



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

DESARROLLO DE METODOLOGÍA PARA CALIFICAR EL DESEMPEÑO DE LAS PLANTAS DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL

**DESARROLLO DE METODOLOGÍA PARA CALIFICAR EL DESEMPEÑO DE LAS PLANTAS DE HORMIGÓN PREMEZCLADO DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**ROMINA MARÍA CERDA SEPÚLVEDA.**

**PROFESOR GUÍA:  
FEDERICO DELFÍN ARIZTÍA**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
DAVID CAMPUSANO BROWN  
YURI TOMICIC CALVO**

**SANTIAGO DE CHILE**

**ENERO 2007**

<b>1</b>	<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>3</b>
1.1	DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL HORMIGÓN PREMEZCLADO	3
1.2	MARCO TEÓRICO	5
1.3	ESCENARIO ACTUAL	11
<b>2</b>	<b><u>MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL</u></b>	<b>22</b>
2.1	<b>MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS</b>	<b>22</b>
2.1.1	DESCRIPCIÓN	22
2.1.2	SOLUCIONES Y/O RECOMENDACIONES	23
2.1.3	MARCO LEGAL APLICABLE	42
2.1.4	SITUACIÓN ACTUAL EN CHILE	44
2.2	<b>MANEJO DEL AGUA</b>	<b>45</b>
2.2.1	PREÁMBULO O DESCRIPCIÓN	45
	• AGUA SUPERFICIAL	45
	• AGUAS LLUVIAS	45
	• AGUAS RESIDUALES	45
2.2.2	SOLUCIONES Y/O RECOMENDACIONES	47
	• AGUA SUPERFICIAL	47
	• AGUAS LLUVIAS	47
	• AGUAS RESIDUALES	50
2.2.3	MARCO LEGAL APLICABLE	53
2.2.4	SITUACIÓN ACTUAL EN CHILE	55
2.3	<b>OTRAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>56</b>
2.3.1	EMISIONES AL AIRE	56
2.3.1.1	Descripción	56
2.3.1.2	Soluciones y/o Recomendaciones	60
2.3.1.3	Marco Legal Aplicable	63
2.3.1.4	Situación Actual en Chile	66
2.3.2	RUIDO	67
2.3.2.1	Descripción	67
2.3.2.2	Solución y/o Recomendaciones	67
2.3.2.3	Marco Legal Aplicable	68
2.3.2.4	Situación Actual en Chile	70
<b>3</b>	<b><u>COSTOS</u></b>	<b>71</b>
3.1.1	ASOCIADOS AL MANEJO DE DESECHOS Y AGUAS	71
3.1.2	OTROS COSTOS	76
<b>4</b>	<b><u>CONCLUSIONES Y COMENTARIOS</u></b>	<b>77</b>

<b>5</b>	<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b>83</b>
<b>6</b>	<b><u>ANEXOS.....</u></b>	<b>87</b>
<b>6.1</b>	<b>REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....</b>	<b>87</b>
<b>6.2</b>	<b>MEJORES PRÁCTICAS PARA EL MANEJO DE EXCESOS DE AGUAS LLUVIAS. 92</b>	
6.2.1	ESTANQUES DE RETENCIÓN.....	92
6.2.2	ESTANQUES HÚMEDOS.....	94
6.2.3	ZANJAS DE INFILTRACIÓN.....	96
6.2.4	CUENCA DE INFILTRACIÓN. ....	97
6.2.5	PAVIMENTO POROSO. ....	98
6.2.6	FILTROS DE ARENA. ....	99
6.2.7	CANAL DE HIERBAS.....	100
<b>6.3</b>	<b>DETALLE DE SISTEMAS DE RECICLAJE (BIBKO). ....</b>	<b>101</b>
<b>6.4</b>	<b>PROBLEMAS A TENER EN CUENTA EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN. ....</b>	<b>108</b>
6.4.1	DESECHOS EN GENERAL Y RESIDUOS PELIGROSOS. ....	108
6.4.1.1	Descripción.....	108
6.4.1.2	Soluciones y/o Recomendaciones. ....	108
6.4.1.3	Marco Legal Aplicable. ....	109
6.4.1.4	Situación Actual en Chile.....	112
6.4.2	MANEJO DE COMBUSTIBLES, LUBRICANTES Y PRODUCTOS QUÍMICOS....	113
6.4.2.1	Descripción.....	113
6.4.2.2	Solución y/o Recomendaciones. ....	113
6.4.2.3	Marco Legal Aplicable. ....	115
6.4.2.4	Situación Actual en Chile.....	116
<b>6.5</b>	<b>CHECK LIST. ....</b>	<b>118</b>

# **1 Introducción.**

## **1.1 Desarrollo de la Industria del Hormigón Premezclado.**

### **Antecedentes Históricos:**

El desarrollo de la Industria hormigón ha ido de la mano, a través del tiempo, con la industria del cemento.

Existen hallazgos que permiten afirmar que una de las primeras construcciones en material aglomerante u hormigón rudimentario (unión de tierra caliza, arena, gravas y agua) son de hace 7.500 años. Esta mezcla fue utilizada para el piso de las chozas de un pueblo en las riveras del río Danuvio en Yugoslavia.

La construcción de las pirámides de Cheops, en Egipto, hace 4.500 años, da cuenta de la utilización de un mortero, fabricado con yeso calcinado impuro y arena. También se encontraron obras de Romanos y Griegos en las que utilizaban la cal como aglomerante.

También en Latinoamérica (Pueblos Mayas, Aztecas) existen pruebas del uso del hormigón en base a piedra aglomerada con suelo volcánico, cal y agua

Hasta el siglo XVIII se habla de escasos avances, y es en 1759 cuando el Ing. John Smeaton encargado de la reconstrucción del “Faro de Edystone” en Inglaterra, realiza estudios que mejoran la calidad de los morteros que se traducen en un impulso a la construcción en hormigón.

En 1826 se instala la primera fabrica de cemento en Inglaterra.

En 1837 se hace la primera construcción en la cual se emplea hormigón a gran escala, casa construida por John Bazley White en Londres.

La revolución en la industria del hormigón se debe a un invento en **1903**, en la ciudad de Hamburgo, Alemania, **el Ing. Juergen Hinrich Magens, hizo transportar el primer metro cúbico de hormigón, producido en una planta mezcladora estacionaria, en un vehículo especial tirado por caballos hacia una obra distante 11 Km.** El inventor llamó al producto: hormigón transportado y recibió el registro de la patente, por parte de la oficina alemana de patentes. (Ref. 41)

La idea de transportar una mezcla de agregados, pegante y agua, en estado fresco, hacia una obra fue planteada por el Ingeniero Inglés Deacon, quien vislumbró las ventajas que ello traería; pero los alemanes convirtieron la idea en un hecho. (Ref. 41)

**En 1906, Magens descubrió que el hormigón fresco, enfriado/ vibrado, permite un transporte más largo; y ese fue su invento más importante.** El inventor consiguió por sus descubrimientos tres patentes, la última de ellas en enero 6 de 1907. **Posteriormente instaló 4 plantas mezcladoras de hormigón, las primeras de todo el mundo y de esta manera el método fue empleado y los constructores empezaron a aprovechar el nuevo sistema.** (Ref. 41)

## 1.2 Marco Teórico.

### Descripción del Proceso de Producción de Hormigón Premezclado:

El proceso comienza con la entrada de los camiones a la jornada (se citan a los operadores de mixer por turnos programados), estos pasan a cargar a la planta (ingreso a la manga), existen dos tipos de plantas de hormigón, las plantas dosificadoras y las mezcladoras. **Las plantas dosificadoras** agregan los áridos, los aditivos, el agua y el cemento al camión para que este los mezcle, generalmente, para pedidos grandes ( $7.5 \text{ m}^3$ ) es necesario más de una carga (la capacidad de las balanzas es menor a  $7 \text{ m}^3$ ) lo que hace que las plantas dosificadoras sean más lentas. **Las plantas mezcladoras** tienen la capacidad de mezclar todo el material de una vez, lo que hace que el tiempo que se demora en pesar el material, no se traspase en espera al camión mixer, ya que este solo requiere el tiempo necesario para cargar la mezcla toda de una sola vez. (Ref.42)

En la etapa de carga, a cada operador se le entrega una guía de despacho con un sello y se carga el camión mixer con hormigón premezclado, con las dosificaciones adecuadas de áridos, cemento y aditivos, pero se agrega menos del agua indicada por la fórmula, para que el operador del mixer sea quien “ajuste el cono” (agregue agua en cantidades adecuadas para que el pedido cumpla con las especificaciones del cono de Abrams). (Ref.42)

A continuación, el operador coloca el camión mixer bajo a plataforma de preparación del cono, para ajustar este (agregar el agua necesaria para aprobar el control de calidad del cono de Abrams en planta, debe contemplar el agua que se pueda evaporar en el trayecto). Una vez ajustado el cono, el operador coloca el sello en la canoa del camión y pasa al proceso siguiente, que corresponde al pesaje en romana, si esta se encuentra vacía, el proceso se limita al camión mixer pasando lentamente por la romana, pero existe, en

una de las plantas estudiadas, un doble uso para la romana, ya que por ella deben pasar los camiones que proveen áridos a las plantas y los camiones mixer antes de dirigirse a la obra. (Ref.42)

Luego de completar el pesaje, comienzan los procesos externos, esto incluye los viajes de la planta hacia la obra, descarga del hormigón en la obra y viaje de regreso a la planta. (Ref.42)

Finalmente el proceso termina con la llegada del camión mixer a la planta, donde el operador lava el tambor del mixer antes de comenzar el ciclo de nuevo. (Ref.42)

En las siguientes figuras N° 1, 2 y 3 es posible observar el proceso del hormigón premezclado.

