

---

**COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE - REGION METROPOLITANA**

---

**GUIA PARA EL CONTROL Y PREVENCION DE LA  
CONTAMINACION INDUSTRIAL**

**RUBRO  
PRODUCTOS DE CEMENTO  
Y HORMIGON**

**SANTIAGO  
AGOSTO DE 1998**

# INDICE

<b>PRESENTACION</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>2</b>
1.1. REPRESENTATIVIDAD DEL SECTOR EN LA REGIÓN METROPOLITANA. ....	2
1.2. INDICADORES ECONÓMICOS DEL SECTOR. ....	3
<b>2. ANTECEDENTES DE PRODUCCION.....</b>	<b>4</b>
2.1. MATERIAS PRIMAS. ....	4
2.2. PROCESOS DE PRODUCCIÓN APLICADOS EN CHILE. ....	4
2.2.1. <i>Aridos (procesamiento de agregados)</i> . ....	4
2.2.2. <i>Productos</i> . ....	5
2.3. PRODUCTOS. ....	7
<b>3. GENERACION DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES. ....</b>	<b>9</b>
3.1. IMPORTANCIA DEL SECTOR EN RELACIÓN A LOS ASPECTOS AMBIENTALES. ....	9
3.2. FUENTES DE GENERACIÓN DE CONTAMINANTES. ....	9
3.3. CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES LÍQUIDOS. ....	10
3.4. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS. ....	10
3.5. CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA. ....	11
3.6. MOLESTIAS. ....	13
3.7. IMPACTOS AMBIENTALES ACTUALES Y POTENCIALES. ....	14
<b>4. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS.....</b>	<b>16</b>
4.1. CONTROL DE PROCESOS, EFICIENCIA, PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN. ....	16
4.2. POSIBILIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS AVANZADA Y LIMPIA. ....	17
4.3. POSIBILIDADES DE MINIMIZACIÓN, REUSO, RECIRCULACIÓN, RECUPERACIÓN Y RECICLAJE ...	18
4.4. DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN ISO 14001. ....	18
<b>5. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN.....</b>	<b>20</b>
5.1. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTOS DE EFLUENTES LÍQUIDOS. ....	20
5.2. MÉTODOS DE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA. ....	20
5.2.1. <i>Tecnologías y equipos para tratamiento de material particulado</i> . ....	20
5.2.2. <i>Tecnologías de tratamiento de gases</i> . ....	22
5.3. ELIMINACIÓN Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y MÉTODOS DE RECICLAJE. ....	22
5.4. SISTEMAS FACTIBLES DE CONTROL Y EFICIENCIA DE REDUCCIÓN DE LOS CONTAMINANTES. ...	23
<b>6. ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN</b>	<b>25</b>
6.1. COSTOS Y BENEFICIOS DE TECNOLOGÍAS MÁS LIMPIAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN. ....	25
6.2. COSTOS Y BENEFICIOS DE MEDIDAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN. ....	26
6.2.1. <i>Tratamiento de efluentes líquidos y lodos</i> . ....	27

6.3. ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO.....	29
6.3.1. PROGRAMAS DE SUBSIDIO DE CORFO.....	30
6.3.2. LINEAS INTERMEDIAS CORFO. ....	33
6.3.3. MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO INDEPENDIENTES DE CORFO.....	36
<b>7. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL. ....</b>	<b>37</b>
7.1. PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS Y TÓXICOS.....	37
7.2. NIVELES DE RUIDO.....	39
7.3. CONTROL DE RIESGOS.....	39
7.4. PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES. ....	40
<b>8. LEGISLACION Y REGULACIONES AMBIENTALES APLICABLES A LA INDUSTRIA.....</b>	<b>41</b>
8.1. NORMATIVAS QUE REGULAN LA LOCALIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS.....	41
8.2. NORMATIVAS QUE REGULAN LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS .....	43
8.3. NORMATIVAS QUE REGULAN LAS DESCARGAS LÍQUIDAS.....	46
8.4. NORMATIVAS APLICABLES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	48
8.5. NORMATIVAS APLICABLES A LOS RUIDOS .....	49
8.6. NORMATIVAS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.....	49
8.7. NORMAS REFERENCIALES DEL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN.....	56
8.7.1. Normas relativas al agua.....	56
8.7.2. Normativas de salud y seguridad ocupacional.....	56
<b>9. PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE PERMISOS.....</b>	<b>58</b>
9.1. CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN TÉCNICA.....	59
9.2. INFORME SANITARIO.....	59
9.3. PERMISOS MUNICIPALES .....	61
9.4. PLAN DE FISCALIZACIÓN .....	61
<b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>65</b>

## **PRESENTACION**

La Región Metropolitana de la República de Chile concentra la mayor parte de la actividad económica del país. La base industrial de la región es diversa, incluyendo rubros tan variados como alimentos, textiles, productos químicos, plásticos, papel, caucho y metales básicos. Sin embargo, el rápido crecimiento económico e industrial ha traído consigo serios problemas de contaminación ambiental, como la polución de aire, agua y suelo.

Comprometido con formular y desarrollar una política ambiental tendiente a resolver estos problemas, el Gobierno de Chile ha creado un marco legal e institucional que incluye, entre otros, planes y programas de cooperación internacional. En este marco, y con el propósito de promocionar un desarrollo industrial sustentable, el Gobierno de Holanda, a través de su Ministerio para la Cooperación Internacional, ha aprobado una donación a nuestro Gobierno, para realizar un programa de asistencia técnica, denominado: “Fiscalización, control de la contaminación y gestión ambiental en la Región Metropolitana”. Este programa incluye un proyecto titulado: “Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial”.

El objetivo principal de estas guías, a ser distribuidas a todas las empresas de cada rubro estudiado, es orientar al sector en materia ambiental, entregándole herramientas de prevención y control de la contaminación. A su vez, pretende contribuir a las actividades de fiscalización que realiza la Autoridad, optimizando la calidad de las mismas, si bien las guías en sí no son un instrumento fiscalizable.

Los rubros industriales prioritarios para la Región Metropolitana se seleccionaron en base a criterios, tales como la representatividad dentro del sector manufacturero y los impactos ambientales que generan.

El presente documento entrega una reseña sobre los impactos ambientales provocados por el rubro de los fabricantes de productos de cemento y hormigón. A su vez, identifica las medidas de prevención de los potenciales impactos; los métodos de control de la contaminación (end of pipe) recomendados, los costos asociados; y los aspectos relacionados con la seguridad y salud ocupacional. Como marco legal, entrega la información referente a la normativa medioambiental vigente en el país, y los procedimientos de obtención de permisos requeridos por la industria.

En la elaboración han participado consultores nacionales, con la asesoría experta de la empresa holandesa BKH Consulting Engineers. Como contraparte técnica del proyecto han participado las siguientes instituciones: CONAMA, SuperIntendencia de Servicios Sanitarios, Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, Departamento Programa sobre el Ambiente del Ministerio de Salud y las Asociaciones de Industriales de cada rubro estudiado. La coordinación general del proyecto estuvo a cargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Dirección Región Metropolitana.

La presente guía para el control y prevención de la contaminación industrial en el rubro productos de cemento y hormigón, ha sido elaborada por la Unidad de Residuos de la CONAMA RM, en base a un estudio realizado por la empresa consultora AMBAR S.A.

## **1. INTRODUCCION.**

La Clasificación Industrial Internacional Uniforme (C.I.I.U) de todas las Actividades Económicas elaborada por Naciones Unidas, enmarca dentro del código 3693 a las industrias dedicadas a la fabricación de productos de cemento y hormigón.

Dicho sector considera, por una parte, a los productores de hormigón premezclado y de mortero predosificado para ser ocupado in situ (unas 3 empresas principales, filiales de los grandes productores nacionales de cemento, junto con otras 2 ó 3 de menor tamaño); y por otra parte, incluye a los prefabricadores de una extensa gama de productos para la construcción e infraestructura, comprendiendo de acuerdo a los propios industriales del sector, más de 100 empresas de diferentes tamaños (unas 3 o 4 empresas grandes, 20 empresas de tamaño medio, y el resto pequeñas). Sin embargo, el INE de acuerdo a las encuestas que realiza, constata tan sólo 31 empresas en la agrupación 3693 para 1995 en la Región Metropolitana.

Esta guía considera, además de los productos mencionados en el párrafo anterior, los aditivos químicos que se ocupan habitual y/o especialmente para los hormigones, y también la etapa previa de chancado de los áridos y su transporte hasta las plantas de fabricación u obras de construcción, material con el que son suministrados los fabricantes del rubro 3693.

En muchos casos, debido a la falta de antecedentes específicos, la referencia obligada será a la industria del cemento (la producción de éste) más que a los productos que se obtiene a partir de su utilización. De esta forma se obtiene una referencia indirecta pero segura sobre los valores representativos de interés para el rubro.

### **1.1. Representatividad del sector en la Región Metropolitana.**

Las empresas elaboradoras de productos de cemento se ubican a lo largo de todo el país, pero sin lugar a dudas existe una importante concentración de actividades en la Región Metropolitana. Los indicadores económicos del sector señalan que la actividad de este rubro se ve concentrada en más de un 50 % en la Región Metropolitana, aunque en los últimos años esta tendencia haya disminuido ligeramente. De esta forma, por ejemplo, en lo que se refiere al hormigón premezclado en 1996, con respecto al total nacional de 3,5 MMm<sup>3</sup>, aproximadamente unos 2 MMm<sup>3</sup> corresponden a los despachos realizados en la Región Metropolitana, es decir, un 57 %. Esta cifra sin embargo, ha disminuido con el correr de la presente década desde valores cercanos al 80 % (1985) hasta el porcentaje exhibido hoy en día, aunque en este último caso el volumen de despachos fuera 8 veces menor al actual<sup>1</sup>. En cualquier caso, este nivel de producción (3,5 Mmm<sup>3</sup> de hormigón) representa aproximadamente el 30 a 35 % del cemento que se consume en el país.

---

<sup>1</sup> Boletín Estadístico, Cámara Chilena de la Construcción, Junio 1997, N° 287.

En cuanto a los prefabricadores, la situación no es diferente. Las grandes firmas tienen su sede en la R.M., pero han abierto filiales productivas en las principales ciudades regionales. Existen empresas medianas y desde luego pequeñas en la casi totalidad de las ciudades cabeceras de provincias.

## 1.2. Indicadores económicos del sector.

La industria chilena del cemento y el hormigón se encuentra en una etapa de crecimiento sostenido, al seguir estrechamente el ritmo de la construcción. Así, mientras este último sector creció un 10,3 % en 1996, el mercado del cemento (y por lo tanto de los productos elaborados a partir de éste) creció a una tasa del orden del 11 %, mucho más allá que la economía en su conjunto, cuyo crecimiento fue de un 7,2 %.

El consumo per cápita de cemento en 1996 fue de 260 kg, récord histórico en Chile. En 1995 había sido de 235 kg. Para 1997 la industria estima nuevamente un crecimiento del 11 %, o algo más, lo que elevaría el consumo nacional de cemento a una cifra que bordea los 4 millones de toneladas, y el consumo per cápita a unos 280 kg.

El consumo de hormigón premezclado en 1996 fue exactamente de 3,42 MMm<sup>3</sup>, un 21 % más que en 1995, debido al incremento de los proyectos de infraestructura pública y a la edificación en altura. La tabla presentada a continuación muestra los despachos de hormigón premezclado totales dentro del país, en la R.M., y como porcentaje.

TABLA N° 1.1: DESPACHOS DE HORMIGON PREMEZCLADO (m<sup>3</sup>)

AÑO	R.M.	% R.M. c/r TOTAL	TOTAL PAIS
1991	838.302	68,5	1.223.515
1992	1.350.351	74,5	1.813.129
1993	1.489.675	64,2	2.322.149
1994	1.314.631	57,7	2.280.226
1995	1.494.794	55,5	2.691.530
1996	1.979.726	57,8	3.422.372
1997 (a mayo)	808.363	50,1	1.594.214

Fuente: Asociación Chilena De Empresas Productoras De Hormigón Premezclado A.G.

Se espera que esta tendencia se mantenga acorde al ritmo de crecimiento de la producción de cemento y de las obras de infraestructura y construcción proyectadas.

## **2. ANTECEDENTES DE PRODUCCION.**

### **2.1. Materias primas.**

La principal materia prima de estos productos es justamente el cemento (portland principalmente). Ahora bien, éste es combinado con áridos, cal, y aditivos químicos para formar mortero y “hormigón”<sup>2</sup>. Este árido constituye alrededor de un 60 a un 75 % del volumen total del hormigón.

Otros elementos adicionales utilizados son barras o mallas de acero para conformar el hormigón armado.

### **2.2. Procesos de producción aplicados en Chile.**

#### **2.2.1. Aridos (procesamiento de agregados).**

Los áridos están integrados por partículas granulares de material pétreo de tamaño variable. Estas partículas se originan por fragmentación de las distintas rocas de la corteza terrestre, ya sea en forma natural o artificial. En este último caso, la operación se denomina chancado.

En general, la arena y la grava se extraen directamente de los lechos o las riberas de los ríos, en cuyo caso predominan los elementos “redondeados”, en tanto que las rocas mayores deben ser chancadas antes de poder ser incorporadas como agregados. Estas piedras que son chancadas corresponden principalmente a minerales de caliza, granito, dolomita, basalto (trapa), arenisca, cuarzo y cuarzita, y en menor medida arcilla calcárea, mármol, concha, y pizarra.

Muchas operaciones y procesos son comunes para los diferentes agregados áridos, incluyendo la extracción desde el yacimiento (barrenado y voladura), la carga y descarga, el transporte, el chancado, etc. Pueden además, ser sometidos a procesos de limpieza (lavado).

Las operaciones del procesamiento incluyen al chancado, harneado, separación por tamaño, manipulación de materiales y almacenamiento. Todos estos procesos pueden significar fuentes de emisiones de particulado (PM y PM-10) si no son controlados. Todo este proceso se ilustra en la figura siguiente.

---

<sup>2</sup> También se le denomina “concreto”, anglicismo derivado de “concrete”.

