite pesado**

| Clasificación a utilizar | Factor atmósfera (ug EQT / ton combustible) | Factor agua (ug EQT / ton combustible) | Factor tierra (ug EQT / ton combustible) | Factor productos (ug EQT / ton combustible) | Factor residuos (ug EQT / ton combustible) |
|--------------------------|---|--|--|---|--|
| Todos los tipos          | 4   | NA                                     | NA                                       | NA  | ND   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-50 Factores de emisión para la quema de biomasa**

| Clasificación a utilizar  | Factor atmósfera (ug EQT / ton material) | Factor agua (ug EQT / ton material) | Factor tierra (ug EQT / ton material) | Factor productos (ug EQT / ton material) | Factor residuos (ug EQT / ton material) |
|---|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Incendios forestales  | 5  | ND                                  | 4                                     | NA                                       | NA                                      |
| Incendios en praderas y brezos  | 5  | ND                                  | 4                                     | NA                                       | NA                                      |
| Quema de residuos agrícolas (en el campo), no afectado                  | 0,5                                      | ND                                  | 10                                    | NA                                       | NA                                      |
| Quema de residuos agrícolas (en el campo), afectado, condiciones pobres | 30                                       | ND                                  | 10                                    | NA                                       | NA                                      |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-51 Factores de emisión para calderas de biomasa en industrias de pasta y papel**

| Clasificación a utilizar                         | Factor atmósfera (ug EQT / ton material) | Factor residuos (ug EQT / ton ceniza) |
|--|--|---------------------------------------|
| Calderas de licor negro, quema de lodos y madera | 0,07                                     | 1.000                                 |
| Calderas de corteza solamente                    | 0,4                                      | 1.000                                 |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-52 Factores de emisión para los efluentes y lodos en industrias de pasta y papel**

| Clasificación a utilizar                              | Factor agua (ug EQT / tSA) | Factor agua (pg EQT / L) | Factor residuos=lodos (ug EQT / tSA) | Factor residuos=lodos (ug EQT / t en lodos) |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---|
| Proceso Kraft, tecnología antigua (Cl <sub>2</sub> )  | 4,5                        | 70                       | 4,5                                  | 100   |
| Proceso Kraft, tecnología moderna (ClO <sub>2</sub> ) | 0,06                       | 2                        | 0,2                                  | 10  |
| Pasta termomecánica                                   | ND                         | ND                       | ND                                   | ND  |
| Pasta reciclada                                       | ND                         | ND                       | ND                                   | ND  |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-53 Factores de emisión para productos de celulosa y papel**

| Clasificación a utilizar  | Factor productos<br>(ug EQT / ton productos) |
|---|--|
| Pasta y papel Kraft de fibras primarias, blanqueo con cloro                                 | 8  |
| Papeles de sulfito, tecnología antigua (sin cloro)  | 1  |
| Papeles Kraft, nueva tecnología (ClO <sub>2</sub> , sin nada de cloro), papel no blanqueado | 0,5  |
| Papeles de sulfito, nueva tecnología (ClO <sub>2</sub> , sin nada de cloro)                 | 0,1  |
| Papel reciclado   | 10   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-54 Factores de emisión para las plantas textiles**

| Clasificación a utilizar | Factor<br>atmósfera<br>(ug EQT /<br>ton textil) | Factor agua<br>(ug EQT /<br>ton textil) | Factor tierra<br>(ug EQT /<br>ton textil) | Factor<br>productos<br>(ug EQT /<br>ton textil) | Factor<br>residuos<br>(ug EQT /<br>ton textil) |
|--------------------------|---|---|---|---|--|
| Límite superior          | NA  | ND                                      | NA  | 100   | ND   |
| Límite inferior          | NA  | ND                                      | NA  | 0,1   | ND   |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-55 Factores de emisión para la industria del cuero**

| Clasificación a utilizar | Factor<br>atmósfera<br>(ug EQT /<br>ton cuero) | Factor agua<br>(ug EQT /<br>ton cuero) | Factor tierra<br>(ug EQT /<br>ton cuero) | Factor<br>productos<br>(ug EQT /<br>ton cuero) | Factor<br>residuos<br>(ug EQT /<br>ton cuero) |
|--------------------------|--|--|--|--|---|
| Límite superior          | NA   | ND                                     | NA                                       | 1000   | ND  |
| Límite inferior          | NA   | ND                                     | NA                                       | 10   | ND  |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla N° 3.5-56 Factores de emisión para los crematorios**