**Fig. N° 1 : Proceso del Hormigón Premezclado.**

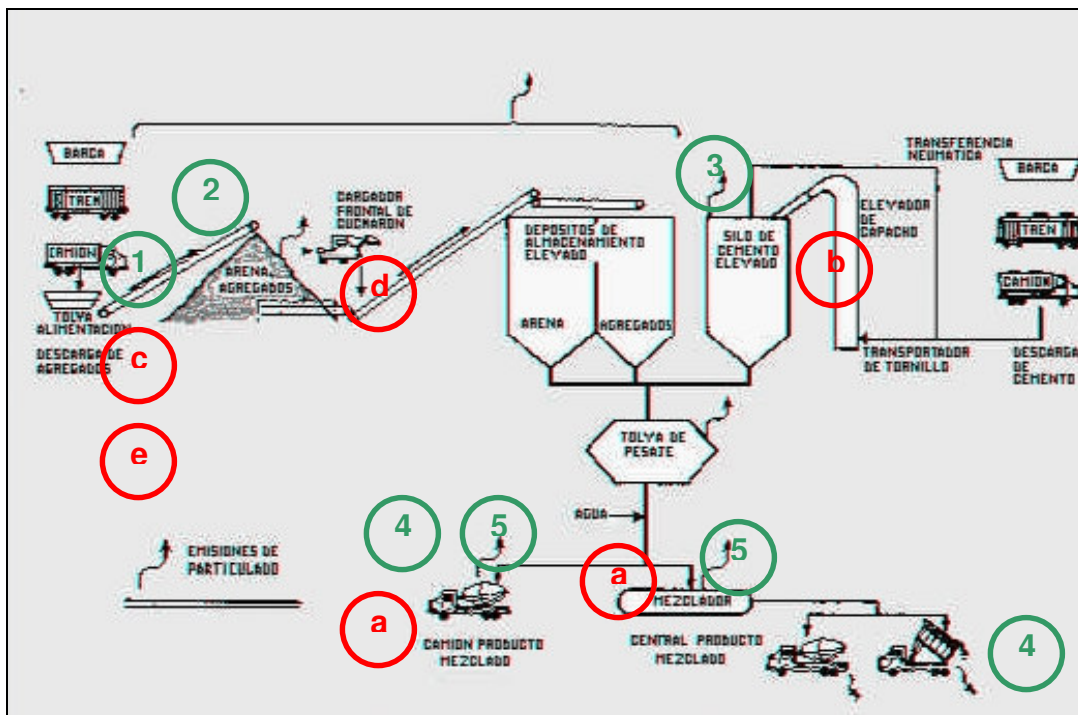
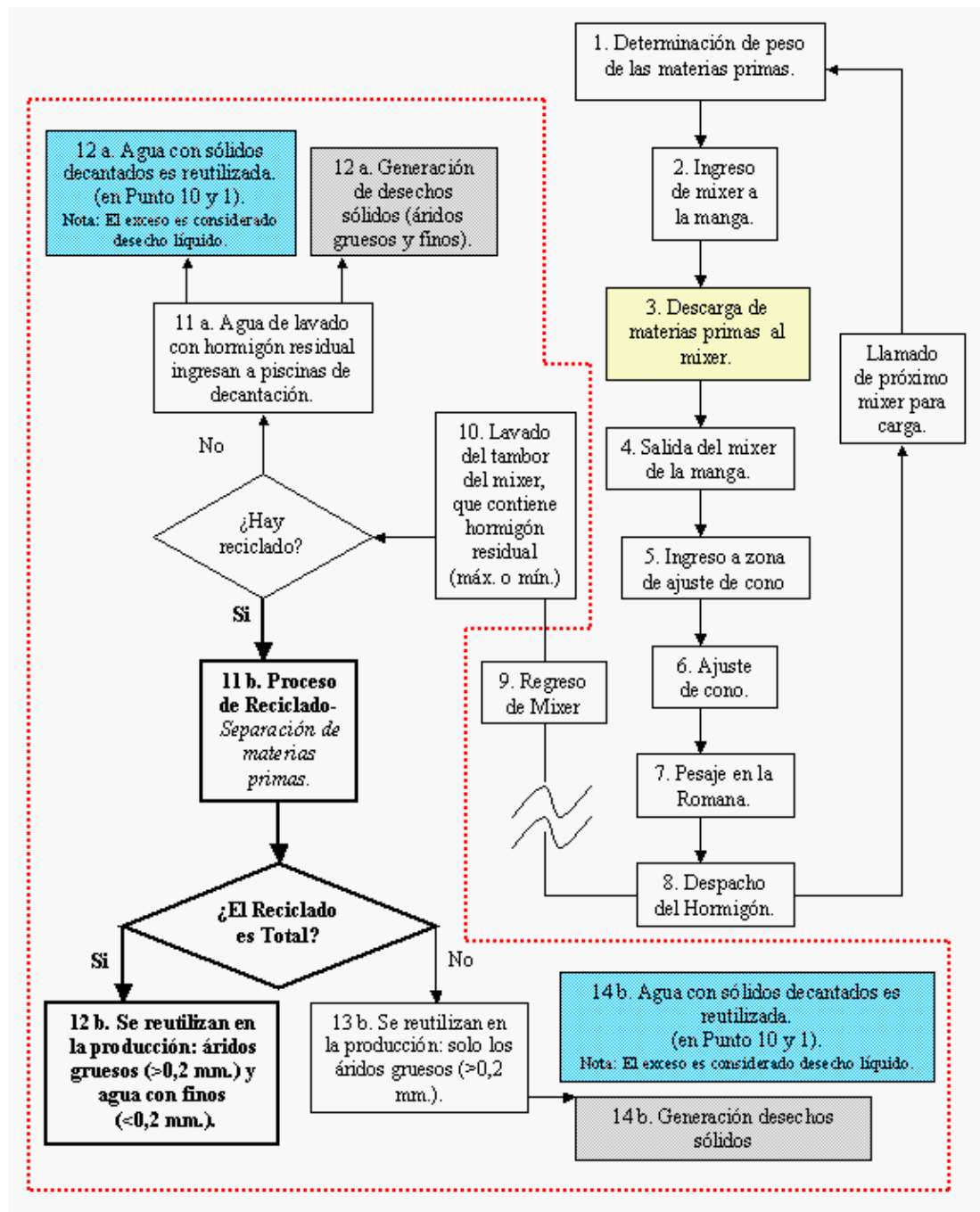
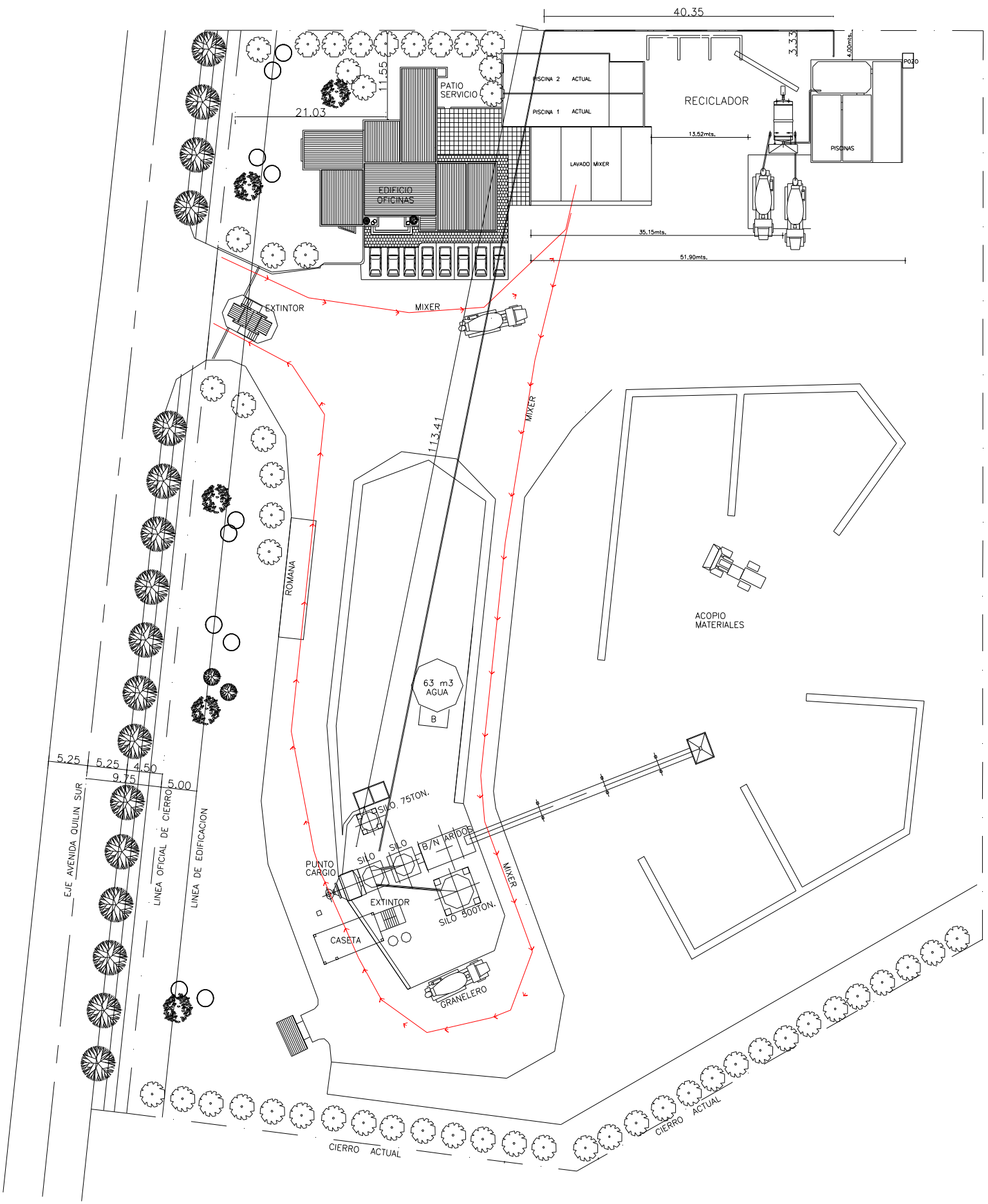