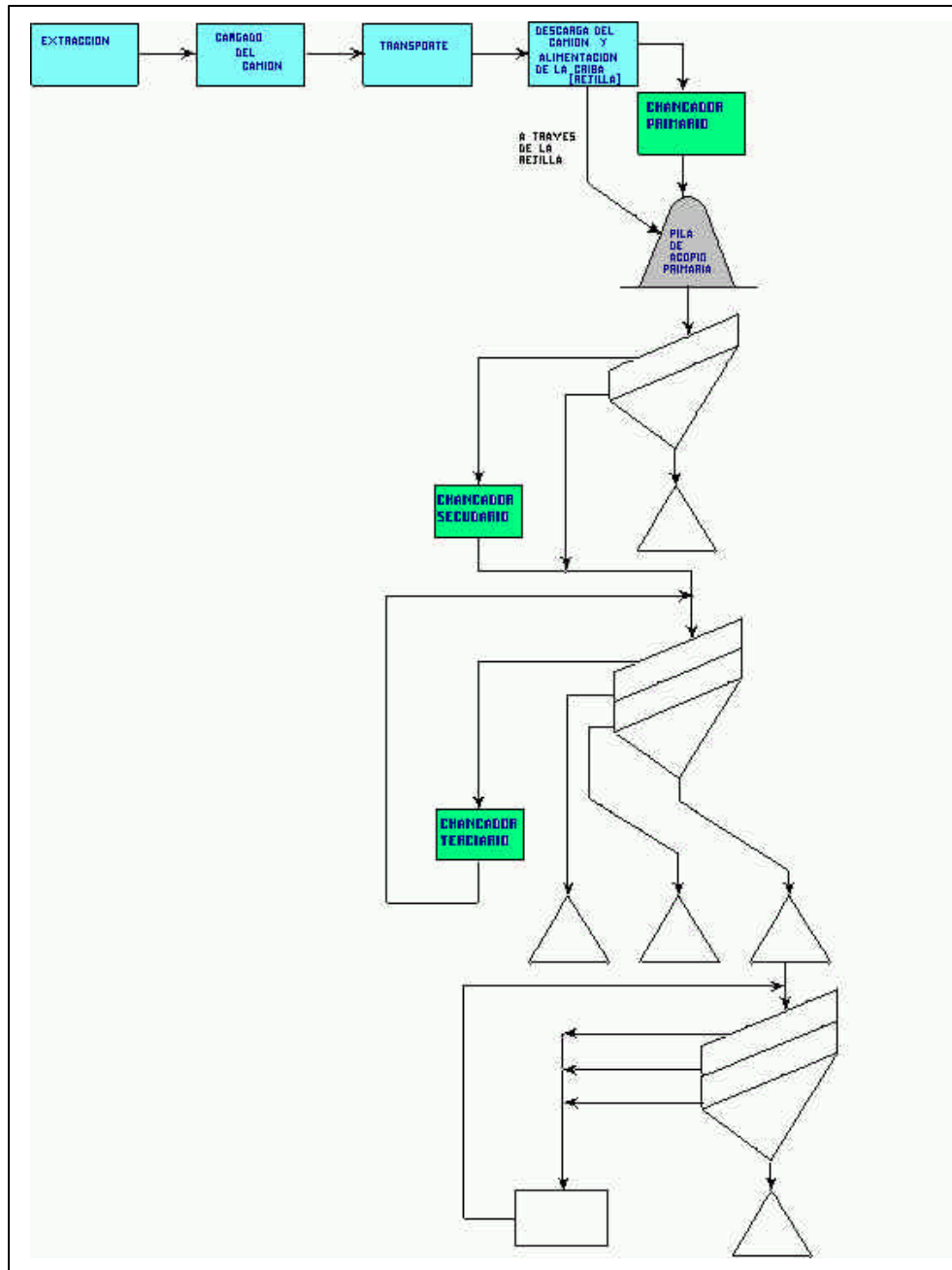


FIGURA N° 2.1: PROCESAMIENTO ARIDOS.

### 2.2.2. Productos.

Los procesos de producción, tanto de los productos premezclados como prefabricados, son muy similares. Esencialmente, el proceso se resume en:

1. Selección, recepción y almacenamiento de materias primas.
2. Dosificación y (pre) mezclado.



3. Conformado y vibrado.
4. Fraguado.
5. Desmoldado (si es que éste fuese el método de conformado).
6. Terminación (si se requiere)
7. Almacenamiento y distribución.

Los productos premezclados y predosificados por lo general llegan hasta el segundo punto dentro de la instalación de la fábrica y/o en el camino a la obra, y a partir del punto n° 3 se desarrollan dentro de ésta. Los productos prefabricados cumplen todo el proceso dentro de la planta de producción. Por otra parte, también ocurre que el concreto y el mortero son preparados en el sitio mismo de la construcción.

Los camiones mezcladores de hormigón (premezclados) involucran plantas de dosificación. En estas plantas, la arena, el agregado y el cemento son todos alimentados por gravedad desde la balanza-tolva de pesaje directamente hasta el camión mezclador, para que posteriormente se agregue manualmente el agua. También existe la posibilidad que los materiales y el agua sean transportados a un mezclador automático que después alimenta a los camiones, asegurando de esta forma un cono determinado. El concreto es mezclado por el camión durante el camino hasta el sitio en que será ocupado.

La figura N° 2.2, representa esquemáticamente el proceso del hormigón premezclado.

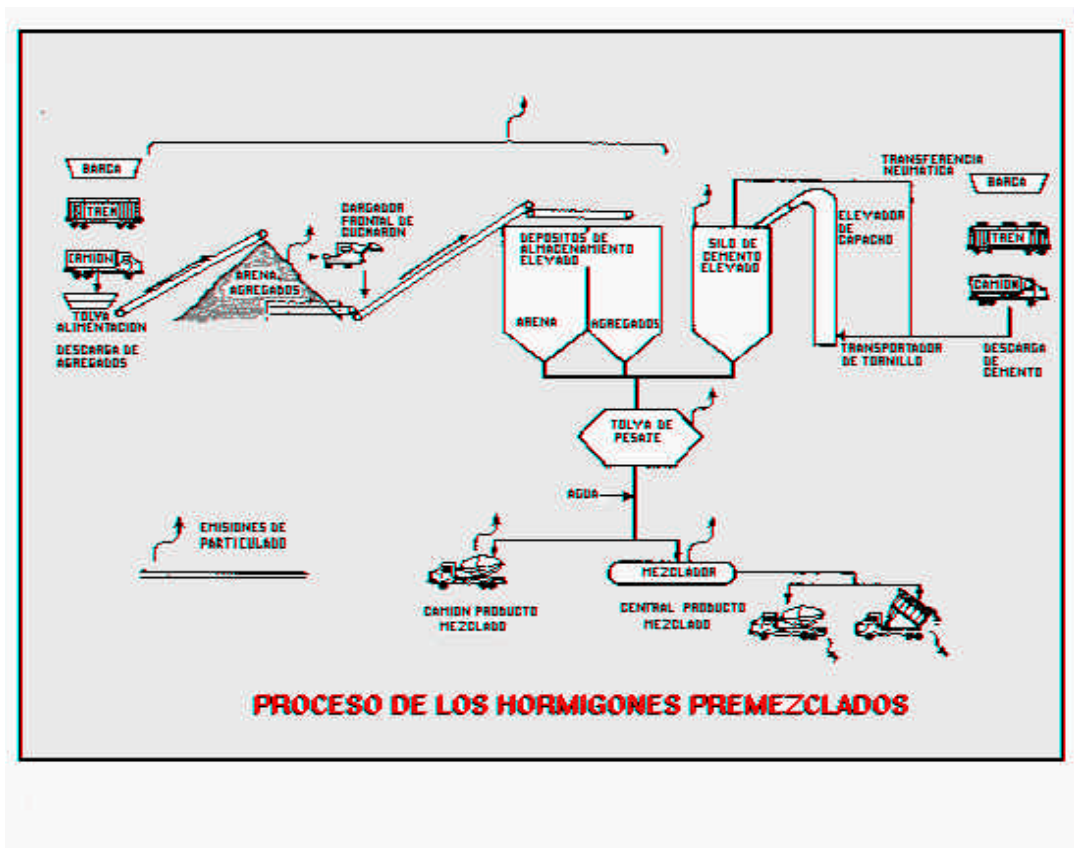


FIGURA N° 2.2.

El caso del mortero es similar al anterior en alimentación y pesaje, produciéndose una mezcla seca del cemento, los áridos y aditivos, para luego ser transferidos a camiones, sacos o silos, que llevan el mortero hasta la obra, en donde se les agrega el agua. El ensacado puede ser manual o valvular en las plantas nuevas.

En cuanto a las plantas de prefabricados, las materias primas son almacenadas en sitios abiertos o en silos elevados de almacenamiento. El cemento por su parte se emplea en sacos a granel, almacenándolo en silos.

El mezclado de las materias primas puede ser en agitadores industriales para las plantas de prefabricados, o en simples betoneras activadas por motores. En algunos casos, la mezcla se realiza sobre el suelo mediante palas operadas manualmente, pero este método no asegura una correcta calidad del producto final, por lo que las Normas Chilenas aceptan su empleo sólo para aplicaciones de baja resistencia específica.

El proceso de conformado puede ser por moldeado de piezas o compresión contra moldes de acero. A veces el molde es de madera u hormigón, por ejemplo, cuando se van introduciendo apilados. En las obras y en plantas de elementos estructurales prefabricados se utiliza el vibrado (complementariamente a otros procesos de conformado), que además de conformar previene y elimina las fallas tales como grietas y porosidades internas, asegura la adecuada mezcla y mejora la resistencia.

El fraguado puede ser natural o forzado, como en cámaras de vapor denominadas “cuartos de curado”, en que se aplica agua y calor (temperatura para obtener vapor de agua) para acelerar el proceso y obtener resistencias mecánicas elevadas en pocas horas (usualmente el tiempo empleado son 24 horas).

La terminación, cuando es requerida, corresponde a darle la forma final deseada al producto, que por lo general se realiza ocupando algún tipo de máquina cortadora. Ésta puede ser por corte húmedo o seco. En el último caso, generalmente se emplea un disco abrasivo (diamantado o cerámico) en seco, por lo que se genera polvo y ruido.

### **2.3. Productos.**

Los productos de cemento, son variados y numerosos, pero como hemos visto, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Los hormigones premezclados y morteros predosificados (productos intermedios).
- Productos prefabricados de hormigón.

La diferencia entre estos dos grupos de productos es que el primero de ellos, luego de realizada la mezcla, se despacha directamente a la obra de construcción, en donde es usado para hacer productos *in situ*. Los prefabricados en cambio, son elaborados dentro de la fábrica, en donde se almacenan, para luego ser comercializados como productos determinados.

El nivel de producción de mortero es algo menor a un millón de toneladas por año, en tanto que el consumo de hormigón asciende a unos 8.200.000 ton<sub>de hormigón</sub>/año (calculando 3.42 MMm<sup>3</sup> de hormigón/año \* 2.4 ton/m<sup>3</sup>de hormigón). Estos dos productos representan alrededor del 35 % del consumo de cemento en el país.

El resto de la producción de cemento, es decir unas 2.300.000 ton<sub>de cemento</sub>/año aproximadamente, corresponden a obras de construcción e infraestructura, elaboración de productos prefabricados y consumo particular al por menor.

### **3. GENERACION DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES.**

#### **3.1. Importancia del sector en relación a los aspectos ambientales.**

Los grandes problemas ambientales asociados a la fabricación de productos de cemento y hormigón dicen relación con la emisión de material particulado, prácticamente como único polutante relacionado, con la generación de ruido y con algunas molestias a la comunidad como el flujo de camiones y su consecuente impacto vial y ambiental (aunque benéfico en relación al impacto que provocaría el transporte de materias primas, por separado, hasta las obras de construcción).

Además de lo anterior, el sector es un consumidor importante de recursos no renovables (particularmente energía), usuario de agua en cantidades siderales (unos 300.000 m<sup>3</sup> de agua en Santiago), y una fuente de residuos y escombros.

Existe un caso especial correspondiente a los productos de fibrocemento que contienen asbesto (cañerías, planchas) fabricados en el país, teniendo este material implicancias cancerígenas y fibrogénicas, por lo cual ya se encuentra prohibido y/o normado su uso en algunos países europeos. En general, es en forma de fibras respirables que presentan su mayor peligrosidad para la salud de las personas. De esta forma, su impacto se puede producir en la fabricación tanto como en la instalación del producto, sobre todo si se realizan operaciones de terminado y cortes de las piezas producidas, que liberan microfibras respirables. Los riesgos sobre la salud se revisan en mayor profundidad en el capítulo 7, capítulo referido a Salud Ocupacional.

#### **3.2. Fuentes de generación de contaminantes.**

Las principales fuentes de generación de contaminantes dentro del proceso productivo son: recepción de materias primas, mezclado, moldeado, fraguado y almacenamiento. La limpieza (lavado) y el transporte también son fuentes de contaminación.

La recepción de materias primas, al igual que el mezclado, se caracterizan por la emisión de particulado y ruido. El moldeado y el fraguado generan aguas residuales y residuos sólidos como las pérdidas de concreto y los productos de descarte. El almacenamiento genera emisión de polvo al aire y residuos sólidos fruto de la pérdida de material y de los elementos de embalaje utilizado. La limpieza o el lavado generan desechos y efluentes que se deben tratar. El transporte inadecuado aporta polvo, pérdida de materiales (áridos por ejemplo) y ruido.

Las fuentes fugitivas generalmente consideran el levantamiento de polvo por la acción del viento, por el movimiento de camiones y máquinas, o por la falta de control en algunos procesos.

### **3.3. Caracterización de efluentes líquidos.**

Las aguas residuales del sector 3693 pueden presentar una elevada cantidad de sólidos disueltos (hidróxido de sodio y potasio) y suspendidos (carbonato de calcio), alta alcalinidad, posibilidad de autofraguado, y calor residual. Esta situación se presenta tanto en los procesos de transformación a productos como en malas condiciones de almacenamiento del cemento. Además, el efluente líquido proveniente de la mantención y limpieza de las plantas y camiones, puede aportar grasas y aceites de las distintas maquinarias y vehículos.

A modo de estimación del caudal generado, por ejemplo, una planta típica de hormigón premezclado cuenta con 25 a 35 camiones, y produce y despacha en promedio unos 15 a 20 mil m<sup>3</sup> de hormigón por mes. Se pueden suponer unos 100 a 140 recorridos al día (unos 4 viajes por camión, transportando 7 m<sup>3</sup> cada vez). Como después de cada vuelta se procede al lavado del camión por aproximadamente unos 10 a 15 minutos, utilizando agua potable con un caudal de 1,2 m<sup>3</sup> /hora, se llega a un consumo de agua (caudal de riles generado) de unos 30 a 45 m<sup>3</sup>/día, por cada planta.

Como en Santiago, se despacharon unos 2MM m<sup>3</sup> de hormigón premezclado durante 1996, se puede deducir que se generaron unos 3000 a 4500 m<sup>3</sup>/día de residuos líquidos fruto del lavado de los camiones.

Cabe remarcar, entonces, los riesgos de contaminación de la napa cuando ella es altamente vulnerable<sup>3</sup> y no se toman las providencias de impermeabilizar el terreno donde se instalan las piscinas de decantación o cualquier otro proceso de tratamiento de las aguas.

### **3.4. Caracterización de residuos sólidos.**

Corresponden principalmente a una serie de elementos de descarte (arenas, gravas, bloques, estuco, yeso, cal, etc.) provenientes de los productos defectuosos de cemento y hormigón (rechazado en la planta o en la obra), que pueden estar constituidos además con otros materiales adicionales: fierro en el hormigón armado o perlita en el hormigón liviano.

También se cuentan los lodos obtenidos desde las piscinas de decantación, correspondiente al material suspendido en el agua y que se deposita en el fondo por efecto de la gravedad. Estos lodos pueden ser dispuestos en vertederos o empleados en la fabricación de elementos no estructurales, junto con el hormigón rechazado y/o los productos de descarte reciclados.