| Clasificación a utilizar | Factor<br>atmósfera<br>(ug EQT/ton<br>incineración) | Factor agua<br>(ug EQT/ton<br>incineración) | Factor tierra<br>(ug EQT/ton<br>incineración) | Factor<br>productos<br>(ug EQT/ton<br>incineración) | Factor<br>residuos<br>(ug EQT/ton<br>incineración) |
|--------------------------|---|---|---|---|--|
| Sin control              | 90  | NA  | NA  | NA  | ND   |
| Con control intermedio   | 10  | NA  | NA  | NA  | 2,5  |
| Con control óptimo       | 0,4   | NA  | NA  | NA  | 2,5  |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla Nº 3.5-57 Factores de emisión para el consumo de tabaco**

| Clasificación a utilizar | Factor atmósfera (pg EQT / unidad) | Factor agua (pg EQT / unidad) | Factor tierra (pg EQT / unidad) | Factor productos (pg EQT / unidad) | Factor residuos (pg EQT / unidad) |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Cigarro                  | 0,3                                | NA                            | NA                              | NA                                 | NA                                |
| Cigarrillo               | 0,1                                | NA                            | NA                              | NA                                 | NA                                |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla Nº 3.5-58 Factores de emisión para terraplenes y vertederos**

| Clasificación a utilizar | Factor atmósfera (pg EQT / L lixiviado liberado) | Factor agua (pg EQT / L lixiviado liberado) | Factor tierra (pg EQT / L lixiviado liberado) | Factor productos (pg EQT / L lixiviado liberado) | Factor residuos (pg EQT / L lixiviado liberado) |
|--------------------------|--|---|---|--|---|
| Desechos peligrosos      | 0  | 200   | NA  | NA   | NA  |
| Desechos no peligrosos   | 0  | 30  | NA  | NA   | NA  |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**Tabla Nº 3.5-59 Factores de emisión para aguas de alcantarilla y su tratamiento**

| Clasificación a utilizar   | Factor atmósfera | Factor agua (pg EQT-I / L) | Factor tierra | Factor productos=residuos (ug de EQT / t.m.s) |
|--|------------------|----------------------------|---------------|---|
| Mezcla de residuos domésticos e industriales (conteniendo cloro)                   | NA               | 5 *                        | NA            | 1.000   |
|  | NA               | 0,5**                      | NA            | 1.000   |
| Medio ambiente urbano  | NA               | 2*                         | NA            | 100   |
|  | NA               | 0,5**                      | NA            | 100   |
| Medio ambiente remoto o control de entradas (y sistemas de tratamiento instalados) | NA               | 0,1                        | NA            | 10  |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

\* Sin retirada de lodos

\*\* Con retirada de lodos

**Tabla N° 3.5-60 Factores de emisión para el vertido de residuos líquidos al agua abierta**

| Clasificación a utilizar                     | Factor atmósfera (pg EQT / L) | Factor agua (pg EQT / L) | Factor tierra (pg EQT / L) | Factor productos (pg EQT / L) | Factor residuos (pg EQT / L) |
|--|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Mezcla de residuos domésticos e industriales | NA                            | 5                        | NA                         | NA                            | NA                           |
| Medio ambiente urbano                        | NA                            | 0,5                      | NA                         | NA                            | NA                           |
| Medio ambiente remoto o control de entradas  | NA                            | 0,1                      | NA                         | NA                            | NA                           |

Fuente: Id. Tabla 3.5-1

**3.5.5.3 Mediciones de dioxinas y furanos realizadas en el país**

Como resultado de las diversas entrevistas y visitas a terreno con distintos grupos productivos del país, se logró obtener información relacionada a mediciones de dioxinas y furanos para las siguientes empresas:

- Cemento Melón
- Cemento Bío-Bío
- Cemento Polpaico

**A) Cemento Melón**

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-61 con un resumen de las mediciones realizadas