Fig. N° 2 : Diagrama de Flujo del Proceso del Hormigón Premezclado.





**Figura N° 3 : Layout de una Planta de Hormigón Premezclado.  
(Escala Esquemática)**



En la Figura N° 1 se puede observar los tipos de transporte que traen las materias primas. Estas pasan por acopios, cintas transportadoras, silos, hasta llegar a la tolva de pesaje para ser vaciados al camión mixer y luego despachados a obra. En todo este proceso, y por la naturaleza de las materias primas, se generan problemas de contaminación ambiental ( ruido, emisión de polvo, desechos). Se han destacado en color verde y con números los lugares donde la contaminación es de material particulado y con rojo y letras cuando la contaminación es acústica.

En la Figura N° 2 el mismo proceso pero completando el ciclo, es decir lo que sucede una vez que el camión mixer vuelve a la planta. Se destaca en plomo la parte del proceso donde se generan desechos sólidos y en celeste cuando existe la posibilidad de generar desechos líquidos.

En la Figura N° 3 el camino que sigue un mixer en la planta.

### **1.3 Escenario Actual.**

Como se menciona en los párrafos anteriores, la producción de hormigón premezclado, siendo uno de los materiales básicos en la industria de la construcción hoy en día, no se encuentra exento de problemas asociados al medio ambiente.

Para tener una visión general actual y un bosquejo de los problemas que afectan a las plantas, se realizó un cuestionario llamado PEP<sup>1</sup> (Plant Environmental Profile), que, como su nombre en inglés lo dice, evalúa el perfil medio ambiental de las plantas de hormigón premezclado.

El cuestionario fue realizado a cinco plantas de la región Metropolitana que pertenecen a Pétreos<sup>2</sup>, de estas plantas, dos presentan una producción con valores cercanos a la alta ( Renca y Quilín con aprox. 220.000 m<sup>3</sup> al año ), y las tres restantes presentan producciones dentro del rango medio (Peñalolen, Quilicura y Lo Echevers con aprox. 110.000 m<sup>3</sup> al año).

Una vez en terreno, observando el proceso de las plantas y realizando el cuestionario PEP fue posible clasificar con más detalle en la Tabla N° 1, los procesos de las plantas de acuerdo a su impacto ambiental:

---

<sup>1</sup> Este cuestionario pertenece al grupo Holcim, grupo de origen Suizo, y uno de los principales accionistas a nivel mundial de la producción de cemento y hormigón premezclado.

<sup>2</sup> Pétreos es una empresa de Plantas de Hormigón que pertenecen al Grupo Polpaico, que a su vez pertenece a la empresa Suiza Holcim.

**Tabla Nº 1: Clasificación de Actividades del Proceso Según Impacto Ambiental.**

<b>Actividad</b>	<b>Tipo de Contaminación</b>	<b>Estrategia de Mitigación-Relacionado con Sección:</b>
<b>1. Transportes internos.</b>		
Áridos.	<b>Atmosférica (polvo, gases) , Acústica (ruido).</b>	Emisiones al Aire.
Cemento.		Contaminación Acústica.
Insumos varios.	<b>Atmosférica (polvo, gases).</b>	Emisiones al Aire.
<b>2. Procesos Internos</b>		
Manejo de áridos.	<b>Atmosférica (polvo), Acústica (ruido).</b>	Emisiones al Aire Contaminación Acústica.
Manejo de cemento.		
Movimiento interno de vehículos y equipos.		
Salidas de camiones mixer.		
Lavado de camiones de regreso	<b>Desechos Líquidos y Sólidos.</b>	Manejo de Desechos Manejo de Aguas

<b>Actividad</b>	<b>Tipo de Contaminación</b>	<b>Estrategia de Mitigación-Relacionado con Sección:</b>
<p>Faenas de mantención de equipos y vehículos.</p> <p>Almacenamiento de productos químicos para la producción de hormigón.</p>	<p><b>Desechos Químicos.</b></p>	<p>Manejo de Combustibles, Lubricantes y Productos Químicos</p>
<p><b>3. Manejo de imprevistos.</b></p>		
<p>Fallas de los camiones en el circuito de entrega.</p> <p>Imposibilidad de entregar un camión despachado.</p> <p>No encontrar el lugar de entrega.</p> <p>Despachos con mezclas equivocadas que impiden la entrega.</p>	<p><b>Desechos Líquidos y Sólidos.</b></p>	<p>Manejo de Desechos</p> <p>Manejo de Aguas</p>