En general los residuos generados en la elaboración de los productos de cemento y hormigón, y/o obtenidos a partir de las obras in situ desarrolladas a partir del hormigón premezclado, se pueden

---

<sup>3</sup> Una napa es altamente vulnerable si su nivel freático es cercano al del suelo.

clasificar como inertes y por lo tanto, de nula riesgosisdad. De esta forma se llega a la siguiente lista tentativa de residuos<sup>4</sup>:

TABLA N° 3.1: CLASIFICACION Y COMPOSICION DE LOS RESIDUOS DEL RUBRO 3693.

GRUPO	CLASE	COMPONENTE
Residuos directos	Inertes e inorgánicos	Arenas Limos y arcillas Gravas y gravillas Bloques Trozos de hormigón Mortero Estuco Yeso, cal
Residuos de actividades relacionadas	Inorgánicos	Algunos restos de embalaje (metálicos)
	Orgánicos	Algunos restos de embalajes (plásticos, maderas, cartón, papel, etc).

Fuente: Elaboración propia a partir de RESCON, EWI, Octubre 1994.

Debido a sus características, éstos residuos pueden ser dispuestos en rellenos inertes o controlados. El tratamiento intermedio que debe aplicárseles debiera tener fines de reducción de volumen.

### 3.5. Caracterización de emisiones a la atmósfera.

En líneas generales, el material particulado es el único polutante directamente relacionado, y consiste principalmente de polvo de cemento, aunque incluye también agregados áridos y emisiones de polvo de arena.

En el caso del procesamiento de rocas y piedras en el chancado, las emisiones de PM y PM-10 ocurren en un gran número de operaciones, tanto fuentes de proceso como fuentes de polvo fugitivo. Una parte importante de estas emisiones consisten en partículas pesadas que pueden ser abatidas dentro de la planta (fuentes de proceso), pero si no están conectadas a algún sistema de control deben considerarse como fuentes fugitivas. Las fuentes fugitivas generalmente consideran el levantamiento de polvo por la acción del viento o el movimiento con máquinas.

Los factores que afectan el nivel de emisiones incluyen la distribución de tamaño de las rocas (contenido de finos), el contenido de humedad superficial de la piedra procesada (las partículas humedecidas se aglomeran o se adhieren a la superficie de las piedras mayores), la razón de rendimiento del proceso, el

<sup>4</sup> Extraída de “Proposición de un Plan...”, EWI, 1994.

tipo de equipos y las prácticas de operación usadas, los factores climático (viento), estacional (verano, por la mayor tasa de evaporación) y topográfico (zonas áridas).

La tabla presentada a continuación<sup>5</sup>, señala los factores de emisión estimados para algunos procesos del chancado de áridos.

**TABLA N° 3.2 : FACTORES DE EMISION PARA ALGUNAS ETAPAS EN EL PROCESAMIENTO ARIDOS Y AGREGADOS.**

FUENTE	FILTRABLE	
	PM	PM-10
Harneado o cribado	E	0.0076
Harneado o cribado controlado.	E	0.00042
Chancado primario	0.00035	NI
Chancado secundario	NI	NI
Chancado terciario	E	0.0012
Chancado primario controlado	NI	NI
Chancado secundario controlado	NI	NI
Chancado terciario controlado	E	0.00029
Molienda de finos	E	0.0075
Molienda de finos controlada	E	0.0010
Harneado de finos	E	0.036
Harneado de finos controlado	E	0.0011
Punto de transferencia del transportador	E	0.00072
Descarga del camión: piedra fragmentada	NI	8*10 <sup>6</sup>

Fuente: EPA. AP-42.

Los factores representan las emisiones no controladas a menos que se indique lo contrario. NI: No información.

E: en Reevaluación por parte de la EPA.

Todos los valores están en kg/ton de material procesado.

En el caso de los diversos productos de cemento y hormigón, existen varias fuentes de emisión fugitiva por naturaleza. La única fuente puntual es la transferencia del cemento hasta un silo, y que es usualmente recolectado en un filtro. Las fuentes fugitivas incluyen el vaciado de los sacos, la transferencia de arena y agregado, la carga del camión, la carga del mezclador, el tráfico vehicular, el material y barro seco dejado en el camino entre el punto de carga y de despacho, y la erosión generada por el viento desde las pilas de almacenamiento de la arena y los agregados.

<sup>5</sup> EPA, AP-42.

La cantidad de emisiones fugitivas generadas durante la transferencia de arena y agregados depende principalmente del contenido de humedad superficial de estos materiales, y del grado de protección de las actividades y pilas (encapsulamiento, protección eólica, etc.).

La EPA ha estimado algunos valores para las fuentes de emisión potencial de particulado, asociadas a las distintas etapas del procesamiento, los que se muestran en la siguiente tabla.

**TABLA N° 3.3: FACTORES DE EMISION PARA ETAPAS EN LA PRODUCCION DE MATERIALES DE CEMENTO Y HORMIGON, Y ACTIVIDADES ASOCIADAS.**

FUENTE	FILTRABLE	
	PM	PM-10
Transferencia de arena y agregados a tolva elevada.	0.014	NI
Descarga de cemento a silos elevados de almacenamiento.	0.13	NI
Carga de la balanza-tolva de pesaje	0.01	NI
Carga del mezclador	0.02	NI
Carga del camión	0.01	NI
Tráfico vehicular (calles no pavimentadas)	4.5	NI
Arrastre de arena y agregados por la erosión del viento	3.9	NI
Emisiones totales del proceso de los camiones de mezcla	0.05	NI

Fuente: EPA. AP-42.

Los factores representan las emisiones no controladas. NI: No información.

Todos los valores están en kg/ton de material mezclado, consistente en una medida típica de 227 kg de cemento, 564 kg de arena, 864 kg de áridos, y 164 kg de agua.

Algunas de estas estimaciones, en particular las tres últimas, son válidas para los materiales prefabricados de cemento y hormigón, sin embargo, no se han encontrado factores específicos a esta actividad.

### 3.6. Molestias.

Las molestias ambientales asociadas a este sector se traducen principalmente en contaminación ambiental por polvo y en generación de ruido.

La industria del hormigón premezclado, en particular, genera un importante flujo de camiones, y su respectivo impacto vial y ambiental. Esto presenta los siguientes efectos ambientales negativos:

- Interrupción e incluso destrucción de la vía peatonal,
- Aumento de la congestión vehicular en torno a la obra,
- Aumento de los niveles de emisión de ruido (vibradores),



- Aumento de las emisiones de material particulado por pérdida de material y barro arrastrado en las ruedas y depositado en las calles una vez que está seco.
- Incremento del deterioro visual-paisajístico del sitio de la obra.
- Generación de residuos en la vía pública.

### **3.7. Impactos ambientales actuales y potenciales.**

Como se ha visto, la principal emisión al aire es el polvo, constituido de partículas de distinto tamaño. De acuerdo al Plan de Descontaminación de Santiago, estas emisiones tienen un impacto de importancia local que ha sido poco cuantificado, por lo que se debe propender a realizar estudios específicos respecto del tema.

Para el particulado<sup>6</sup>, puede establecerse que las partículas de polvo tienden a depositarse sobre las hojas de árboles y plantas verdes, impidiendo que reciban toda la energía luminosa del sol necesaria para la fotosíntesis. Estos polvos también intervienen en el intercambio gaseoso de las plantas, al bloquear los poros de los estomas, y su alcalinidad provoca alteraciones químicas en los órganos externos de los vegetales (saponificación de la cutícula protectora y lesión de las células interiores) y el suelo. En efecto, los polvos del cemento pueden elevar el pH del suelo y afectar el crecimiento de las plantas debido a que forman compuestos con el agua que impiden su paso posterior hacia las capas inferiores debido a la formación de una costra sobre el suelo. Además, sobre frutos blandos y vegetales pueden producir un sabor desagradable y reducir su valor en el mercado. En medios neutros, se ha comprobado que las especies acidófilas (como las papas) son afectadas en presencia del polvo de cemento.

Potencialmente, en terrenos con pendiente, la formación de la costra mencionada hace que el agua fluya libremente, pudiendo constituir la causa de represamientos naturales que al romperse posteriormente produzcan deslaves.

En el caso de los residuos líquidos, agua en contacto con el cemento, se producen los mismos problemas asociados a la formación de costras sobre el suelo y al autofraguado indeseado. A su vez, se debe considerar su carga de potasio, sulfato y su efecto térmico. El azufre contenido en forma de sulfatos puede producir efectos laxantes cuando se exceden determinadas concentraciones (250 mg/dm<sup>3</sup>, en Chile muchas aguas naturales superan los 400 mg/dm<sup>3</sup>). Esta situación sobre el ganado puede producir debilitamiento e incluso la muerte en algunos casos.

La descomposición de la materia orgánica que contiene azufre y la reducción anaeróbica del sulfato en aguas, puede alterar las propiedades físico-químicas de éstas últimas, lo mismo que su productividad y puede favorecer la distribución de microorganismos en ellas.

---

<sup>6</sup> Basado en las Guías Metodológicas, Ficha 27, implicancias ambientales del rubro Productos de Cemento , INTEC-CHILE.

Potencialmente, si las aguas arrastran libremente los materiales o los residuos, podrían contaminar otras aguas superficiales o subterráneas.

## **4. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS.**

### **4.1. Control de procesos, eficiencia, prevención de la contaminación.**

A pesar de que muchas de las actividades descritas pueden generar contaminación, principalmente debido a la escasa precaución para prevenir su ocurrencia, se puede afirmar que el camino de la prefabricación y el premezclado-predosificado asegura mejores logros que la producción in situ de elementos de cemento y hormigón. Las razones son:

- Las plantas e industrias pueden localizarse en terrenos bien ubicados, por ejemplo accesos, proximidad a materias primas, existencia de desvíos ferroviarios, áreas industriales exclusivas.
- Las plantas e industrias pueden programarse físicamente y construirse preocupándose de los aspectos ambientales (separación con cierros, cortinas verdes, áreas de fraguado ordenadas, colores y construcciones adecuados).
- Las plantas e industrias pueden equiparse con equipos más productivos y eficientes dada su permanencia en el tiempo y la búsqueda de economías de escala. Ello contribuiría a minimizar residuos e impactos respecto a los generados en obras, por definición temporales, y cuya ubicación corresponde a otra lógica.
- Para fabricar 1 m<sup>3</sup> de hormigón, se necesita 1,5 m<sup>3</sup> de materias primas, por lo que el espacio necesario en la obra para el almacenamiento y manipulación, así como el transporte hacia ésta, es mayor.
- La fiscalización se facilita pues se concentran actividades que en la opción in situ se diseminan por la ciudad.
- Los trabajadores de las obras son en alto porcentaje contratados hasta el término de la etapa de construcción a que están afectos. La posibilidad de capacitarlos y de estimular el autocontrol son mucho menores respecto al personal cuasi permanente de una planta mezcladora o industria.

Sin embargo, para asegurar lo anterior se deben emplear procedimientos e infraestructura adecuados para disminuir las emisiones provenientes de las maquinarias y procesos empleados. De este modo, algunas recomendaciones para los prefabricadores y premezcladores son:

- Adecuado almacenamiento de las materias primas, incluyendo el cemento (evitar dispersión, estropicio, contaminación o acción contaminante). Esto es:
  - \* Evitar su excesivo transporte
  - \* Puntos de acopio protegidos de la acción directa del viento
  - \* Limpiar el suelo que cubrirán los acopios
  - \* Recepción de áridos que cumplan con las condiciones de volumen y nivel de humedad.
  - \* Uso de contenedores (bigbag) o silos en vez de sacos del cemento,
- Evitar dispersión de polvo:
  - \* Uso de mallas u otros elementos para evitar la dispersión de polvo,
  - \* Uso de campanas y sistemas cerrados de producción
  - \* Lavados con aspersores de agua al momento de la carga de los camiones de premezclado,

- \* Uso de dispositivos tales como cubiertas, cortinas, barreras, canaletas telescópicas y móviles,
- \* Buenas prácticas para el vaciado de los sacos de cemento,
- Uso de procesos húmedos para la mezcla de materiales,
- Uso de gorro para la canoa de los camiones premezcladores,
- Lavado y limpieza de vehículos (en especial ruedas) dentro del lugar de la construcción, ocupando, por ejemplo, rejillas elevadas o saltos múltiples para botar el polvo.
- Respeto a peso máximo por eje, es decir, no sobrecargar los camiones.
- Reciclado del agua de proceso y/o mezclado.
- Impermeabilización del piso de las piscinas de decantación
- Establecer horarios de carga-descarga que tomen en cuenta la congestión vehicular local y el descanso de los vecinos (acuerdos con las municipalidades y con la comunidad).
- Disposición de desechos como rellenos de pozos, elaboración de otros productos, donaciones, etc., que eviten su envío a vertederos, escasos en la actualidad.
- Control de las fuentes de ruidos (equipos, vehículos) mediante aislación o absorción.
- Estabilización de accesos (ripiado) a las plantas,
- Uso de contenedores y/o silos para recibir y acopiar materiales o escombros en las obras.

Respecto al manejo y transporte de áridos, se aconsejan las siguientes medidas específicas:

- Uso de procesos húmedos para el chancado de áridos,
- Controlar condiciones de transporte del árido (agua),
- Sellado de carrocerías de camiones que transportan estos materiales.
- Lavado de ruedas en los lugares de chancado para evitar el arrastre de barro hasta calles.
- Aislamiento y control de los ruidos provocados por el proceso de chancado.

Si se logra encapsular o sellar el proceso, el ideal es implementar algún sistema de control. De esta forma, el polvo puede ser extraído satisfactoriamente al hacerlo pasar por un filtro de mangas o por ciclones, por combinaciones de ambos. Los precipitadores electrostáticos resultan una solución de costo demasiado elevado. Los filtros de mangas pueden alcanzar rendimientos del orden de 99,9 %, pero las fibras empleadas en estas mangas deben ser resistentes a la abrasión de los polvos.

Si el polvo recogido es apilado en montones o pilas, puede ser regado con agua para formar una costra que impida que lo arrastre el viento.

Por otra parte, el agua residual de la elaboración de productos puede ser reutilizada luego de la aplicación de diferentes tecnologías de depuración.

#### **4.2. Posibilidades de producción más avanzada y limpia.**

Se aprecia que las posibilidades corresponden a:

- Áridos: Chancado y molido, harneado y dragado por vía húmeda. Tales procesos húmedos no generan emisiones de particulado apreciables, por lo que son recomendables para ser adoptados masivamente en nuestro país.
- Prefabricado: Sustitución de agentes liberadores de molde basados en tricloroetano (TCA) y en compuestos orgánicos volátiles (COV). Los primeros son perjudiciales para la capa de ozono y los segundos presentan restricciones a la calidad del aire en el moldeado. La tendencia apunta entonces hacia liberadores de molde basados en agua<sup>7</sup>.
- Premezclado: Empleo de mezcladores automáticos. Contribuyen a reducir las emisiones producidas durante la carga de los camiones en el premezclado, evitando la descarga parcelada de cemento, agua, agregados y aditivos al interior del camión. Dentro de los beneficios, se debe considerar la disminución del rechazo del hormigón que no cumple el cono deseado en las obras de construcción, debido a que la incorporación de agua se estandariza eliminando la inherencia del operador del camión.