**Tabla N° 3.5-61 Mediciones de dioxinas y furanos realizadas por Cemento Melón**

| Fecha   | Composición del combustible utilizado |          | Emisión de dioxinas y furanos |                    |
|---------|---------------------------------------|----------|-------------------------------|--------------------|
|         | % CAL*                                | % Carbón | ng/m³N                        | ug EQT/ton cemento |
| 03-1999 | 50                                    | 50       | 0,149                         | 0,262              |
| 08-2000 | 50                                    | 50       | 0,173                         | 0,254              |
| 06-2002 | 50                                    | 50       | 0,044                         | 0,068              |
| 06-2002 | 80                                    | 20       | 0,050                         | 0,079              |
| 12-2002 | 50                                    | 50       | 0,017                         | 0,027              |

\* CAL: Combustible alternativo líquido

Se observa que las mediciones de dioxinas y furanos, realizadas en los años 1999 y 2000, expresados en “ug EQT/ ton cemento”, están por sobre el valor propuesto por el “Instrumental normalizado”, que corresponde a 0,05 (ug EQT/ ton cemento). Sin embargo, las mediciones realizadas el año 2002, arrojan resultados que se ajustan plenamente al valor propuesto por el referido documento.

**B) Cemento Bío Bío**

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-62 con un resumen de las mediciones realizadas por la empresa para los años 2001 y 2002.

**Tabla N° 3.5-62 Mediciones de dioxinas y furanos realizadas por Cemento Bío-Bío**

| Fecha    | Composición del combustible utilizado |                    |         | Emisión de dioxinas y furanos                           |  |                      |
|----------|---------------------------------------|--------------------|---------|---|--|----------------------|
|          | % CAL                                 | F.O.6              | %Carbón | ng/m <sup>3</sup> N<br>(0°,1 atm y 10% O <sub>2</sub> ) | ng/m <sup>3</sup> N<br>(20°C,1 atm y 7% O <sub>2</sub> ) | ug EQT / ton cemento |
| 11-2001* | 3m <sup>3</sup> /h                    | 5m <sup>3</sup> /h | 70-73%  | ----  | 0,0150   | 0,021                |
| 12-2002  | 27,3                                  | 0                  | 72,7    | 0,0152  | 0,0163   | 0,021                |

\* CAL: Combustible alternativo líquido  
El reemplazo energético estuvo en el rango de 27 a 30%

Se observa que las mediciones de dioxinas y furanos, realizadas en los años 2001 y 2002, expresados en “ug EQT/ ton cemento”, arrojan resultados menores al valor propuesto por el “Instrumental Normalizado”.

**C) Cemento Polpaico**

A continuación se presenta la Tabla N° 3.5-63 con un resumen de las mediciones realizadas por la empresa para los años 1998 y 2003.

**Tabla N° 3.5-63 Mediciones de dioxinas y furanos realizadas por Cemento Polpaico**

| Fecha             | Composición del combustible utilizado |                     |          |              | Emisión de dioxinas y furanos                           |                      |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------|----------|--------------|---|----------------------|
|                   | % CSL*                                | % Coque de petróleo | % Carbón | % Neumáticos | ng/m <sup>3</sup> N<br>(0°,1 atm y 10% O <sub>2</sub> ) | ug EQT / ton cemento |
| <b>Horno N° 1</b> |                                       |                     |          |              |   |                      |
| 12-1998           | 0                                     | 25                  | 75       | 0            | 0,0072  | 0,011                |
| 03-1999           |                                       | 25                  | 75       | 0            | 0,0383  | 0,037                |
| 03-1999           | 20                                    | 18,5                | 55,5     | 6            | 0,0073  | 0,006                |
| 02-2003           | 12                                    | 0                   | 88       | 0            | 0,0032  | 0,006                |
| 12-2003           | 17                                    |                     | 83       |              | 0,0017  | 0,003                |
| <b>Horno N° 3</b> |                                       |                     |          |              |   |                      |
| 12-2002           | 0                                     | 0                   | 100      | 0            | 0,0121  | 0,029                |
| 12-2003           | 0                                     | 0                   | 100      | 0            | 0,0055  | 0,016                |

\* CSL: Combustible secundario líquido

Se observa que las mediciones de dioxinas y furanos, realizadas en los años 1998 y 2003, expresados en “ug EQT/ ton cemento”, arrojan resultados menores al valor propuesto por el “Instrumental Normalizado”.