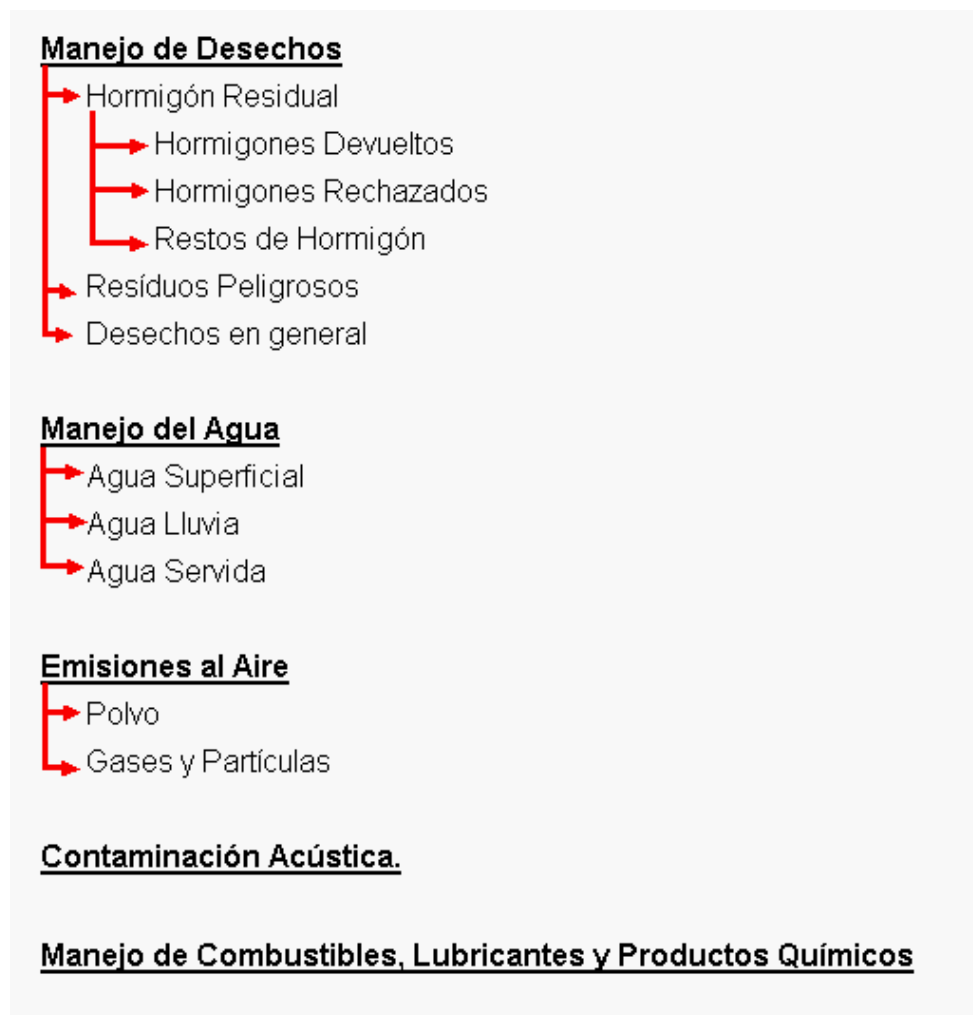
(\*) La estrategia se explica en las páginas posteriores.

Según la Tabla N° 1, los problemas asociados a las plantas de hormigón se pueden clasificar en cinco:

<u>Tipo De Contaminación</u>		<u>Nombre dado a la Sección</u>
1. Desechos Sólidos.	➔	1. Manejo de Desechos.
2. Desechos Líquidos	➔	2. Manejo del Agua.
3. Contaminación al Aire	➔	3. Emisiones al Aire.
4. Contaminación Acústica.	➔	4. Contaminación Acústica.
5. Desechos Químicos.	➔	5. Manejo de Combustibles, Lubricantes y Productos Químicos.

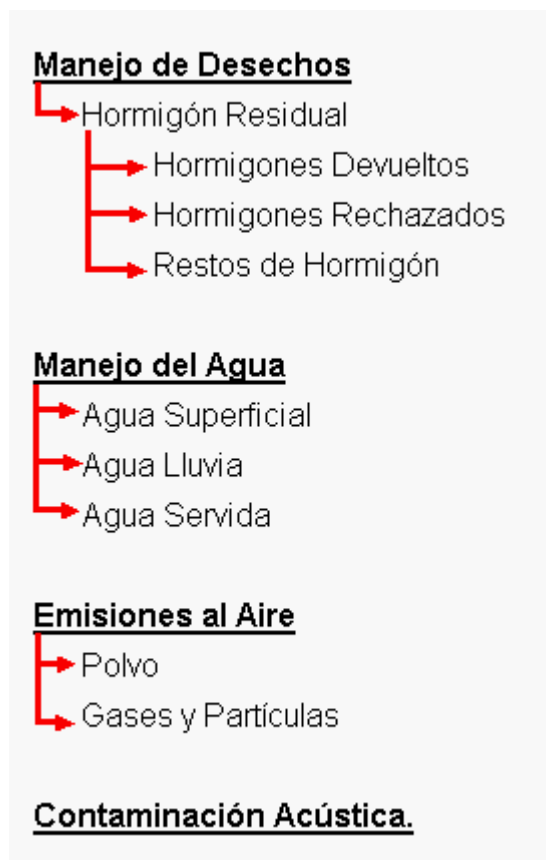
Cada una de estas Secciones, a su vez, puede ser subdividida, como se observa en la Figura N° 4 :

**Fig. N° 4 : Subdivisión de Problemas Ambientales.**



Teniendo en cuenta que tanto los Residuos Peligrosos, los Desechos en General y el Manejo de Combustibles, Lubricantes y Productos Químicos no son problemas particulares de las plantas de Hormigón Premezclado, dado que son comunes a otras empresas de producción. Se puede acotar el problema de las plantas de hormigón premezclado llegando al esquema de la Figura N° 5.

**Fig. N° 5 : Problemas Ambientales Acotados a las Plantas de Hormigón Premezclado.**



Una vez acotados los problemas típicos de una planta es posible inferir:

- El **Manejo de Desechos**, relacionado con el tratamiento del hormigón residual, es uno de los problemas que presenta menor avance, debido a que todavía se considera como una solución un proceso que emite desechos que



no tienen un uso definido, lo que ambientalmente no es considerado óptimo, debido a que existiendo la posibilidad, las materias primas no son reintegrados, esto se observa en el Diagrama de Flujo, Figura N° 2, se encuentran en color gris, puntos 12a y 14b.

- El **Manejo del Agua**, es un problema directamente relacionado con el Manejo de Desechos, debido que al optimizar el anterior, no existen los problemas, por ejemplo, de excesos de aguas servidas (Diagrama de Flujo, Figura N° 2, se encuentran en color celeste, puntos 12a y 14b).

- Tanto los problemas de **Emisiones al Aire** y la **Contaminación Acústica** debido al transporte, acopio y manejo de algunas de las materias primas (cemento, agregados gruesos y finos), se encuentran controlados de acuerdo a los estándares mundiales, según lo visto en el cuestionario PEP, de igual forma serán descritos, se nombrarán las soluciones que se han adoptado y se verá cual es la legislación aplicable.

En la actualidad, la mayoría de los Desechos Sólidos generados, son llevados a vertederos. Observando que la capacidad de estos sitios es limitada, y que la producción de la industria del hormigón en los últimos años va en aumento (ver gráfico N° 2), es posible suponer que nos acercamos a la misma situación de otros países, en los cuales los lugares para verter son cada vez menores, lo que hace que presenten costos más elevados, que aparte de significar un costo mayor de producción significa un mal aprovechamiento de lugares (reemplazar vertederos por: parques, zonas de cultivo, u otros espacios).

Así mismo el agua, otra materia prima del hormigón, por su carácter limitado, con el tiempo aumenta su costo. También, al utilizarla en procesos de lavados si arrastrada libremente, y esta contaminada (elevado pH por ejemplo), puede contaminar otras aguas superficiales o subterráneas,

perjudicar la vegetación adyacente, el suelo y animales que se pueden alimentar de esta vegetación.

Las soluciones que se verán en los próximos capítulos se relacionan directamente con la reutilización de estos desechos (líquidos y sólidos) como materias primas, estas soluciones han sido utilizadas en países que ya se han enfrentado con este problema.

### **Producción y Aspectos Económicos:**

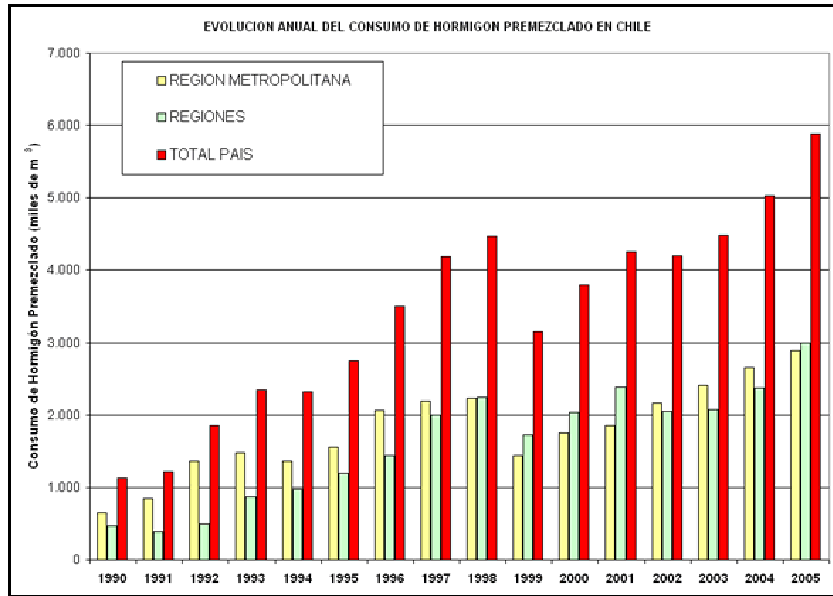
En relación a la producción de hormigón en Chile, se puede observar según la tabla N° 2, que el mercado del hormigón premezclado alcanzó un volumen de aprox. 6 millones de metros cúbicos en 2005, mostrando un crecimiento de 17% con respecto a 2004.