#### **4.3. Posibilidades de minimización, reuso, recirculación, recuperación y reciclaje.**

De acuerdo a los puntos revisados anteriormente, y a la experiencia extranjera, es posible considerar inicialmente las siguientes formas de reutilización:

- Reciclaje como sustituto de áridos para agregados en el concreto,
- Para rellenos (pozos) y recuperación de terrenos.
- Muros de protección anti ruidos a lo largo de las carreteras,
- Como terraplenes,
- Como capa inerte de separación en la disposición de residuos industriales.
- Reciclaje para utilizar en el asfalto,
- Como subbase de carreteras.

Lo más sencillo es utilizar los desechos como relleno de escombros en sitios. En el caso de su empleo como subbase o base de carreteras deberían ser molidos adecuadamente y cumplir con los requerimientos para este uso.

#### **4.4. Descripción de metodología de implementación ISO 14001.**

Siguiendo criterios estrictamente preventivos, las empresas elaboradoras de productos de cemento pueden también aspirar a seguir el camino del mejoramiento continuo, el que puede certificarse en un Sistema de Gestión Ambiental, normado por la norma ISO 14.001.

---

<sup>7</sup> EPA, Profile of ... Concrete industry, 1995.

Al implementar Sistemas de Gestión Ambiental en las organizaciones se actúa sobre su estructura organizacional, las actividades de planificación, las responsabilidades, prácticas, procedimientos, sus procesos y recursos. Las actividades a realizar para lograr esto son:

- Desarrollo de una Política ambiental por parte de la alta gerencia
- Planificación:
  - \* Establecimiento de objetivos y metas ambientales
  - \* Definición de un programa ambiental,
- Implementación y operación:
  - \* Definición de estructura organizacional-responsabilidades del sistema de gestión
  - \* Establecimiento de operaciones mediante procedimientos ambientales,
  - \* Capacitación del personal,
  - \* Documentación del sistema,
- Verificación y acción correctiva
  - \* Definición de acciones preventivas y correctivas
  - \* Auditoría del Sistema de Gestión Ambiental
- Revisión de la gerencia y mejoramiento continuo
- Manejo de las comunicaciones externas e internas,

Existen múltiples razones que pueden llevar a una organización a tomar la decisión de implementar un Sistema de Gestión Ambiental. Estas razones se refieren a presiones de distintos actores y motivaciones, tales como presiones Ambientales, Económicas, Presiones de la sociedad, Legislación y regulaciones, Responsabilidad, Imagen pública.

En el caso de este rubro, algunas empresas pertenecen a grandes grupos económicos (Melón, Polpaico, y todas sus subsidiarias), lo cual significa que éstas deben adherirse muchas veces de manera prácticamente obligatoria a directrices generales emanadas del grupo, las cuales en algunos casos han establecido que la protección del medio ambiente, y en particular los sistemas de gestión ambiental, constituyen aspectos estratégicos.

Por otra parte, las industrias ubicadas en la Región Metropolitana se encuentran expuestas a una importante presión de la comunidad y autoridades, dadas las características particulares de la región, saturada en contaminantes atmosféricos. Específicamente la importante generación de emisión fugitiva de material particulado, lo expone a una comunidad muy sensibilizada con el tema. Frente a esta comunidad el rubro se encuentra obligado a actuar de manera sistemática, pudiendo mostrar resultados en el manejo ambiental. Lo anterior puede impulsar a las industrias del rubro a implementar un sistema de gestión ambiental.

Finalmente la apertura de los mercados internacionales y la pronta entrada de nuevos competidores al rubro cementero debieran llevar a las empresas a la diferenciación de los productos y de las organizaciones. En ese contexto parece viable utilizar la temática ambiental, específicamente los sistemas de gestión ambiental, como poderosa herramienta para la mencionada diferenciación.

## **5. MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN.**

Este capítulo identifica las tecnologías disponibles para el tratamiento de contaminantes líquidos, sólidos y gaseosos. Dentro de cada descripción de tecnologías, se incluyen los equipos necesarios junto con sus eficiencias y condiciones de aplicación.

### **5.1. Tecnologías de tratamientos de efluentes líquidos.**

Las etapas necesarias para purificar las aguas residuales de este rubro son:

- Homogeneización de efluentes (opcional)
- Eliminación de aceites y grasas (si se encuentran presentes)
- Neutralización-precipitación.
- Eliminación de sólidos en suspensión.
- Reciclado o reutilización del agua tratada.
- Deshidratación y gestión del precipitado sólido.

La neutralización se realiza con ácidos diluidos, sulfato de aluminio o burbujeo de CO<sup>2</sup>, pero puede ser innecesaria, bastando la precipitación de los sólidos para la reutilización del agua dentro del proceso. La eliminación de sólidos se puede realizar mediante sedimentación con floculantes, flotación, filtración, centrifugación, o evaporación.

### **5.2. Métodos de control de emisiones a la atmósfera.**

En general, los procesos de las industrias de éste rubro tienen como principal contaminante al material particulado, pese a que algunos procesos, como por ejemplo el secado de los áridos, ocupan combustibles fósiles para su realización, razón por la cual aportan en alguna medida a la contaminación por gases.

#### **5.2.1. Tecnologías y equipos para tratamiento de material particulado.**

##### **5.2.1.1. Ciclones y separadores inerciales.**

Separadores inerciales y ciclones son ampliamente utilizados para recoger partículas gruesas y de tamaño mediano (mayores a 15 µm). Tiene una eficiencia esperada de 80 % para partículas bajo 20 µm. Su construcción es simple y la ausencia de partes móviles implica que su costo y mantención son más bajos que otros equipos, siendo sencilla su instalación en el tiraje natural de hornos y secadores. El principio general de los separadores inerciales, es el cambio de dirección al cual el flujo de gases es forzado. Como los gases cambian de dirección, la inercia de las partículas causa que sigan en la

dirección original, separándose del flujo de gases. En los ciclones se aplica la fuerza centrífuga inercial de las partículas para que igualmente se aparten del flujo de gases que cambia de dirección.

En la práctica, es usual utilizar un arreglo de varios ciclones de diámetro reducido, lográndose un “multiciclón” que puede recuperar con bastante eficiencia partículas pequeñas (4 µm y mayores). Estos equipos se pueden emplear como pretratamiento de otros equipos captadores de partículas menores.

### **5.2.1.2. Removedores húmedos.**

Los removedores húmedos son usados típicamente para el control de emisiones combinadas, que de otra manera se deberían enfrentar con varios tipos de filtros colectores para controlar las emisiones de partículas, gases ácidos, o recuperar polvos solubles. Su rango de acción se encuentra para partículas de entre 10 y 0.1 µm. Tiene una eficiencia esperada de 85-99 % para partículas bajo 5 µm.

Sus ventajas son un bajo costo de instalación, y la posibilidad de captación con condiciones variables de ingreso del flujo. Sin embargo, para una alta eficiencia con partículas pequeñas se requiere gran cantidad de energía (alto costo), y se genera el problema de la disposición de los riles generados.

### **5.2.1.3. Filtros de mangas.**

Son los sistemas de mayor uso actualmente en la industria de este sector, debido principalmente a la eficiencia de recolección y a la simplicidad de funcionamiento. La captación se realiza inicialmente en las mangas de fibras, de tal forma que las partículas de polvo forman una capa porosa en la superficie de la tela, siendo éste el principal medio filtrante. Los filtros de mangas captan partículas de tamaño comprendido entre 20 y 0.01 µm, y tienen una eficiencia esperada de 90-99 % para partículas bajo 5 µm.

Dentro de sus ventajas se encuentra la alta eficiencia, y la posibilidad de reutilizar los polvos captados. En cuanto a sus desventajas, están la limitada durabilidad (dependiendo de los ciclos de limpieza a los que sea sometido) y la sensibilidad a las condiciones del proceso.

La selección o verificación de un filtro de mangas, en cuanto a la superficie del medio filtrante, que sin duda es el parámetro más importante en conjunto con el tipo de manga (tela) usada, se basa en la “velocidad de filtración”. Esta se define según la siguiente relación:

$$Velocidad\_de\_filtracion = \frac{Caudal\_de\_gases\_a\_tratar}{Superficie\_de\_tela\_disponible} \text{ [ft/min]}$$



Esta velocidad, también es conocida como “razón Gas-Tela (G/C)”, y se expresa habitualmente en [cm/s] o en [ft/min]. La relación G/C para este tipo de filtros varía entre 4 y 12 [ft/min], según sea la aplicación. La tabla siguiente aporta valores típicos para algunos polvos característicos.

TABLA N° 5.1.- RAZÓN G/C PARA DISTINTOS ELEMENTOS.

Aplicación	Razón G/C [ft/min]
Cemento	8
Arcilla	9 - 10
Cenizas finas	5
Oxido y sulfato de hierro	6 - 7
Arena y polvo de roca	9 - 10
Oxido de plomo	6

Fuente: Air Pollution Control Engineering

### 5.2.2. Tecnologías de tratamiento de gases.

La industria fabricante de productos de cemento y hormigón no comprende procesos importantes cuyo resultado sea la emisión de gases contaminantes. Es más, algunos ejemplos como el secado de los áridos o la utilización de cámaras de curado, son en muchos casos opcionales o de no serlo, su aporte en este punto es menor.

### 5.3. Eliminación y disposición de residuos sólidos y métodos de reciclaje.

Dentro de las industrias fabricantes de productos de cemento y hormigón, el reciclaje y la reutilización, la eliminación y la disposición de residuos sólidos se pueden hacer de manera sencilla y bastante eficiente. Sin embargo, un principio de producción sustentable que se debe considerar siempre es la minimización de la generación de residuos, mediante el mejoramiento en la calidad del proceso de producción. Por otra parte, en lo que se refiere al chancado de los áridos, prácticamente no existen residuos pues todo el material es procesable.

Como ha sido estimado para todo el sector de la construcción, tan sólo un 30 ó 40 % de los residuos de cemento y hormigón pudiera ser completamente reciclado<sup>8</sup>, el recurso potencial sería considerable, y no seguirían incrementándose año a año los recursos naturales invertidos en la fabricación y luego en la disposición inadecuada y costosa de estos productos/residuos.

<sup>8</sup> Revista: Industry and Environment, Vol. 19/2, pp.8, PNUMA IMA.

Ahora bien, los residuos sólidos del rubro 3693 son principalmente:

- Descartes de producción (prefabricados y productos especiales).
- Hormigones devueltos desde las obras de construcción (premezclados).
- Lodos provenientes de tratamiento de residuos líquidos (de las piscinas de decantación)
- Polvos provenientes de sistemas de tratamiento de particulado.

Los descartes de producción, los polvos captados en los sistemas de control, y los hormigones devueltos desde las obras se pueden reciclar internamente mediante un adecuado procesamiento, para luego ser reintroducidos a la elaboración de los productos ya sea como agregados o como polvo de cemento. Este procesamiento incluye un chancado inicial de los residuos secos, la remoción de posibles elementos metálicos de refuerzo mediante electromagnetos, una completa serie de moliendas y etapas de tamizado adicionales para la separación por tamaño, e incluso adicionalmente, un sistema de flotación para separar las fracciones más finas de granulado de cemento y arena.

Estos residuos, luego del procesamiento, también pueden ser empleados para conformar terraplenes y subbases de caminos. Por otra parte, se puede considerar la posibilidad de reutilizarlos como agregados en el asfalto.

Los hormigones todavía frescos devueltos desde las obras de construcción, en vez de invertir energía para reciclarlos, se pueden reutilizar para la construcción de bloques y muros de protección antiruido, para ocupar en las mismas plantas o a lo largo de carreteras y caminos. Esto mismo se puede aplicar a los lodos provenientes de las piscinas de decantación siempre que su utilización no sea estructural.

Estos lodos sedimentados y luego solidificados pueden ser reutilizados como material de relleno tratando de evitar el elevado costo de la disposición en vertederos. Para realizar esto, se crean tanques de sedimentación de los lodos con alto contenido de humedad (90 %) a los que se debe agregar algún coagulante del cemento, luego mezclar y dejar solidificar, evacuando el agua. En general, todos los residuos solidificados inertes pueden ser empleados como material de relleno.

#### **5.4. Sistemas factibles de control y eficiencia de reducción de los contaminantes.**

En el chancado de los áridos, el polvo proveniente del proceso puede ser controlado encapsulando los equipos y aplicando ventilación con aire forzado o chimenea, y/o conectándolo a algún tipo estructura de filtros; mientras que el polvo de las emisiones fugitivas se podría controlar rípiando los accesos y/o controlando el paso del viento mediante mallas o muros (donde se pueden ocupar bloques elaborados a partir de material reutilizado o reciclado).

En las plantas de prefabricados, las emisiones fugitivas de los sitios de almacenamiento abierto pueden ser controladas regándolos periódicamente para mantener un nivel de humedad que impida el levantamiento de polvo por la acción del viento. Adicionalmente, se pueden aplicar elementos como cierres laterales, cortinas y cubiertas. Pero, sin duda que la mejor alternativa es emplear silos cerrados.

En lo que corresponde a la dosificación, mezclado y conformado, se puede controlar la contaminación mediante el encapsulamiento y la conexión a un sistema de control como filtros de manga o removedores húmedos. El fraguado y otras operaciones que emplean combustibles derivados del petróleo, como el secado de áridos con secadores rotatorios, generan gases y particulado que debería ser controlado con algún sistemas para gases (absorción,adsorción, etc). Adicionalmente, es importante considerar el tránsito de camiones por vías no pavimentadas o empolvadas dentro y en los alrededores de las plantas, por lo que debería ripiar o mojar periódicamente esas zonas.

En lo que se refiere al ruido, si se superan los 70 dB en el linde de la propiedad, es necesario considerar el empleo de materiales absorbentes, la construcción de muros y/o paneles aislantes, y la generación de cordones de árboles en los accesos.

En cuanto al hormigón premezclado y al mortero predosificado, en general la única fuente puntual puede ser la transferencia de cemento hasta los silos de almacenamiento, y éste debería estar usualmente conectado a un filtro de mangas. De acuerdo a la tecnología, esto se puede extender también para los silos de áridos, el equipo mezclador y alimentador, ensacadoras. En general, las fuentes fugitivas incluyen la transferencia de arena y agregado, la carga del camión, la carga del mezclador, el tráfico vehicular, y la acción del viento sobre las pilas de almacenamiento. Los tipos de control aplicados pueden incluir los lavados “spray” y mangas plásticas flexibles para la carga del camión, alimentación del camión despresurizada con succión conectada a un filtro de mangas, encapsulamiento (cortinas, cubiertas), protección lateral en las cintas transportadoras, etc. La mayor fuente de emisiones fugitivas, el movimiento de camiones pesados sobre superficies sin pavimentar y/o polvorientas alrededor de la planta, puede ser controlado mediante una buena mantención y el mojado de la superficie del camino.