#### 3.5.5.4 Utilización de otros factores de emisión

Al realizar una revisión de las diferentes actividades realizadas en el país en relación a los factores de emisión propuestos por el “Instrumental normalizado” del PNUMA, se evidenciaron diferencias en dos subcategorías: (A) Producción de cobre y (B) Fábricas de pasta y papel.

**A) Producción de cobre:** Esta actividad productiva corresponde a la Categoría N° 2 del “Instrumental normalizado”. En este documento se señala la escasez de datos relacionados a mediciones en la producción de cobre, la cual proviene, en su mayoría, de fundiciones secundarias. Más aún, este documento hace mención a la necesidad de caracterizar de mejor manera a la industria del cobre primario “sin integración de otros metales reciclados”, situación que refleja ciertamente a la industria chilena.

De acuerdo a los antecedentes proporcionados por la Comisión Chilena del Cobre<sup>1</sup>, en Chile ninguna de las 7 fundiciones primarias de concentrados de cobre procesa materiales reciclados. Las fundiciones de cobre que se utilizaron para obtener los factores de emisión presentados en el “Instrumental normalizado” presentan condiciones de operación y calidad de alimentación asimilables a fundiciones secundarias. Por este motivo, se considera poco representativo aplicar el factor de emisión propuesto por el “Instrumental normalizado” de la clasificación “Cu primario – todos los tipos”, para la industria nacional.

Para efectos de cálculo, en el presente informe se consideró el valor “cero” hasta no poseer datos de mediciones realizadas en el país, o bien, en fundiciones de similares características.

**B) Fábricas de pasta y papel:** Esta actividad corresponde a la Categoría N° 7 del “Instrumental normalizado”. En relación a las calderas de poder de biomasa, dicho documento presenta dos subcategorías relacionadas a esta actividad: la subcategoría N° 7.1 “fábricas de pasta y papel” y la subcategoría N° 3.2 “centrales de energía con biomasa”. Al respecto, el “Instrumental normalizado” señala que en ambos casos los combustibles pueden ser, entre otros, cortezas y recortes de madera. Aún cuando ambas actividades son similares, se observa que el factor de emisión propuesto para las cenizas de calderas de “fábricas de pasta y papel”, superan en dos ordenes de magnitud al factor de emisión de cenizas correspondiente a calderas de “centrales de energía con biomasa”. Por esta razón, en reunión sostenida con profesionales de CONAMA y la Dra. Heidelore Fiedler, se acordó utilizar para las calderas de biomasa de las “fábricas de pasta y papel”, los factores de emisión de la subcategoría N° 3.2.

<sup>1</sup> “Resumen descriptivo de las tecnologías y operación de las fundiciones primarias de concentrados de cobre en Chile”. Comisión Chilena del Cobre. Ver Anexo C.

A continuación se presenta una tabla con los factores de emisión anteriormente mencionados.

**Tabla N° 3.5-64 Alternativas de factores de emisión para calderas en industria de pasta y papel**

| Categoría, subcategoría y actividad específica  | Factor del "Instrumental normalizado" del PNUMA (aire) | Factor del "Instrumental normalizado" del PNUMA (residuos) | Combustible utilizado  |
|---|--|--|--|
| Categoría N° 7: Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo. Subcategoría N° 7.1: "Fábricas de pasta y papel, calderas de corteza solamente | 0,4 ug EQT/ ton de biomasa quemada                     | 1000 ug EQT/ ton de ceniza                                 | Corteza de pino radiata y eucaliptos de plantaciones controladas |
| Categoría N° 3: Generación de energía y calefacción. Subcategoría N° 3.2: "Centrales de energía de biomasa", calderas alimentadas por madera limpia         | 50 ug EQT/ TJ de biomasa quemada                       | 15 ug EQT/ TJ de biomasa quemada                           | Corteza,recortes de madera, aserrín                              |