**Tabla N° 2: Despachos de Hormigón Premezclado( m³)**

<b>Año</b>	<b>Región Metropolitana</b>	<b>Otras Regiones</b>	<b>Total País</b>
1990	654.400	471.123	1.125.523
1991	838.302	385.213	1.223.515
1992	1.367.410	486.690	1.854.100
1993	1.481.353	867.523	2.348.876
1994	1.356.902	968.350	2.325.252
1995	1.550.941	1.196.610	2.747.551
1996	2.058.257	1.443.251	3.501.508
1997	2.187.706	1.994.588	4.182.294
1998	2.35.4290	2.240.495	4.475.985
1999	1.434.295	1.721.746	3.156.041
2000	1.753.025	2.040.522	3.793.547
2001	1.860.036	2.390.644	4.250.679
2002	2.043.868	2.158.844	4.202.712
2003	2.411.808	2.078.910	4.490.718
2004	2.657.797	2.374.542	5.032.339
2005	2.891.635	2.997.557	5.889.191

**Fuente: ACHEPH**

**Fig. Nº 6: Gráfico de Despachos de Hormigón Premezclado( m<sup>3</sup>).**



Considerando un crecimiento promedio del 13% se espera que para el 2006 la cantidad de hormigón despachada sea cercana a los 6.700.00 m<sup>3</sup>.

En Chile, los principales productores de hormigón en el país son los mismos fabricantes de cemento, que operan a través de filiales: Ready Mix S.A (de Cementos Bío Bío), Hormigones Premix S.A. (filial de Empresas Melón S.A.), Pétreos S.A. (filial de Cementos Polpaico S.A.) y Tecnomix S.A. (adquirida en 2005 por Cementos Bío Bío).

**Tabla Nº 3: Participación de Empresas en el Mercado del Hormigón.**

<b>Empresa \ Año</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Premix (Melón)	33.9%	32.3%
Pétreos (Polpaico)	31.7%	30.8%
Ready Mix (CBB)	24.3%	25.7%
Tecnomix (CBB)	9.0%	9.4%
Otros	1.1%	1.7%

Fuente: ICH y Cementos Bío Bío

Las empresas elaboradoras de productos de hormigón premezclado se ubican a lo largo de todo el país, pero existe una importante concentración de actividades en la Región Metropolitana.

Según análisis la inversión anual (en el año 2005 para el 2006) destinada por Pétreos en el área ambiental, corresponde a aprox. un 16% de las inversiones totales del grupo, esto significa que a lo largo del año 2006 serán destinados \$1.066.000 dólares a soluciones medioambientales.

Estas inversiones corresponden principalmente a: instalaciones de romana plataforma (para no exceder pesos de diseño de pavimentos), equipos recicladores, instalación bins para recepción de áridos, aislación y control del ruido.

#### **Legislación Aplicable:**

Para lograr los objetivos de la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA) se dotó a esta ley de una serie de instrumentos de gestión ambiental, entre los que se encuentra el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

A partir del 3 de Abril de 1997, los proyectos o actividades que se señale en el Art. 10 de la LBGMA (en la letra k está señalados los productores de material para la construcción), sólo pueden ejecutarse o modificarse, previa evaluación de su impacto ambiental, dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, que se sigue ante la Comisión Regional del Medio Ambiente respectiva ( o Comisión Nacional del medio ambiente en algunos casos). No oponiéndose esto último a la obtención de todos los permisos o pronunciamientos, definidos por el propio reglamento del SEIA, y que se requieren para el funcionamiento del proyecto o actividad (Ref. 9).

Específicamente para las plantas de hormigón premezclado, no existe un conjunto de leyes aplicables específicamente a las plantas de Hormigón Premezclado, las leyes que se indican en los capítulos siguientes corresponden a legislación general aplicable a industrias que generan desechos similares.

### **Objetivos Generales:**

1. Analizar y evaluar el impacto ambiental asociado a la industria del hormigón premezclado, considerando el proceso que realiza la planta, las etapas de manejo de insumos, dosificación, carguío de camiones mezcladores y manejo de desechos generados.
2. Generar un manual de procedimientos de producción limpia, considerando todas las etapas del proceso de fabricación de hormigón premezclado.

### **Objetivos Específicos:**

1. Identificar y cuantificar el impacto ambiental de cada etapa de la producción del hormigón fabricado en una planta de premezclado.
2. Entregar recomendaciones para:
  - Reutilizar desechos.
  - Alcanzar nivel mínimo de emisión de aguas residuales contaminantes.
  - Controlar la emisión de polvo y ruido.
3. Proponer Certificación de la calidad de una la planta, desde el punto de vista ambiental, de acuerdo a criterios internacionales que rigen en esta materia.

## **2 Medidas de Mitigación de Impacto Ambiental .**

### **2.1 Manejo de Desechos Sólidos.**

(Hormigón Residual).

#### **2.1.1 Descripción.**

El hormigón residual corresponde a:

- (1) Hormigones devueltos y/o rechazados: estos hormigones son devueltos o rechazados por: trabajabilidad, conos pasados, problemas de despacho y/o carguío, entre otros. Si estos no pueden ser arreglados para otro despacho, significa una ***pérdida total*** a menos que se utilice alguna forma de reutilización o reciclaje, si estos sí pueden ser arreglados se debe botar cierta cantidad lo que significa una ***pérdida parcial***, si esa cantidad botada no se reutiliza o recicla.
- (2) Restos de hormigón: corresponde al hormigón que queda después de la descarga completa del camión en obra y que se bota en el lavado de la betonera del camión en cada ciclo de retorno a la planta.

## **2.1.2 Soluciones y/o Recomendaciones.**

- **Soluciones para Hormigón Devuelto y/o Rechazado.**

Puede ser utilizado en cualquiera de las siguientes alternativas. Pero para ello debe tener un tiempo menor a 3 horas desde su estadía en obra (Referencia Pétreos).

### **Reutilizar.**

Las alternativas para el hormigón devuelto son:

- a) Producción de productos prefabricados como: bloques que aíslan del ruido, necesario en las plantas con entorno residencial o la lo largo de carreteras y caminos, bloques para cierres.
- b) Pavimentación de superficies en una Planta.
- c) Sistema Mecánico (Se explica en los párrafos siguientes).
- d) Descargar el hormigón al suelo, permitiendo que el hormigón endurezca en un área señalada, que debe ser impermeabilizada para no contaminar las napas subterráneas. Una vez endurecido quebrarlo para el uso como capa de carretera, base chancada. (Ref. 2).



- **Soluciones para Hormigón Residual.**

Este hormigón es el hormigón devuelto y/o rechazado, más los restos de hormigón que queda adherido a la betonera.

Se verán tres tipos de soluciones; solución mediante **Sistema Mecánico**, **Sistema Químico** y **Sistema No mecánico**.

**Sistema Mecánico (Recicladores).**

El Reciclado del hormigón en estado plástico ha sido un modelo tecnológico a seguir, en términos ecológicos, que se ha ido imponiendo en los últimos 20 años (Ref. 16).

El objetivo de los sistemas de reciclado de hormigón es separar (en hormigones todavía no fraguados) los áridos gruesos de los materiales finos y ultra-finos. Como resultado, quedan los áridos gruesos ( mayores a 0,2 mm.) separados de el agua residual, que es una mezcla de agua, cemento y finos de granulometría máxima aprox. 0.20 mm. (Ref. 16).

Un requisito que los áridos deben cumplir, es que deben estar libres de cemento después de haber pasado por el sistema de reciclado. De este modo pueden ser mezclados de nuevo con áridos limpios para ser reinsertados en la producción (Ref. 16).

Según el diseño del reciclador, los áridos pueden ser seleccionados por el mismo equipo o se le puede adicionar un sistema de selección de áridos (harnero) (Ref. 16).

### ***Funcionamiento del Sistema Mecánico:***

Los materiales residuales son introducidos en un reciclador a través de una tolva de recepción. Desde éste punto en adelante, todos los sistemas de reciclado se rigen por el mismo principio físico. El movimiento mecánico de los materiales residuales, bañándolos en agua, para separar el cemento y las partículas finas hasta 0,20 mm. de las partículas superiores a éste tamaño (Ref. 16).

El exceso de agua servida, que transporta la pasta de cemento y las partículas finas, fluye hacia una piscina. Las partículas mayores que 0,20mm. se quedan en el reciclador, sedimentando, para ser descargadas posteriormente en un receptáculo para su reutilización (Ref. 16).

Según el diseño del reciclador, los áridos pueden ser seleccionados por el mismo equipo o se le puede adicionar un sistema de selección de áridos.