Para esta actividad, el control de los residuos líquidos parte por emplear piscinas de decantación y aplicar el método de control descrito en el punto 5.2.1. En cuanto al ruido, es perfectamente controlable mediante el empleo de materiales absorbentes en los puntos de reverberación, o la instalación de paredes elevadas constituídas por bloques de hormigón elaborados con material de desecho. Además, es muy adecuado mantener un cordón verde de árboles y plantas, que atenúen los ruidos en las zonas de acceso a las plantas.

Algunos costos asociados a estas medidas de control se revisan en los puntos 6.1 y 6.2 del capítulo siguiente.

## **6. ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN**

Un financiamiento adecuado es fundamental para materializar medidas de prevención de la contaminación. Esto pues el aspecto ambiental tiene un costo inicial al cual los industriales no estaban acostumbrados, pero que debería ser también una inversión rentable en el mediano plazo por mejoras a los procesos de producción y disminución de los costos de operación-mantenimiento-disposición. Otros efectos no cuantificables serán una mejor imagen y presentación de la empresa.

### **6.1. Costos y beneficios de tecnologías más limpias y medidas de prevención.**

Las tecnologías que aseguran mejoras ambientales para este rubro, son:

- Procesamiento húmedo de áridos.
- Cambio de combustible a Gas Natural (cuando corresponda y sea posible).
- Cambio en el uso de agentes liberadores de molde.
- Uso de mezcladores automáticos.

El procesamiento húmedo de los áridos reduce apreciablemente las emisiones de particulado, además de que mejora el rendimiento del material tratado en las etapas posteriores (mejora entre 45 y 100 % de la que se obtiene en seco<sup>9</sup>). Sin embargo, si se requiere una etapa final de secado, la molienda seca puede ser menos costosa que la húmeda para tamaños gruesos de material.

Al cambiar el combustible actual (Fuel Oil) de los secadores rotatorios y de los quemadores de las cámaras de curado a Gas Natural, la eficiencia de combustión aumenta entre 7 y 15 %. Las mejoras ambientales se reflejan en una disminución en la cantidad de contaminantes emitidos.

El reemplazo de los agentes liberadores de molde (prefabricados) basados en solventes fuertes como el Tricloroetano (TCA), por otros basados en agua se encuentra en etapa de experimentación, por lo que no existen aún evaluaciones tipo costo-beneficio.

El empleo de mezcladores automáticos (premezclado) ayuda a reducir las emisiones producidas durante la carga de los camiones. Dentro de los beneficios, se debe considerar la disminución del rechazo del hormigón que no cumple el cono deseado en las obras de construcción.

El uso de tecnologías más limpias no significa que no se requiere de equipos de control atmosférico. La diferencia radica en que el uso de tecnologías limpias permite utilizar equipos de control de emisiones de menor costo. En cuanto a las medidas de prevención, se pueden mencionar principalmente:

---

<sup>9</sup> Maxson, Cadena y Bond, Trans. A.I.M.E. ,**112**, 130-145, 161 (1934).

- Pavimentación o ripiado de accesos y zonas de movimiento de los camiones y equipos de arrastre de áridos.
- Transporte cerrado de áridos.
- Instalación de mallas, cierres o muros para evitar la acción del viento.
- Encapsulamiento de diversos equipos y/o proceso.
- Mangas plásticas para la carga del camión.
- Sistemas de riego por aspersores.

Estas medidas pueden ayudar a reducir o evitar la contaminación en forma importante y económica. Algunos ejemplos:

- La pavimentación con hormigón de 10 cm de espesor implica un costo aproximado de \$3.500/m<sup>2</sup>, mientras que emplear asfalto con el mismo espesor cuesta \$4.000/m<sup>2</sup>.
- La instalación de mallas tipo construcción cuesta \$96.000 los 100 m lineales con un ancho de 4.2 m, y si es soportada por 4 cuarterones de madera se debe agregar \$10.000.
- El encapsulamiento de los equipos considerando una estructura cuadrada de 5x5x5 m<sup>3</sup>, construida con perfiles de fierro y planchas plásticas, más la mano de obra, cuesta \$700.000 aproximadamente.
- Un sistema de riego automático con aspersores de largo alcance y bomba para una superficie de 1.000m<sup>2</sup> tiene un costo aproximado de \$750.000.
- La instalación de una manga flexible de polietileno (PEbd), ajustada a la boquilla del camión mixer al momento de la carga, no debiera superar el orden de los miles de pesos (US\$1/kg PEbd, más costos de instalación).

## **6.2. Costos y beneficios de medidas de control de la contaminación.**

Las medidas de control tanto para procesos como para emisiones fugitivas, son inherentes para cada empresa. Por ello, antes de implementar cualquier sistema de abatimiento, es necesario realizar auditorías energéticas y ambientales, para determinar la situación actual. De no hacer ésto, se corre el riesgo de implementar un sistema que puede resultar sobre o subdimensionado.

Si a pesar de los cambios efectuados, las emisiones siguen estando por sobre el nivel máximo permitido por la normativa vigente, es necesario recurrir a sistemas externos de control. Dentro de los equipos aplicables a este sector para el control de material particulado están:

- Ciclones.
- Filtros de Mangas
- Scrubbers (Lavadores de gases)

El costo de cada uno de estos equipos está determinado principalmente por el caudal de gases a tratar y por las condiciones propias a la salida de los gases de escape. La tabla siguiente resume los costos aproximados de estos sistemas, e incluye los % de cada etapa respecto de la inversión<sup>10</sup>.

TABLA N° 6.1: DIVISION DE COSTOS.

Equipo	Inversión UF	Operación UF	Adquisición, % inversión	Instalación, % inversión	Operación anual, % inversión
Ciclones	100 a 700	50	88	12	51
F.Mangas	600 a 4000	100	85	15	17
Scrubber	1400 a 5000	100-400	73	27	10

### 6.2.1. Tratamiento de efluentes líquidos y lodos.

La siguiente tabla presenta los costos anuales totales de cada una de las principales alternativas consideradas en este caso, expresado en US\$ por cada m<sup>3</sup> tratado. Algunos de estos valores suelen variar de acuerdo al caudal total tratado.

TABLA N° 6.2: COSTOS DE CAPITAL Y DE OPERACION EN US\$ POR M<sup>3</sup> TRATADO.

Tecnologías de Abatimiento	Flujo Nominal en m <sup>3</sup> /día			
Tratamientos Físico-Químicos	50	250	500	1500
Remoción de aceite y grasas	0,044	0,014	0,010	0,008
Arrastre por aire	0,12	0,12	0,12	0,09
Neutralización	0,20	0,20	0,20	0,20
Precipitación química	2,562	1,34	0,89	0,46
Clarificación	0,22	0,07	0,05	0,04

Fuente: TESAM S.A. Análisis técnico-económico .... Informe Final. 1997.

Por ejemplo, estimando para una planta de 25 camiones y que produce y despacha unos 15.000 m<sup>3</sup>/mes de hormigón, se pueden suponer unos 100 recorridos al día (unos 4 viajes por camión, a 7 m<sup>3</sup> cada uno). Después de cada vuelta se procede al lavado del camión por unos 10 minutos, utilizando agua con un caudal de 1,2 m<sup>3</sup>/hora (agua potable). De esta forma, se llega a un consumo de unos 20 a 30 m<sup>3</sup>/día (primera columna de la tabla anterior). Si nuestro tratamiento apunta a reutilizar el agua, se debe considerar remoción de aceite y grasas, precipitación y clarificación, con un costo aproximado de US\$5 por m<sup>3</sup> tratado, alcanzando unos US\$ 4.000/mes.

<sup>10</sup> Basado en CEPAL, Principales emisiones de contaminantes atmosféricos y algunos medios para su control. El caso de Chile. Julio 1991. CEPAL/PNUMA, Alejandro Steiner; y The Environmental Control Industry, Leung & Klein.

Realizando una estimación gruesa de la inversión inicial necesaria para implementar un tratamiento de efluentes líquidos -con un caudal de 40 m<sup>3</sup>/día y suponiendo 1.000 mg/lit de sólidos suspendidos-, que incluya por ejemplo equalización, neutralización, precipitación-sedimentación y secado de lodos en canchas, se llega a una cifra cercana a los 25 millones de pesos. Esta cifra se desglosa aproximadamente así:

Totalidad de los equipos	\$ 8	MM
Todas las obras de construcción	\$ 7,2	MM
Piping	\$ 1,5	MM
Instalación equipos	\$ 1,6	MM
Ingeniería	\$ 3,5	MM
Contingencias (20 %)	\$ 2,0	MM.

### 6.3. Alternativas de financiamiento.

Los principales instrumentos -no excluyentes entre sí- que se pueden usar en gestión ambiental se presentan en la siguiente tabla.

TABLA N° 6.3: ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO<sup>11</sup>.

INSTITUCION	AREAS DE APOYO	INSTRUMENTOS
CORFO	MODERNIZACION PRODUCTIVA	Fondo de Asistencia Técnica- FAT
		Proyectos de Fomento- PROFO
		Programa de Apoyo a la Gestión de Empresas Exportadoras- PREMEX
	DESARROLLO E INNOVACION TECNOLOGICA	Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo- FONTEC
	INTERMEDIACION FINANCIERA	Créditos intermediarios a través de la banca privada. Leasing. Leasing con cubos.
Banco del Estado	INTERMEDIACION FINANCIERA	Créditos. Créditos de Fomento.
Bancos	INTERMEDIACION FINANCIERA	Centros para la microempresa
Empresas varias. Fundaciones. Corporaciones	INTERMEDIACION FINANCIERA	Factoring. Fondo de inversión de desarrollo de empresas. Créditos.

<sup>11</sup> Adaptado a partir de Guía Empresarial del Medio Ambiente, pag. 49.



### **6.3.1. PROGRAMAS DE SUBSIDIO DE CORFO**

#### ***6.3.1.1. Fondos de Asistencia Técnica FAT-PYME.***

Este es un programa de asistencia técnica, operado a través operadores intermediarios como SERCOTEC y CEPRI. Esta subvención cofinancia la contratación de consultores especializados.

Son beneficiarios de esta subvención empresarios de cualquier actividad productiva, que demuestren ventas netas anuales entre UF 2.400 y UF 100.000 en el último año. En el caso de empresas exportadoras deben demostrar exportaciones individuales que no excedan US 2.500.000, según el informe de Aduanas, en tanto que sus ventas netas anuales en el mercado nacional no pueden superar UF 100.000. Tanto las empresas beneficiarias como cada uno de sus socios no pueden tener obligaciones morosas con CORFO o SERCOTEC.

El fondo de subvención se puede adjudicar de forma individual o colectiva. En forma individual, se puede acoger a un máximo de 6 consultorías, con objetivos diferentes en una sola área temática definida alcanzando una subvención máxima (para las seis consultorías) de 450 UF (75 UF por objetivo) correspondiendo a un porcentaje de subsidio decreciente de 85 a 50 % (ventas netas menores que UF 50.000), o de 75 a 30 % (ventas netas mayores que UF 50.000). En el caso de asistencia técnica colectiva, para cualquier número de empresas sectorial o temáticamente afín, se considera un máximo de subvención de 75 UF por cada empresa del grupo, pero solamente podrán optar a ella una vez por año, de tal forma que el Fondo financia hasta un 75 % del costo total de la consultoría colectiva.

Entre las aplicaciones ambientales de los FAT se cuentan:

- La realización de diagnósticos y auditorías ambientales.
- Estudios técnico-económicos para el diseño de soluciones a los problemas ambientales.
- Declaración de impacto ambiental.
- Estudios de reconversión de procesos o relocalización industrial.
- Diseño de soluciones en forma colectiva.

#### ***6.3.1.2. Proyectos de Fomento PROFO-PYME.***

Los PROFO son asociaciones jurídicas temporales integradas por al menos 7 (siete) empresas productoras en la RM y 5 (cinco) en las otras regiones del país, cuyo objetivo es integrar a sus operaciones, técnicas modernas de gestión o nuevas tecnologías a sus procesos productivos o de comercialización, propendiendo a la asociatividad empresarial.

Para los PROFO rigen las mismas condiciones de los FAT (ventas y deudas), y también es operado por agentes intermediarios. Con los recursos obtenidos se contrata directamente al gerente y personal del

PROFO, y se financian los gastos propios de éste: consultorías, capacitación, seminarios, muestreo, pasajes, viáticos, arriendos, servicios básicos, adquisiciones de textos y materiales, estudios, etc.

Cada PROFO es subvencionado hasta un 70 % del costo total. El aporte empresarial (30 %) se incrementa porcentualmente a partir del segundo año (de continuar el PROFO). El monto anual de subvención máximo es de 2.250 UF totales, o de 300 UF por empresa. Cada PROFO tiene una duración máxima de 3 años contados desde la fecha de su constitución, aunque su programa de trabajo debe ser aprobado anualmente por CORFO.

Entre las aplicaciones ambientales de PROFO se cuentan:

- Programas grupales de implementación de sistemas de gestión ambiental y certificación de normas ISO 14.000. También aplicable a calidad e ISO 9.000.
- Programas grupales de minimización de residuos.
- Plantas colectivas de tratamiento de residuos.
- Programas de reconversión de procesos industriales para empresas de un mismo rubro.
- Programas grupales de relocalización industrial.
- Programas para prospectar nuevas tecnologías ambientales.

### ***6.3.1.3. Programa de Apoyo a la Gestión de Empresas Exportadoras (PREMEX)***

El PREMEX es un instrumento que tiene como propósito mejorar la competitividad de empresas exportadoras, introduciendo cambios en su gestión mediante asesorías subvencionadas por una sola vez. El PREMEX es operado por CORFO, y la empresa elige libremente la consultora de entre aquellas que se encuentran incorporadas al registro de consultores CORFO.

Está destinado a empresas exportadoras de manufacturas o software, con exportaciones mínimas (directas o indirectas) por US\$ 200.000 sumados los dos últimos años, o con ventas netas no superiores a US\$ 10.000.000 durante el último año.

Consta de dos fases: diagnóstico e intervención. La etapa de diagnóstico tiene como propósito detectar aspectos deficitarios en la gestión empresarial, en un plazo de hasta dos meses, y con una subvención de 60 % del costo de la consultoría teniendo como cantidad tope 80 U.T.M. La etapa de intervención tiene por propósito corregir aquellos aspectos deficitarios, cuya superación signifique aumentos de eficiencia en áreas vinculadas a producción, calidad y medio ambiente. La duración se define en el Plan de Trabajo incorporado al contrato y cuenta con una subvención de 50 % del costo de la consultoría, teniendo como cantidad tope 870 U.T.M.

Entre las aplicaciones ambientales se cuentan:

- Diseño e implementación de un sistema de gestión ambiental, SGA, pudiendo llegarse a la certificación según las normas ISO 14.000, si los clientes de la empresa así lo requirieran.

- Desarrollo de análisis del ciclo de vida, para generar nuevos diseños o nuevos productos.
- Obtención de sello ambiental según los criterios del mercado de destino, también aplicable a envases y embalajes, cuya reciclabilidad sea condición de exportación.
- Certificación de empresas elaboradoras de alimentos según criterios HACCP.

#### 6.3.1.4.FONTEC.

El Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo -FONTEC- financia proyectos de innovación e infraestructura tecnológica, que permitan elevar el nivel de competitividad de la empresa, incrementando su productividad y mejorando la calidad de sus productos.

Este instrumento opera sobre cinco líneas:

- Financia proyectos de **innovación tecnológica**, mediante subvención de entre 20 y 50 %, según tramos, del costo total de ejecución del proyecto. El monto máximo de subvención varía entre US\$ 500.000 para una empresa individual, y US\$ 1.000.000 para 3 ó más empresas asociadas no relacionadas (ie, que una sola persona no controle más del 25 % de cada una).
- Financia inversión en **infraestructura tecnológica** con subvención máxima de 20 % del costo total, con un tope de US\$ 400.000, para empresas individuales con facturación anual inferior a UF 200.000; y subvención de 30 % con un tope de US\$ 400.000 asociativamente.
- Proyectos de **transferencia tecnológica asociativa** (empresas de sectores afines), con una duración máxima de 10 meses, tales como misiones tecnológicas (5 ó más empresas no relacionadas) y consultorías especializadas (3 ó más empresas no relacionadas). Otorga una subvención de hasta un 50 %, con un monto máximo de US\$ 100.000.
- **Entidades de gestión y centros de transferencia tecnológica**, para 5 o más empresas no relacionadas. Da una subvención de hasta un 50 %, con un monto máximo de US\$ 400.000.
- **Estudios de Preinversión para escalamiento productivo en proyectos de innovación**. Otorga una subvención de hasta un 50 %, con un monto máximo de US\$ 15.000.

Entre las aplicaciones ambientales se cuentan:

- Modificación de un proceso tendiente a reducir la generación de residuos, mediante nuevas tecnologías, automatización, etc.
- Desarrollo de sistemas innovativos de recuperación o tratamiento de efluentes.
- Creación de nuevos productos a partir de residuos del proceso.
- Creación de nvos productos ambientalmente amigables, a partir de análisis del ciclo de vida.
- Creación de actividades de servicios a terceros para el reciclaje/reuso de residuos.
- Creación colectiva de un laboratorio de análisis específico.

### **6.3.2. LINEAS INTERMEDIAS CORFO.**

CORFO actúa como un “banco de segundo piso”, poniendo los fondos a disposición de bancos y empresas de leasing para que ellos financien directamente los proyectos productivos, los que privilegian las PYME y las empresas exportadoras.

En general, una exigencia determinante es que no se podrá financiar con estos fondos la compra de equipos o instalaciones que usen tecnologías que atenten contra la conservación del medio ambiente, la salud pública y la seguridad de las personas. Los programas aplicables en este caso se enumeran a continuación.

#### ***6.3.2.1. Financiamiento de Inversiones de PYME. (B.11)***

Financia inversiones en maquinarias, construcciones, servicios de ingeniería y montaje que se requieran para el desarrollo de actividades productivas, incluyendo capital de trabajo. Incluye inversiones requeridas para descontaminación y mejoramiento del medio ambiente.

Las empresas no deben tener ventas anuales superiores a US\$ 30 millones. Las condiciones financieras son una línea abierta de refinanciamiento sin licitación, y con tabla de interés de vigencia trimestral. Los créditos son en US\$ o UF, a tasa de interés fija o variable, siendo el plazo total de 2 a 10 años con períodos de gracia de hasta 24 meses. El monto máximo de la operación es de US\$ 5.000.000 incluyendo hasta un 30 % para capital de trabajo.

#### ***6.3.2.2. Financiamiento Pequeñas Industria Crédito Corfo-Alemania. (B.12)***

Financia inversiones en activos fijos: maquinarias, instalaciones, construcciones, servicios e ingeniería, y capital de trabajo sin restricción de país de origen asociado a esas inversiones.

Las empresas, pequeñas y medianas privadas y empresas de servicio de mantención y reparación complementarios de la industria con ventas anuales no superiores a US\$ 1,5 millones. Las condiciones financieras de la línea son la asignación a través de licitación, con recepción de ofertas dos veces al mes. Los créditos otorgados son en US\$ o UF, a tasa de interés fija, siendo el plazo total de 3 a 10 años. Un 30 % se puede asignar a capital de trabajo y un 30 % a la compra de inmuebles requeridos para la actividad productiva. El monto máximo de la operación es de UF 10.000 (aprox. US\$ 300.000), con un aporte propio del Cliente de un 15 % del monto de la inversión .

### **6.3.2.3. *Financiamiento de Insumos de Producción y Comercialización en el Extranjero.*** **(B.22)**

Financia la adquisición de insumos de producción, inversiones, materias primas, materiales, partes, repuestos, y servicios; requeridos para la exportación en rubros no tradicionales. Además financia inversiones, capital de trabajo, gastos de venta y generales y administrativos necesarios para instalarse en el extranjero.

Son elegibles las empresas productoras o comercializadoras de bienes o servicios en rubros no tradicionales, con ventas anuales no superiores a US\$ 30 millones. Las condiciones financieras consisten en una línea abierta de refinanciamiento, sin licitación. Los créditos son en US\$ o UF, a tasa de interés fija o variable, siendo el plazo total de 2 a 8 años, con 18 meses de gracia. El monto máximo de la operación es de US\$ 3.000.000.

### **6.3.2.4. *Financiamiento Línea Corfo-Suiza.*** (B.31)

Financia la adquisición de bienes de capital nuevos y la contratación de servicios provenientes de Suiza.

Son elegibles empresas privadas sin restricción de tamaño. Las condiciones financieras son la asignación directa sin licitación. Los créditos son en US\$, a tasa de interés fija prefijada, siendo el plazo total de pago de 4 a 10 años, incluyendo un período de gracia de 18 meses. Cada operación requiere aprobación de autoridades suizas.

El monto mínimo es de US\$ 86.000, mientras que el máximo de la operación es de US\$ 3.100.000, con un aporte propio del Cliente de al menos 15 % del monto de la inversión .

### **6.3.2.5. *Bancos.***

Entre los muchos bancos a los que se puede acudir destacan:

- BHIF
- DEL DESARROLLO
- SANTANDER

### **6.3.2.6. *Alternativa: Leasing.***

Permite financiar la adquisición de bienes de capital. La principal ventaja de este sistema respecto al crédito tradicional es que financia un 100 % de la inversión, cubriendo el seguro y los gastos de la

operación. CORFO maneja dos programas de leasing: CORFO-BID Leasing y Bienes de Capital Nacionales.

Los pasos a seguir por el interesado son presentar su proyecto a la financiera de acuerdo a las exigencias de ésta. La financiera debe aprobarlo si le interesa, y fijar las condiciones del crédito, la tasa, el margen o diferencial por intermediación, y las garantías. Los plazos van de 3 a 5 años. La institución concurre luego a una licitación de fondos, presentado su oferta. Si se logran los fondos, la entidad intermediaria formaliza la operación con CORFO y con el cliente y recibe los fondos para desembolsárselos al cliente de acuerdo a las necesidades de la inversión.

Destacan dentro de los Leasing a los cuales acudir:

- BHIF LEASING
- LEASING ANDINO
- SANTANDER LEASING
- SANTIAGO LEASING
- BANESTADO LEASING

#### ***6.3.2.7. Leasing con Cubos.***

Los CUBOS (Cupones de Bonificación de Seguros de Crédito) facilitan el acceso al financiamiento para maquinarias y equipos, supliendo la falta de garantías de los empresarios. Consiste en un subsidio otorgado por CORFO a las instituciones financieras que lo licitan, para cancelar un seguro de crédito con una compañía de seguros, de tal forma de cubrir, por lo menos, un 70 % del riesgo de no pago de sus deudores.

Los CUBOS son aplicables a las operaciones de crédito y leasing, pudiendo acceder personas naturales o jurídicas, que demuestren ventas anuales sin IVA inferiores a UF 25.000. Los plazos de pago van entre los 18 y los 48 meses y su monto no podrá superar UF 3.000.

A la fecha se han adjudicado CUBOS las siguientes instituciones:

- BANESTADO LEASING
- LEASING CONCEPCIÓN
- SANTIAGO LEASING
- LEASING SUDAMERICANO
- BANCO BHIF
- BANCO DEL ESTADO

### **6.3.3. MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO INDEPENDIENTES DE CORFO**

#### ***6.3.3.1. Créditos del Banco Del Estado.***

Financia activos fijos y toda clase de proyectos de inversión, especialmente para empresas pequeñas, diferenciándose en sus menores exigencias y garantías, en que el solicitante no tiene que ser cliente del banco, y en la existencia de una línea especial para microempresarios. Destaca el crédito de largo plazo, que alcanza hasta 10 años, pagadero en UF.

#### ***6.3.3.2. Crédito de Fomento.***

Lo otorga el Banco del Estado, para pequeñas empresas (ventas anuales menores a UF 25.000), financia capital de trabajo y/o inversiones en activo fijo, y otorga el equivalente a UF 1.000, pagaderos en un plazo de hasta 48 meses, con un período de gracia de hasta 6 meses. Se requiere ser cliente del banco, y acreditar ingresos mediante documentación.

#### ***6.3.3.3. Otros mecanismos.***

- Fondo de Inversión de Desarrollo de Empresas: un socio capitalista, no gestor y temporal, aporta los recursos -entre 20 y 49 % del proyecto- en condiciones tales que la hacen similar a un crédito a mediano plazo pagado una sola vez a su vencimiento. Participa proporcionalmente en las utilidades y corre el mismo riesgo.
- Factoring: crédito contra facturas por cobrar es una modalidad financiera destinada a proporcionar capital de trabajo a las empresas. Es un forma de obtener liquidez rápidamente que no representa endeudamiento en el sistema financiero.
- Centro de la microempresa de distintos bancos: Del Desarrollo, Banefe.
- Fundaciones: Contigo, Solidaria trabajo para un hermano.
- Corporaciones y sociedades: PROPESA, SERCAL, SOINTRAL. Propel.

## **7. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.**

En salud ocupacional, los principales riesgos están relacionados con la inhalación de polvos -los cuales afectan las vías respiratorias de los trabajadores con riesgo de enfermedades profesionales, y con los niveles de ruido, que afectan su salud mental.

Respecto a seguridad laboral, existen los riesgos ocupacionales típicos de una planta productiva que considera cargas de trabajo moderado-pesadas, el manejo de equipos mecánicos (incluyendo vehículos) y equipos térmicos (secadores, quemadores), y en algunos casos, la manipulación de sustancias químicas.

### **7.1. Productos químicos peligrosos y tóxicos.**

Corresponden específicamente a los Aditivos para el cemento y hormigón (tanto en planta como en obra), y a productos especiales:

- soluciones cáusticas: saponificación. (incorporadores de aire)
- sustancias tóxicas e irritantes (aceleradores, morteros especiales)
- sustancias corrosivas (endurecedores en base de amina)
- sustancias inflamables (resinas plásticas sintéticas, productos asfálticos)

Se recomienda que, en caso de contacto con la piel u ojos de alguna de estas sustancias, se debe lavar inmediatamente la zona afectada con abundante agua durante al menos 15 minutos (o hasta que pase el dolor más agudo) y consultar a un especialista a la brevedad. No ingerirlas de ninguna forma, y ocupar guantes y anteojos protectores durante su manipulación.

En cuanto al asbesto<sup>12</sup>, como consecuencia de la inhalación de este material, se pueden obtener cuadros de enfermedades graves en los pulmones así como también de la pleura. La “Asbestosis” fue reconocida en Alemania en el año 1936 oficialmente como enfermedad profesional y reglamentada legalmente. Lo mismo ocurrió en 1943 con la Asbestosis en relación con el cáncer al pulmón y en 1977 en la formación de tumores de origen mesodérmico en la pleura y diafragma. Investigaciones posteriores han demostrado que el asbesto tiene efectos biológicos que deben ser diferenciados:

- generación de tejido de “lunares” (efecto fibrogénico), y
- generación de cáncer (efecto cancerígeno).

También puede ocurrir la combinación de ambos efectos. Revisando más detenidamente los tipos de afecciones, se tiene:

---

<sup>12</sup> Asbesto, Reglamentación de la protección en el trabajo e indicaciones de manipulación para la Industria de la Construcción. Asociación Profesional de la Industria de la Construcción, 1992. Alemania.



1. *Enfermedades al pulmón del polvo de asbesto (Asbestosis) y enfermedades de la pleura originados por el asbesto.*

La asbestosis es una fibrosis del pulmón que se origina por la inhalación de fibras de asbesto. La gravedad depende tanto de la capacidad de reacción del receptor como de la cantidad de polvo inhalado. Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen recién 10 años después del comienzo de la exposición. En la mayoría de los casos la enfermedad se manifiesta tardíamente, alcanzando gravedades significativas producto de las concentraciones inhaladas durante largos períodos.

La gravedad de la asbestosis no se puede detectar simplemente mediante rayos X, sino requiere también del análisis del mal funcionamiento del pulmón.

Las enfermedades de la pleura se refiere a la generación de tejidos tumorosos de la pleura.

2. *Cáncer al pulmón relacionado con la asbestosis y con las enfermedades las enfermedades de la pleura.*

Se ha determinado que tanto la asbestosis como las enfermedades de la pleura producto de la inhalación de polvo de asbesto, tienen relación directa con el riesgo de contraer cáncer al pulmón. El período de latencia para que se manifieste el cáncer al pulmón, producto de la exposición a polvos finos de asbestos en el lugar de trabajo, es de 25 años.

3. *Formación de tumores de origen mesodérmico en la pleura y diafragma, originado por el asbesto.*

La formación de tumores malignos en la pleura es una forma de cáncer no muy común. No obstante, a pesar de exposiciones en períodos cortos y en bajas concentraciones, existe riesgo que se manifiesten tumores. Este tumor es letal. Seis meses después del diagnóstico, el 50% de los pacientes ya ha muerto. Esta enfermedad es sumamente dolorosa.

El período medio de latencia es de 30 años, 20 años como mínimo, 60 años como máximo.

En la siguiente tabla se muestra la relación entre las enfermedades profesionales originadas por asbesto, clasificados por rubro industrial en Alemania.

TABLA N° 7.1: ENFERMEDADES PROFESIONALES SEGÚN RUBRO INDUSTRIAL.

	Denuncia y Sospecha			Indeminizaciones						Empleados	
	1	2	3	Total	%	1	2	3	Total	Mill.	%
Industria metalúrgica y	685	139	149	973	31	110	38	95	34	3.56	15

metalmecánica											
Industria Química	442	125	54	621	20	80	38	51	24	0.97	4
Industria de la Construcción	329	123	62	514	16	30	16	36	11	1.91	8
Industria Textil	86	9	11	106	3	19	6	8	5	0.59	2
Total	2075	602	441	3118		304	128	221		23.87	

Sin embargo, el personal potencialmente expuesto al riesgo de polvos de asbesto no puede ser limitado únicamente a los empleados de fábricas de productos de asbesto. Todo trabajador que manipula o utiliza productos de asbesto está expuesto a los riesgos mencionados.

## 7.2. Niveles de ruido.

Para el caso de los áridos, el proceso de chancado resulta sumamente ruidoso, sobrepasando fácilmente los 90 ó 100 dB. Las fuentes o equipos causantes de ruidos corresponden a trituradores de mandíbula, giratorios, de impacto y rodillos dentados. Dentro de éstos, los de impacto generan perturbaciones o pulsos discontinuos que afectan la salud mental de los trabajadores si no están protegidos.