Se debe destacar que una de las ventajas del sistema mecánico es que permite recuperar áridos que se pierden por:

- Limpieza de buzones.
- Caída desde buzones y cintas (balanza de áridos, entrada al mezclador).
- Limpieza de canchas de acopio y contaminaciones de acopios.
- Restos de muestras de laboratorios.

Según estimaciones, estas pérdidas pueden corresponder a un 0,2% de la producción de hormigón.

Aunque este sistema está basado en el uso de recicladores, se puede hacer una subdivisión que es solo una variante en la parte final del proceso.

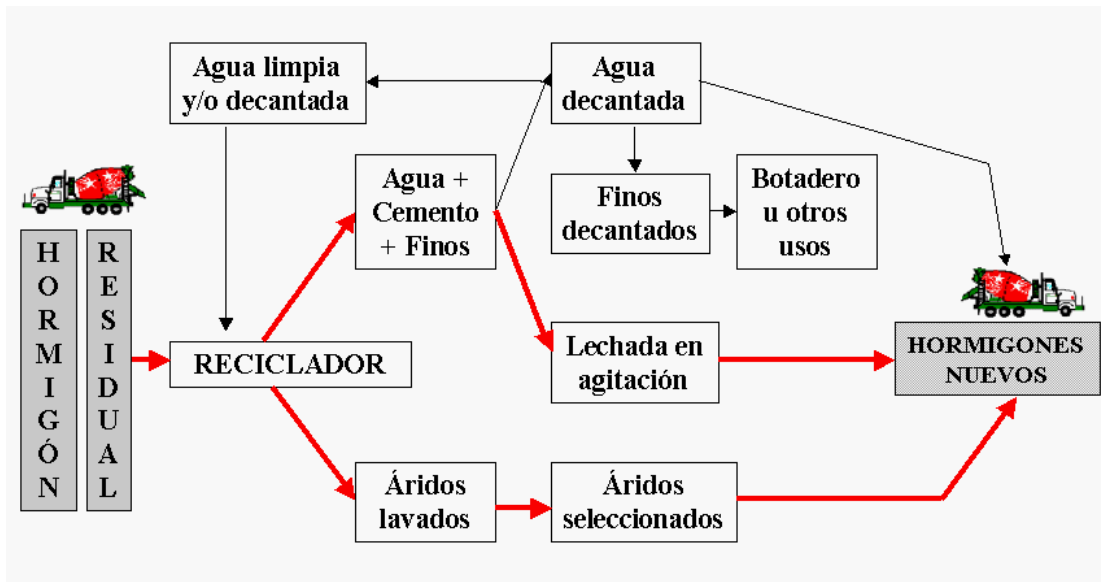
**Reciclado Parcial:**

Solo se reutilizan los áridos gruesos: gravas, arenas gruesa y media mayores a 0,20 mm.

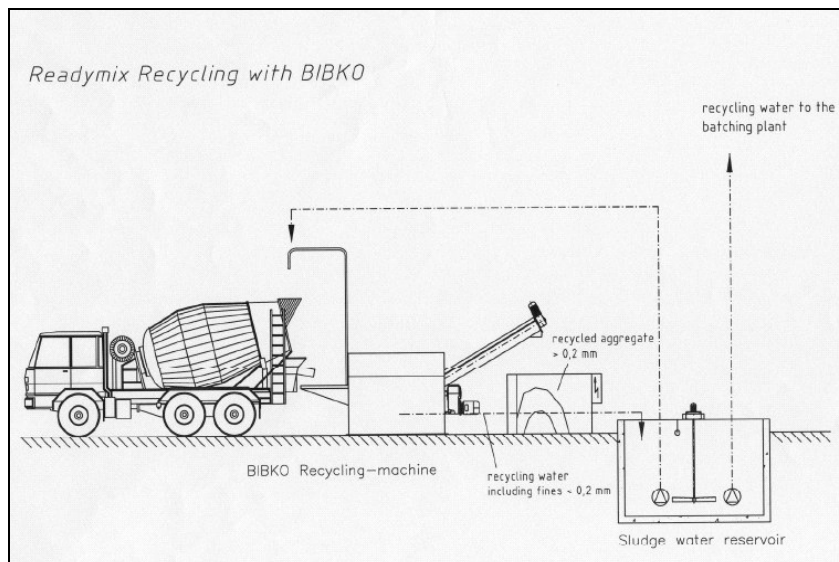
**Reciclado Total o Reciclado 100%:**

Se reutilizan los áridos gruesos y también arenas finas y finos.

**Fig. Nº 7: Resumen del Sistema Mecánico.**



**Fig. Nº 8: Sistema de Reciclado.**



### ➔ **Reciclado Parcial.**

El agua residual llega a la piscina y se realiza un proceso de decantación. Para este sistema suelen utilizarse tres piscinas.

#### **Ventajas:**

- ✓ Ahorro de agua: Se puede reutilizar el agua decantada para el lavado del tambor de los camiones, o para el mismo reciclador quedando un circuito cerrado.

#### **Desventajas:**

- × Inversión Mayor en comparación a los sistemas Químicos y no Mecánicos.
- × Debido a la sedimentación, queda un lodo depositado en el fondo de las piscinas de decantación, que no tiene un uso definido, que no es una solución completa de reciclado.
- × Se debe tener precaución en mantener bajo el caudal de agua, porque mientras mayor es este caudal, mayor es la velocidad de paso del agua de una piscina a otra, lo que hace mayor la cantidad de finos en el último depósito, un agua “ menos no limpia” y un mayor numero de limpiezas.

### ➔ **Reciclado Total:**

Es cuando se cuenta con un agitador en la piscina donde llega el agua residual. Se mantiene a las partículas ( menores a 0,2 mm.) en suspensión para prevenir la sedimentación y se obtiene una densidad homogénea del agua residual dentro de la piscina.

**Fig. N° 9: Agitador.**



**Ventajas:**

- ✓ Ahorro de espacios para vertido de productos de desecho: No se deben transportar los materiales sólidos para su depósito en vertederos.
- ✓ La reutilización del agua residual es interesante en hormigones en que se utiliza arena con bajo contenido de ultra finos. Hace al hormigón más bombeable, aumenta trabajabilidad en hormigones pobres, y disminuye los vacíos.(Ref. 14)
- ✓ Ahorro de agua: el agua mantenida en suspensión y de densidad controlada se puede utilizar en un 100% para la producción de nuevo hormigón.
- ✓ Permite reutilizar todos los componentes del hormigón residual.

**Desventajas:**

- × Se tienen antecedentes que en la ciudad de Ecuador el uso de agua residual generó pérdidas de resistencias<sup>3</sup> hasta en un 12% (Ref. 15).

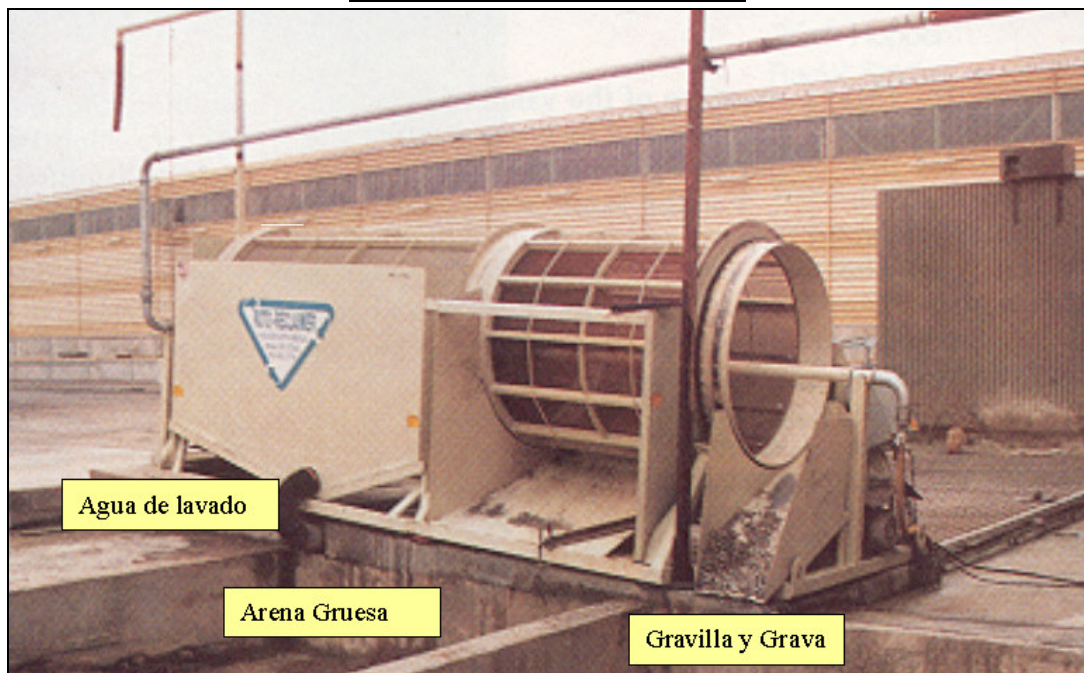
---

<sup>3</sup> Es necesario profundizar más en este tema, reunir más antecedentes, realizando pruebas de laboratorio y tomando las precauciones que recomienda cada marca de reciclador, debido a que otras experiencias en el mismo país pero otra marca de reciclador a mostrado un aumento de la resistencia hasta en un 5%.