En el prefabricado, las operaciones que generan mayor nivel de polución sonora corresponden al vibrado, mezclado y conformado (si se ocupa compresión aplicando generalmente impacto), y otras operaciones anexas como el corte de piezas y de fierros si es una pieza de hormigón armado. En el predosificado y premezclado, las fuentes de ruido corresponden al mezclado, la descarga a los camiones, y el movimiento mismo de éstos. En ambos casos, los niveles de ruido sobrepasan comúnmente los 85 dB (A), por lo que se deben poner cuidado en la protección acústica de los trabajadores (ver DS 745) y en las molestias a los vecinos (ver DS 286).

## 7.3. Control de riesgos.

Los principales riesgos existentes están asociados al uso de equipos, algunas operaciones y a actividades anexas:

- Chancado o triturado,
- La disposición de los áridos en la plantas con maquinaria de arrastre,
- El secado de los áridos,
- La alimentación de las mezcladoras,
- El terminado (corte) de los productos prefabricados.
- El tránsito de camiones (registrándose incluso casos de camiones volcados).

El control de riesgos se debe iniciar con la protección adecuada de los trabajadores y la prevención en las operaciones más riesgosas. Se considera también la señalización de zonas peligrosas mediante códigos de señales y colores en equipos, estructuras (pasamanos, escaleras, puentes grúa) y en el suelo para la conducción segura de maquinaria de transporte y carga.

#### **7.4. Protección de los trabajadores.**

La protección de los trabajadores debe estar siempre presente, dado el grado de peligrosidad de algunas actividades (alimentación de mezcladoras, manipulación de equipos de corte, etc). Al momento de ejecutar estas tareas, los trabajadores deberían disponer como mínimo de:

- Zapatos de seguridad.
- Casco.
- Lentes protectores.
- Protectores auditivos.
- Máscara protectora de gases y particulado.
- Guantes.
- Vestimenta de trabajo.

Existen otros medios complementarios de protección a los trabajadores, como son los cursos de capacitación, que se realizan en base a un programa previo.

## 8. LEGISLACION Y REGULACIONES AMBIENTALES APLICABLES A LA INDUSTRIA

El presente capítulo identifica la totalidad de normativas ambientales aplicables a la industria, distinguiendo entre normas que regulan la localización, emisiones atmosféricas, descargas líquidas, residuos sólidos, ruido y seguridad y salud ocupacional. Asimismo, se identifican las normas chilenas referentes al tema.

Es necesario establecer como regulación marco y general a todas las distinciones anteriormente señaladas, las siguientes:

### • Ley N° 19.300/94

Título : Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 09/03/94

### • D.S. N° 30/97

Título : Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 03/04/97

### 8.1. Normativas que regulan la localización de las industrias

### • D.S. N° 458/76

Título : Aprueba Nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones (Art. 62 y 160).  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 13/04/76

### • D.S. N° 718/77

Título : Crea la Comisión Mixta de Agricultura, Urbanismo, Turismo y Bienes Nacionales.  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 05/09/77

### • D.S. N° 47/92

Título : Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.



• **Resolución N° 20/94**

Título : Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago.  
Repartición : Gobierno Regional Metropolitano.  
Diario Oficial : 04/11/94

**8.2. Normativas que regulan las emisiones atmosféricas**

• **D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 89 Letra a).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68.

• **D.S. N° 144/61**

Título : Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 18/05/61

• **D.S. N° 32/90**

Título : Reglamento de Funcionamiento de Fuentes Emisoras de Contaminantes Atmosféricos que Indica en Situaciones de Emergencia de Contaminación Atmosférica.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 24/05/90

• **D.S. N° 322/91**

Título : Establece Excesos de Aire Máximos Permitidos para Diferentes Combustibles.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 20/07/91

• **D.S. N° 185/91**

Título : Reglamenta el Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en Todo el Territorio Nacional.  
Repartición : Ministerio de Minería.



• **D.S. N° 4/92**

Título : Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales y Grupales Ubicadas en la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 02/03/92

• **D.S. N° 1.905/93**

Título : Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Calderas de Calefacción que Indica, Ubicadas en la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 18/11/93

• **D.S. N° 1.583/93**

Título : Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales que Indica, Ubicadas en la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 26/04/93

• **D.S. N° 2.467/93**

Título : Aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 18/02/94

• **D.S. N° 812/95**

Título : Complementa Procedimientos de Compensación de Emisiones para Fuentes Estacionarias Puntuales que Indica.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 08/05/95



• **D.S. N° 131/96**

Título : Declaración de Zona Latente y Saturada de la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Diario Oficial : 01/08/96

Nota: A raíz de la declaración de la Región Metropolitana como zona saturada para PM10, PTS, CO, O<sub>3</sub> y latente por NO<sub>2</sub>, la CONAMA ha iniciado la elaboración del correspondiente Plan de Prevención y Descontaminación. Dicho plan, implicará la adopción de normas de emisión y otras medidas aplicables a las industrias de la R.M. con el objeto de cumplir con las metas de reducción de emisiones para los contaminantes ya mencionados.

• **Resolución N° 1.215/78: artículos 3, 4 y 5**

Título : Normas Sanitarias Mínimas Destinadas a Prevenir y Controlar la Contaminación Atmosférica.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : No publicada.

• **Resolución N° 15.027/94**

Título : Establece Procedimiento de Declaración de Emisiones para Fuentes Estacionarias que Indica.

Repartición : Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.

Diario Oficial : 16/12/94

Nota: Actualmente, CONAMA se encuentra elaborando una norma de emisión para el contaminante arsénico, de acuerdo con el procedimiento de dictación de normas de la Ley N° 19.300.

• **D.S. N° 16/98**

Título : Establece Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Diario Oficial : 06/06/98

### **8.3. Normativas que regulan las descargas líquidas**

• **Ley N° 3.133/16**

Título : Neutralización de Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales.

Repartición : Ministerio de Obras Públicas.

Diario Oficial : 07/09/16

• **D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 69–76).

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 31/01/68

• **D.F.L. N° 1/90**

Título : Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. 1, N° 22 y 23).

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 21/02/90

• **D.S. N° 351/93**

Título : Reglamento para la Neutralización de Residuos Líquidos Industriales a que se Refiere la Ley N° 3.133.

Repartición : Ministerio de Obras Públicas.

Diario Oficial : 23/02/93

• **Norma Técnica Provisoria/92**

Título : Norma técnica relativa a descargas de residuos industriales líquidos.

Repartición : Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Diario Oficial : No publicada.

**Nota:** Actualmente CONAMA se encuentra elaborando, de acuerdo con el procedimiento de dictación de normas de calidad ambiental y de emisión, determinado por la Ley N° 19.300 y el D.S. N° 93/95 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, una norma de emisión relativa a las descargas de residuos líquidos industriales a aguas superficiales.

• **D.S. N°609/98**

Título : Establece Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado.

Repartición : Ministerio de Obras Públicas.

Diario Oficial : 20/07/98

**Nota:** Se encuentra en proceso de revisión en lo referente a los plazos de cumplimiento.

#### **8.4. Normativas aplicables a los residuos sólidos**

##### **• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 78–81).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

##### **• D.F.L. N° 1.122/81**

Título : Código de Aguas (Art. 92).  
Repartición : Ministerio de Justicia.  
Diario Oficial : 29/10/81

##### **• D.F.L. N° 1/89**

Título : Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. N° 1).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 21/02/90

##### **• D.L. N° 3.557/80**

Título : Establece Disposiciones Sobre Protección Agrícola (Art. 11).  
Repartición : Ministerio de Agricultura.  
Diario Oficial : 09/02/81

##### **• D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo (Art. 17, 18, 19).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/06/93

##### **• Resolución N° 7.077/76**

Título : Prohíbe la incineración como método de eliminación de residuos sólidos de origen doméstico e industrial en determinadas comunas de la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : No publicada.

**• Resolución N° 5.081/93**

Título : Establece Sistema de Declaración y Seguimiento de Desechos Sólidos Industriales.  
Repartición : Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.  
Diario Oficial : 18/03/93

**8.5. Normativas aplicables a los ruidos**

**• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 89 Letra b).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

**• D.S. N°146/98**

Título : Establece Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, Elaborada a Partir de la Revisión de la Norma de Emisión Contenida en el Decreto N°286, de 1984, del Ministerio de Salud.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia  
Diario Oficial : 17/4/98

**• D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/06/93

**8.6. Normativas de seguridad y salud ocupacional**

**• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 90–93).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

**• D.F.L. N° 1/89**

Título : Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. 1 N°44).  
Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 21/02/90

• **Ley N° 16.744/68**

Título : Accidentes y Enfermedades Profesionales.

Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

Diario Oficial : 01/02/68

• **D.F.L. N°1/94**

Título : Código del Trabajo (Art. 153–157).

Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

Diario Oficial : 24/01/94

• **D.S. N° 40/69**

Título : Aprueba Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.

Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

Diario Oficial : 07/03/69

• **D.S. N° 54/69**

Título : Aprueba el Reglamento para la Constitución y Funcionamiento de los Comités Paritarios de Higiene y Seguridad.

Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

Diario Oficial : 11/03/69

• **D.S. N° 20/80**

Título : Modifica D.S. N° 40/69.

Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

Diario Oficial : 05/05/80

• **Ley N° 18.164/82**

Título : Internación de Ciertos Productos Químicos.

Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.

Diario Oficial : 17/09/82

• **D.S. N° 48/84**

Título : Aprueba Reglamento de Calderas y Generadores de Vapor.

Repartición : Ministerio de Salud.



• **D.S. N° 133/84**

Título : Reglamento Sobre Autorizaciones para Instalaciones Radiactivas y Equipos Generadores de Radiaciones Ionizantes, Personal que se Desempeñe en ellas u Opere Tales Equipos.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 23/08/84

• **D.S. N° 3/85**

Título : Aprueba Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radiactivas.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 25/04/85

• **D.S. N° 379/85**

Título : Aprueba Reglamento Sobre Requisitos Mínimos de Seguridad para el Almacenamiento y Manipulación de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo Destinados a Consumos Propios.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 19/03/86

• **D.S. N° 29/86**

Título : Almacenamiento de Gas Licuado.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 06/12/86

• **D.S. N° 50/88**

Título : Modifica D.S. N° 40/69 que Aprobó el Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 21/07/88

• **D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.  
Repartición : Ministerio de Salud.





• **D.S. N° 95/95**

Título : Modifica D.S. N° 40/69 que Aprobó el Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 16/09/95

• **D.S. N° 369/96**

Título : Extintores Portátiles.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 06/08/96

• **D.S. N° 90/96**

Título : Reglamento de Seguridad para Almacenamiento, Refinación, Transporte y Expendio al Público de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 05/08/96

• **D.S. N° 298/94**

Título : Reglamento Sobre el Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos.  
Repartición : Ministerio de Transportes.  
Diario Oficial : 11/02/95

Nota: Este reglamento, incorpora las siguientes NCh del INN, haciéndolas obligatorias:

NCh 382/89 : Sustancias peligrosas terminología y clasificación general.

Diario Oficial : 29/11/89

NCh 2.120/89 : Sustancias peligrosas.

Diario Oficial : 07/11/89

NCh 2.190/93 : Sustancias peligrosas. Marcas, etiquetas y rótulos para información del riesgo asociado a la sustancia.

Diario Oficial : 09/06/93

NCh 2.245/93 : Hoja de datos de seguridad.

Diario Oficial : 18/01/94



### **8.7. Normas referenciales del Instituto Nacional de Normalización**

En relación con las normas INN, cabe hacer presente que se trata de normas que han sido estudiadas de acuerdo con un procedimiento consensuado y aprobadas por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, persona jurídica de derecho privado, de carácter fundacional.

El cumplimiento de estas normas (norma, norma chilena y norma oficial) es de carácter voluntario y por lo tanto no son susceptibles de fiscalización. Sin embargo, estas normas pueden ser reconocidas por el Ministerio respectivo, como norma oficial de la República de Chile, mediante un Decreto Supremo. Además pueden ser incorporadas a un reglamento técnico adoptado por la autoridad en cuyo caso adquieren el carácter de obligatorias y susceptibles de fiscalización.

#### **8.7.1. Normas relativas al agua**

##### **• Norma NCh 1.333/Of. 87**

Título : Requisitos de Calidad de Agua para Diferentes Usos.  
Repartición : Instituto Nacional de Normalización.  
Diario Oficial : 22/05/87

#### **8.7.2. Normativas de salud y seguridad ocupacional<sup>13</sup>**

##### **• Norma NCh 388/Of. 55 / D.S. 1.314**

Título : Prevención y Extinción de Incendios en Almacenamiento de Inflamables y Explosivos.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/11/55

##### **• Norma NCh 385/Of. 55 / D.S. 954**

Título : Seguridad en el Transporte de Materiales Inflamables y Explosivos.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/08/55

##### **• Norma NCh 387/Of. 55 / D.S. 1.314**

Título : Medidas de Seguridad en el Empleo y Manejo de Materias Primas Inflamables.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/11/55

<sup>13</sup> La repartición y fecha corresponden al Decreto Supremo citado en cada norma, y por el cual se oficializó la respectiva Norma Chilena. Para conocer el contenido de cada Norma, dirigirse al INN.

• **Norma NCh 758/Of. 71 / Res. 110**

Título : Sustancias Peligrosas, Almacenamiento de Líquidos Inflamables. Medidas Particulares de Seguridad.

Repartición : Ministerio de Economía

Diario Oficial : 25/08/71

• **Norma NCh 389/Of. 72 7 D.S. 1.164**

Título : Sustancias Peligrosas. Almacenamiento de Sólidos, Líquidos y Gases Inflamables. Medidas Generales de Seguridad.

Repartición : Ministerio de Obras Públicas

Diario Oficial : 04/11/74

• **Norma NCh 1.411/4 Of. 78 / D.S. 294**

Título : Prevención de Riesgos. Parte 4: Identificación de Riesgos de Materiales.

Repartición : Ministerio de Salud

Diario Oficial : 10/11/78

• **Norma NCh 2.164/Of. 90 / D.S. 16**

Título : Gases Comprimidos, Gases para Uso en la Industria, Uso Médico y Uso Especial. Sistema SI Unidades de Uso Normal.

Repartición : Ministerio de Salud

Diario Oficial : 30/01/90

• **Norma NCh 1.377/Of. 90 / D.S. 383**

Título : Gases Comprimidos Cilindros de Gases para uso Industrial. Marcas para la Identificación del Contenido y de los Riesgos Inherentes.

Repartición : Ministerio de Salud

Diario Oficial : 16/05/91

## 9. PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE PERMISOS

La legislación actual es bastante clara para las industrias nuevas, o aquellas que se están por instalar. No obstante, para las industrias que se encuentran funcionando, es posible que se generen errores en la obtención de los permisos y certificados. Es por ello que éstas deben ser mucho más cuidadosas en el cumplimiento de las normativas vigentes y aplicables.