## Sistemas de reciclaje: Tipos de recicladores.

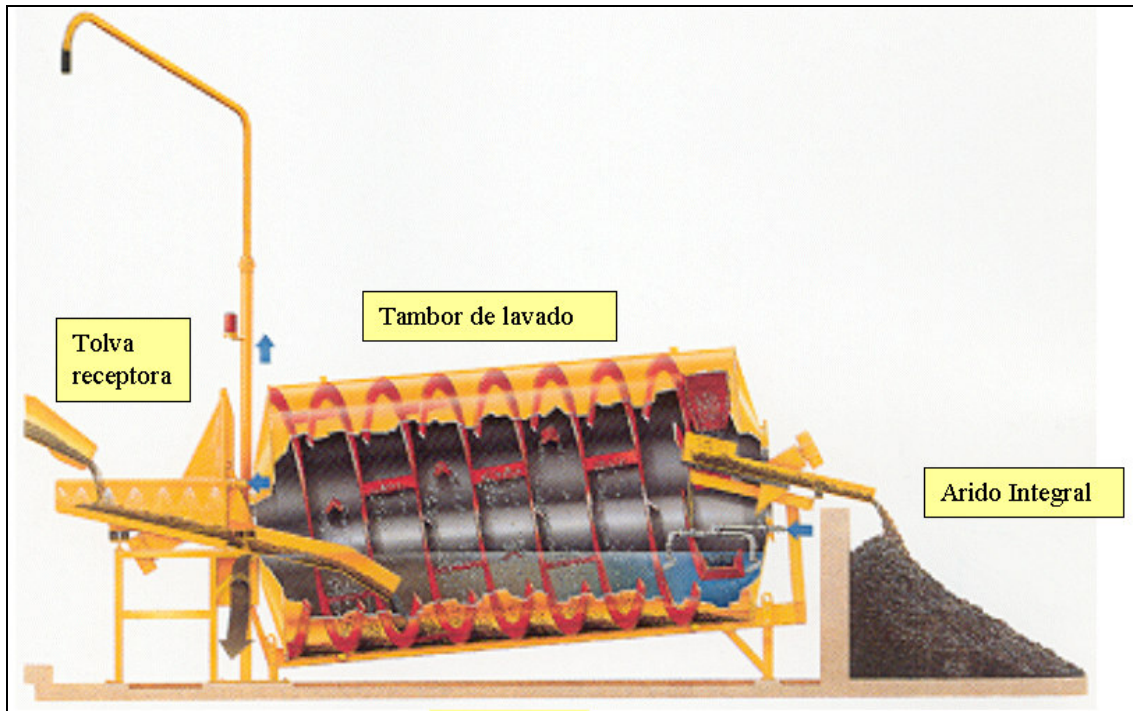
1. Cilindro de rotación con mallas seleccionadoras de áridos: Lava con agua a presión y separa en arena gruesa y grava en un mismo proceso. Marcas y modelos más conocidos: Concrete Cyclone Reclaimer de Henry Manufacturing Company y Roto-Reclaimer de Hahjem North America Inc. instalados por Premix.

Fig. N° 10: Diseño Haajem.



2. Tambor tipo batea (o mixer) con paletas de arrastre: Lava y entrega un árido integral (mezcla) al final del proceso. Es posible adicionarle un sistema seleccionador de áridos (harnero vibratorio). Marcas más conocidas: Schwing, Stetter, Simen. La marca Simen (italiana) ha sido usada por Ready Mix y también en Petreos.

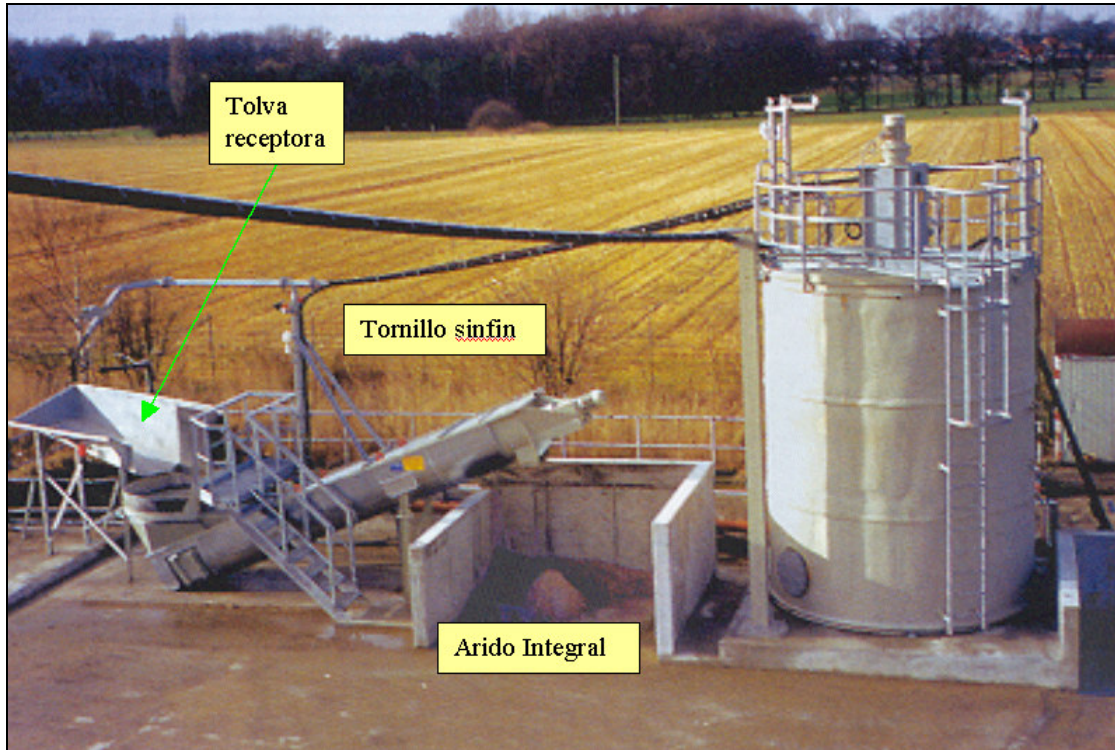
**Fig N° 11: Diseño Schwing Stetter.**





3. Tornillo sinfín: Lava y arrastra los áridos y los entrega en forma integral (mezcla). Se le puede adicionar un sistema seleccionador de áridos (harnero vibratorio). Marca más conocidas: KSW, Bibko. Será usado en Pétreos.