Previo a la instalación de una industria nueva o a la ampliación de una ya existente, según lo establecido en la ley 19.300 general de bases sobre medio ambiente, y en su respectivo reglamento N° 30/97, éstas deben someterse a el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Este sistema, en función de las dimensiones del proyecto y de sus impactos esperados define si la industria debe someterse a un estudio de impacto ambiental o a una declaración de impacto ambiental.

La ventaja de este sistema radica en que, habiéndose efectuado la evaluación ambiental, y concluido con una resolución que califica favorablemente el proyecto, ningún organismo del estado podrá negar los permisos sectoriales por razones de tipo ambiental.

Adicionalmente, para la instalación de una industria, en general, ésta debe obtener los siguientes certificados y permisos:

- Calificación técnica (Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente).
- Permiso Municipal de Edificación (Municipalidad).
- Informe sanitario (Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente).
- Patente Municipal definitiva (Municipalidad).

Para la obtención de cada uno de estos certificados, es necesario previamente obtener una serie de otros permisos, dependiendo del certificado solicitado.

Las industrias que iniciaron sus funciones con anterioridad a 1992, deben obtener el certificado de calificación técnica, para verificar que están de acuerdo con el Plan Regulador de Santiago.

Actualmente toda industria nueva (inicio de actividad posterior a 1992), debe cumplir con estos certificados, ya que de otra manera ni siquiera puede iniciar las obras de construcción. Sin embargo, no existe un plan de fiscalización que verifique periódicamente, que las condiciones ambientales, sanitarias y de seguridad ocupacional se cumplan con la misma intensidad. Por este motivo, se ha verificado en las visitas realizadas, que hay empresas que una vez aprobado su informe, prácticamente se han desentendido de la seguridad ocupacional, y de la medidas ambientales.

## **9.1. Certificado de calificación técnica**

Para la solicitud de esta Calificación Técnica, las industrias deben llenar el formulario correspondiente en la oficina de partes del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, Av. Bulnes 194 acompañándolo de los siguientes antecedentes:

- Plano de planta del local, con distribución de maquinarias y equipos.
- Características básicas de la edificación.
- Memoria técnica de los procesos.
- Diagramas de flujos.
- Anteproyecto de medidas de control de contaminación del aire, manejo de RILES, manejo de RISES y control de ruidos.
- Anteproyecto de medidas de control de riesgos y molestias a la comunidad.

Cabe hacer notar que este certificado se debe solicitar cuando la industria aún no se construye, y sólo se tiene el proyecto de Ingeniería básica y algunos componentes con Ingeniería de detalles. En el anexo A-2, se incluyen los parámetros necesarios para ser considerado como industria inofensiva.

## **9.2. Informe Sanitario.**

Para la obtención de una evaluación de Informe Sanitario, se debe retirar las solicitudes y formularios pertinentes en la oficina del SESMA, llenarlos y devolverlos exclusivamente al SESMA.

Para obtener el informe sanitario, el industrial debe cumplir los siguientes requisitos:

- Solicitud de informe sanitario (SESMA).
- Declaración de capital simple inicial.
- Instructivos exigencias generales y específicas.
- Clasificación de zona (Dirección de Obras Municipales).
- Informe de cambio de uso de suelos (Servicio Agrícola Ganadero).
- Pago e inspección.

Para certificar el cumplimiento de las normas ambientales y sanitarias, al momento de presentar el certificado de informe sanitario, se debe presentar los siguientes documentos:

- Plano local con distribución de máquinas y propiedades colindantes.
- Comprobante de pago de agua potable y alcantarillado red pública (Empresa Sanitaria).
- Autorización sanitaria para sistemas de agua potable y alcantarillado particular, cuando no exista red pública (SESMA).
- Informe de muestreos isocinéticos de material particulado de fuentes fijas (Calderas, hornos, etc.) cuando corresponda (Empresa Registrada).

- Certificados de instaladores registrados en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, de las instalaciones eléctricas y de gas (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).
- Autorización de aprobación del tratamiento y disposición de residuos industriales sólidos (SESMA).
- Aprobación de proyecto y recepción de obras de sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos (SISS).
- Aprobación de proyecto y recepción de obras de sistemas de tratamiento de aguas servidas particulares (SESMA).
- Resolución autorización de casino, empresas sobre 25 empleados (Programa Control de Alimentos del SESMA).
- Certificados de revisiones y pruebas de generadores de vapor (SESMA-PROCEFF).
- Certificados y pruebas de autoclaves (SESMA-PROCEFF).
- Certificados de operadores de radiaciones ionizantes (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- Certificados de operadores de calderas industriales y calefacción (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- Licencias de operación generadores de radiaciones ionizantes (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- Licencia de conducción equipos de transporte (Departamento Tránsito Público Municipalidad Respectiva).
- Informe de detección, evaluación y control de riesgos (Mutual de Seguridad y SESMA).
- Oficio aprobación del reglamento interno de higiene y seguridad (SESMA).
- Acta de constitución comité paritario higiene y seguridad, empresas sobre 25 empleados (Inspección del Trabajo de La Dirección del Trabajo).
- Contrato experto en prevención de riesgos, empresas sobre 100 empleados.
- Comprobante pago de cotizaciones de seguro (Mutual de Seguridad e Instituto de Normalización Previsional).

El informe sanitario tiene carácter de obligatorio para todas las empresas, se debe solicitar una vez iniciada las actividades de producción de la industria, es decir, cuando la industria ya se encuentra operativa. Por esto se hace muy importante tener un informe sanitario favorable, ya que de otra manera no se puede funcionar. En el caso de tener informe sanitario desfavorable, es preciso regularizar la situación (arreglar las falencias) lo más rápido posible y solicitar de nuevo el informe sanitario, ya que de lo contrario el SESMA tiene la facultad de dar permiso de no funcionamiento, en forma indefinida, hasta que se apruebe el informe sanitario.

### 9.3. Permisos Municipales

Para solicitar permiso de edificación o modificación física de la planta, la Municipalidad solicitará un listado de documentos que se deberán adjuntar y que deberán solicitarse en diferentes reparticiones de servicios:

- Patente Profesional al día
- Informe de calificación de Salud del Ambiente (SESMA o en los Servicios de Salud Jurisdiccionales).
- Factibilidad de Agua Potable (En el servicio sanitario al cual se le deberá presentar un Proyecto).
- Certificado de la Superintendencia de Servicio Sanitarios sobre residuos industriales líquidos (SISS).
- Certificado de densidad de carga de combustible (si procede), para verificación de estructuras metálicas, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Planos y memoria de Cálculo y Memoria.
- Adjuntar número de trabajadores separados por sexo.
- Plano señalando sistema de prevención de riesgos, salidas de emergencia y extintores.
- En el Plano General de la planta, señalar estacionamientos y áreas verdes.
- En planos de arquitectura verificar e indicar sistema de ventilación.

### 9.4. Plan de Fiscalización

La fiscalización debe realizarse por personal calificado dependiendo del tipo de industria a fiscalizar. El inspector debe llevar un formulario personal en el cual debe tomar nota de los puntos más relevantes que han sido evaluados en la calificación técnica y en el informe sanitario.

Para la evaluación de la visita, se debe considerar la relevancia de algún posible problema frente al global de la industria, de tal manera de no detener la actividad productiva por un problema menor.

En lo posible, el inspector debe acreditar el problema detectado con argumentos y documentación objetiva.

Si el resultado de la visita de fiscalización fuese negativo, se debe primero amonestar la industria y otorgar un plazo razonable para solucionar el problema detectado. Si la infracción prosigue acabado el plazo, entonces la industria queda dispuesta para recibir sanciones más estrictas, tales como multas. Si el problema detectado es de alta relevancia ambiental y afecta a la comunidad vecina, entonces se debe clausurar la industria.

Tales puntos relevantes, para el sector fundiciones, se ha estimado que sean los siguientes, con énfasis en los puntos interiores:

- Condiciones sanitarias:



- Agua potable (suministro y alcantarillado)
- baños, casinos (cantidad, higiene y limpieza)
- ambiente laboral (contaminantes en el aire del recinto)
- Bodegas calificadas
  - Materiales peligrosas (incombustible, ventilada, alarmas)
  - Materiales no peligrosas (ventilada, antífama)
- Especificaciones de los equipos
  - Insumos necesarios (consumos)
  - Características (potencias, calores, etc.)
- Equipamiento en buen estado (Control de Fugitivas)
  - Mantenciones al día
- Manejo de materias primas (Control de Fugitivas)
  - Tratamiento (limpieza, triturado)
  - Selección (aquellas que minimizan residuos)
- Medidas de seguridad
  - Generales (extintores)
  - Personales (cascos, guantes, etc.)
  - Operadores calificados
  - Control de riesgos
  - Uso del reglamento interno
- Tratamiento y manejo de residuos
  - Sólidos (disposición y transporte)
  - Líquidos (composición y caudales)
  - Gaseosos (concentraciones, caudales)
- Sistemas de control
  - Proceso (medidores, válvulas.)
  - Residuos (medidores, transportadores)

Al final de la visita de fiscalización, los datos tomados son evaluados en comparación con aquellos datos declarados al momento de solicitar el informe sanitario. En base a esto, se determina si la empresa se ha preocupado de su problema ambiental.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, en las empresas fabricantes de productos de cemento y hormigón se pueden distinguir como problemas principales, en importancia decreciente, los siguientes :

- Emisiones de material particulado: fugitivas mayormente
- Ruidos
- Tratamiento y disposición de efluentes líquidos

Se puede inferir, no obstante, que la gran mayoría de las dificultades ambientales presentes en las empresas elaboradoras de productos de cemento y hormigón tienen soluciones sencillas, que parten por desarrollar **buenas prácticas** como las descritas en los capítulos anteriores. En este sentido, es conveniente revisar las sugerencias y los antecedentes recogidos en este informe y completarlos con la experiencia práctica de los industriales.

Además, se pueden establecer las siguientes conclusiones específicas:

1. La realización de auditorías ambientales y energéticas permite determinar puntos o procesos en los cuales la eficiencia no sea óptima, centrándose en aquellas soluciones prioritarias y específicas.
2. Se deben emplear equipos de tratamiento sólo cuando se hayan agotado las opciones preventivas en la fuente generadora, generalmente más sencillas y de menor costo.
3. Los sistemas de gestión presentados permiten reducir las emisiones contaminantes y mejorar la eficiencia de la producción, con lo que se reducen los costos operacionales.
4. Las medidas de referencia que se han propuesto son de especial interés para evitar en forma sencilla la contaminación, evitando la implementación de nuevos sistemas o tecnologías mal dimensionados. En este sentido se ha pretendido establecer parámetros con los cuales verificar los dimensionamientos de los equipos.
5. Las tecnologías limpias se refieren a nuevos equipos (mezclador automático), procesamientos diferentes (chancado vía húmeda), o nuevos insumos (agentes liberadores de molde basados en agua).
6. Si bien las empresas mayores han implementado o están implementando medidas concretas para mejorar su desempeño ambiental, todavía existe una importante masa de empresas que no lo ha hecho, y es más, se encuentra desorientada incluso respecto de las normativas y permisos ambientales necesarios para su funcionamiento.

7. De acuerdo a lo visto en terreno por el consultor, este rubro cuenta con los recursos adecuados, en términos de personal, tecnología, recursos materiales y financieros; para mejorar significativamente su desempeño ambiental.
8. Se considera por otra parte que existe una importante oportunidad de diferenciación respecto de la competencia, mediante la demostración de una auténtica preocupación ambiental. Esto es válido también para la competencia con empresas pequeñas e informales. En este punto destacan los esfuerzos de algunas empresas por implementar sistemas de gestión ambiental, que los lleven a certificaciones a futuro, importantes para competir en un mercado global.
9. Una recomendación importante para el sector industrial, es la adopción de un Programa de Producción Limpia. La Producción Limpia (PL) es una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y del medio ambiente, y elevando simultáneamente la competitividad. Esto es, la prevención de la contaminación mediante soluciones innovadoras. La PL se traduce en una serie de acciones tendientes a minimizar emisiones (volumen y toxicidad), aumentar la eficiencia de los insumos, y reciclar en la planta (o fuera de ella). Actualmente en Chile, se está impulsando esta política como Política de Gobierno.
10. Finalmente como recomendación para las autoridades y el sector industrial relacionado con la construcción en el país, es posible plantear las ventajas de estimular la prefabricación y premezclado de los productos de cemento y hormigón en plantas, en lugar de los elaborados in situ en las obras de construcción, que no internalizan los costos sociales de su actividad.

## 11. BIBLIOGRAFIA

1. ONDAC, El Manual De La Construcción. Edición 203. Agosto 1997. CECON.
2. Boletín Estadístico, Cámara Chilena de la Construcción, Junio de 1997, N° 287.
3. Minería Chilena, Año 17, N° 193, Julio de 1997.
4. Estudio del Plan Maestro Sobre Manejo de Residuos Sólidos Industriales en la Región Metropolitana de la República de Chile, Informe Final Volumen II (S), Kosukai Kogyo Co. Ltd. Ex. Corporation, Marzo 1996.
5. Proposición de un Plan para la Regulación de la Disposición Final de Residuos provenientes de las Actividades de la Construcción en la Región Metropolitana, Informe final, Electrowat, Octubre 1994.
6. Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana, Comisión Nacional del Medio Ambiente, 25 de Julio de 1997.
7. EPA, Air Pollution Engineering Manual, AP-42, Capítulos 11.12, 11.19, 11.20, 13.2.3, 13.2.4.
8. Zabaleta, Hernán: Compendio de Tecnología del Hormigón, I.CH.C.H.,1988, Editorial Universitaria.
9. EPA, Batnec Guidance Note for Asbestos, Glass and Mineral Fibre Sector, 1994.
10. INTEC, Fichas sobre implicancias ambientales, N° 27, 1997.
11. EPA, Profile of the Stone, Clay, Glass, and Concrete Industry, EPA 310-R-95-017, 1995.
12. Doménech, Xavier: Química Ambiental, el impacto ambiental de los residuos, Miraguano ediciones, 2ª edición, 1994.
13. Buonicore and Davis (editores): Air Pollution Engineering Manual, Editorial Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
14. Revista: Industry and Environment, Vol. 19, N° 2, Abril-Junio 1996, Publicación de PNUMA-IMA.
15. TESAM S.A.: Análisis técnico-económico de la aplicación de la norma técnica relativa a emisión de riles a sistemas de alcantarillado. Informe final. Julio de 1997.

- 16.CEPAL: Principales emisiones de contaminantes atmosféricos y algunos medios para su control. El caso de Chile. Documento elaborado por CEPAL/PNUMA y Alejandro Steiner. Julio de 1991.
- 17.Directorio Induambiente. Edición 96/97. Guía de descontaminación industrial y recursos energéticos.
- 18.Guía Empresarial del Medio Ambiente, 1997. CONAMA-CORFO-SESMA y otros. Andros Impresores.
- 19.Catálogo Técnico de Productos. Adicret. Polchem S.A.
- 20.Papers provenientes de INTERNET, varios autores 1997.
- 21.Papers obtenidos de la base de datos de STN International, 1997.
- 22.INE, Enfermedades profesionales. Investigación histórica. 1941-79.
- 23.Dr. Hernán Oyanguren: Epidemiología de la silicosis. Chile, 1967.