**Fig. N° 12: Diseño KSW.**

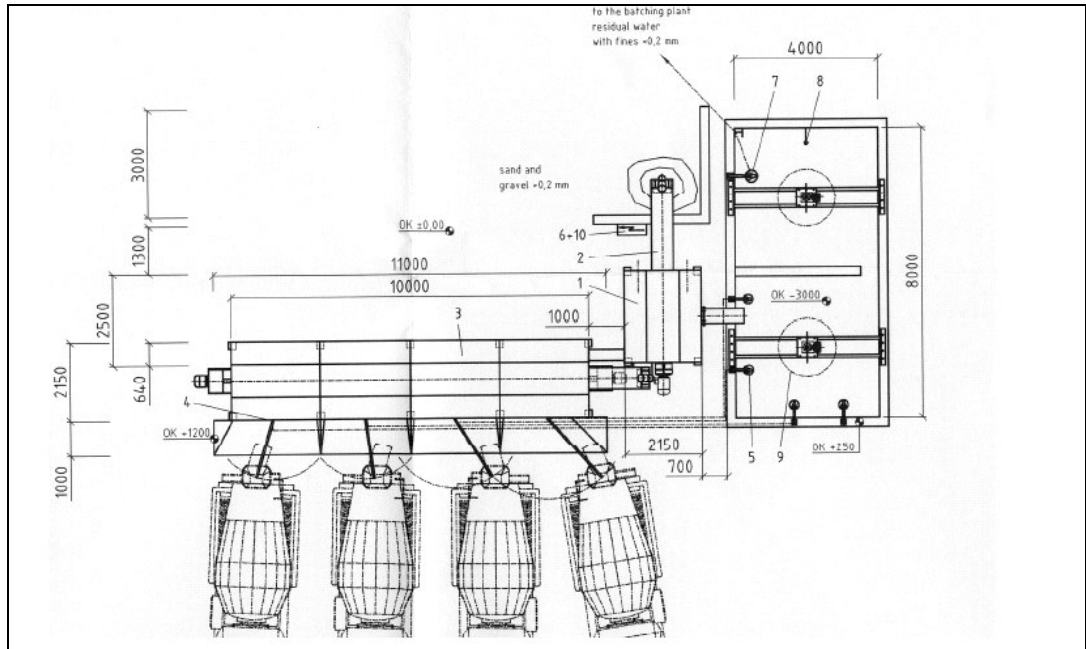




### **Aspectos a considerar al instalar un reciclador:**

- Aparte de los aspectos económicos se debe tener en cuenta el lugar donde estará situada la planta, el entorno, los sacrificios para el vecindario (nivel de ruido), etc.
- Valor de los materiales que se reciclarán incluyéndose el transporte hasta la planta.
- Equipos, en función de las condiciones particulares de la planta.
- Suponer reutilización de toda el agua, para así reducir los costos de ésta.
- Costo de llevar los materiales a un vertedero, que algunas veces deben recorrer largas distancias.
- Considerar siempre la posibilidad de reutilizar el 100% del agua residual en la fabricación de hormigones (Reciclado Total). Esto se logra solo teniendo un sistema de reciclado adaptado a la planta (producción, frecuencia de lavado, cantidad de camiones, etc.).
- Costos operativos y de mantenimiento de la instalación de reciclado.
- Es necesario un buen diseño que se ajuste a la planta donde se va a instalar el reciclador (para que la inversión sea rentable).
- Se debe pensar en la producción a futuro para anexar equipos que hagan más eficiente el proceso.
- Layout de la Planta.
- Necesidad de espacio. Diseño adecuado del flujo de camiones dentro de la planta, de manera de optimizar tiempos y que no se produzcan cruces. Para esto existe la posibilidad de instalar dosificadores con tolvas para más de un camión.

**Fig. N° 13: Layout de un sistema de reciclaje con dosificador de 10 m y tolva para 4 camiones.**



- Es bueno incluir todas las aguas lluvias que caen en la zona de la planta de hormigón como una forma de reducir el uso de agua potable. Se podría analizar la instalación de las piscinas en zona de menor cota donde puedan llegar las aguas. Para esto se requiere hacer un levantamiento topográfico del terreno.
- Si el reciclado es total o en el futuro puede serlo, se debe procurar instalar el sistema de reciclaje lo más cercano posible a la planta, de lo contrario:
  1. El bombeo del agua residual puede generar decantaciones si los tramos de tuberías no presentan pendiente adecuada.
  2. Se requiere mayor energía para bombear el agua.
  3. Se debe procurar un buen diseño para que la limpieza de las tuberías no sea complicada.
- Las tuberías para el transporte del agua residual a la planta deben:
  1. Tener una pendiente, para evitar decantaciones.
  2. Tener acceso en toda su extensión.

3. Ser correctamente diseñadas.
  4. Considerarse dos en paralelo, de manera de tener alternativas para el caso de atascos
- Para los recicladores que no incorporan sistema de selección de áridos, es importante considerar el espacio para instalar harneros vibratorios y acopios separados. En el caso que se quiera diferenciar los áridos reciclados.

**Eficiencia cuando existe una Planta de Reciclado:**

- Una Planta de reciclaje funcionara de manera óptima cuando la cantidad de material sólido (ver anexo 6.1 : Reutilización del Agua Residual) requerido, corresponda a lo que llega diariamente a la piscina o bien la sobrepase y sea entregada para la producción al día siguiente.
- Es muy importante minimizar las cantidades de hormigón residual, evitando hormigones rechazados o devueltos, estando bien de acuerdo con el cliente.
- Minimizar el tiempo de descarga del hormigón residual.  
Una de las soluciones que se puede adoptar para poder disminuir el tiempo de descarga es instalar un dosificador en el reciclador, de manera que la descarga no se tenga que hacer de manera pausada para que el reciclador no se obstruya.

**Fig. N° 14 : Dosificador (VISTA 1).**



**Fig. N° 12 : Dosificador (VISTA 2).**



- Se debe procurar que los mixer no hagan maniobras para descargar (espacios amplios), de manera que no se aumenten los tiempos.
- Se debe procurar una baja energía de funcionamiento y bajo nivel de ruido.
- Debe poder reciclar lo que necesite la planta, en m<sup>3</sup> de hormigón. Buen diseño del sistema de reciclado.

- El sistema debe estar diseñado por especialistas para poder brindar a cada planta una eficiencia óptima con una buena calidad de áridos lavados y un corte de separación de 0,2 mm.

### **Sistema Químico. (Estabilizar)**

En el sistema químico se utilizan aditivos desarrollados para el control de la hidratación “estabilizadores”. Con esto se puede reciclar en un 100% el hormigón devuelto y también el agua de lavado. Este aditivo estabiliza el proceso de hidratación del cemento, evitando que alcance su fraguado inicial. Esta estabilización no es permanente y se controla por dosificación.

Se puede evitar el fraguado hasta el día siguiente o incluso durante el fin de semana. El hormigón estabilizado se mantiene en la betonera del camión y se reutiliza después de la adición de hormigón fresco.

*Nota: Para que se pueda utilizar el agua de lavado que queda en la betonera el estabilizador se debe utilizar en baja proporción.*

*Se deben realizar los ensayos correspondientes, dependiendo del tiempo que tenga el hormigón y del tiempo en que será despachado junto con otro hormigón nuevo, a otra obra.*

Para reciclar el agua de lavado:

- 1) Descargar el hormigón devuelto o sobrante.
- 2) Añadir agua a la hormigonera vacía y estabilizador (la cantidad de estabilizador dependerá de la cantidad de agua que se añada y de la cantidad de horas que se desea mantener).
- 3) Se mezcla todo y se deja en la betonera.
- 4) No se descarga nada y para la próxima carga se utiliza esta mezcla como agua de mezcla. Al adicionar hormigón fresco y mezclar se reactiva el hormigón dentro de la betonera

Para reciclar el hormigón devuelto:

La dosificación del estabilizador depende de la mezcla, la edad y la temperatura del hormigón. Estas dosificaciones permiten mantener el

hormigón fresco por horas o días hasta que se precise su utilización. Para un periodo de permanencia más largo (más de 4 horas) la reutilización necesita la adición de hormigón fresco y/o acelerantes para reactivar el proceso de hidratación.

Es necesario conocer exactamente el volumen de hormigón para determinar el contenido total de cemento que tiene que ser químicamente estabilizado.

Para plantas que no tienen acceso a básculas, determinar el volumen del hormigón sobrante es un gran obstáculo. Para superar esto existen:

***Termómetros de superficie*** que permiten detectar los niveles de hormigón desde el exterior de la betonera al pulverizarla con agua que este más fría.

***Soldadura de elementos metálicos de calibración en los camiones.*** Esto tiene como desventaja que la operación de soldadura debe ser realizada en cada camión, la visibilidad puede ser un problema.

***Traspaso a sistemas de medición.*** Esto implica mucho transporte y más tiempo, porque primero se debe trasladar el hormigón sobrante desde el camión a un recipiente calibrado y después del recipiente a otro camión para el período de estabilización.

#### **Ventajas:**

- ✓ Es un sistema que permite reciclar el 100% del hormigón.
- ✓ No requiere la instalación de grandes maquinarias.

#### **Desventajas:**

- × La dosificación exacta es muy necesaria para el buen funcionamiento del estabilizador. De lo contrario, en el caso que se utilice para el hormigón devuelto, este puede fraguar prematuramente o retrasar el fraguado de la mezcla en obra. Para esto es necesario:
  - Determinar el contenido del cemento.
  - La temperatura del hormigón devuelto en la betonera.

- El volumen del hormigón con una precisión del 3%.
- × Se debe entrenar personal, porque una sobredosificación puede producir daños en las obras.
- × Gran responsabilidad del personal, debido a que los conductores tienden a sobredosificar para asegurarse que el hormigón no endurezca en la betonera.

### **Sistema No Mecánico.**

El Sistema No Mecánico consisten en una piscina de sedimentación con fondo horizontal o inclinado, más múltiples piscinas de decantación. Los camiones mezcladores lavan el tambor y descargan directamente a estas.

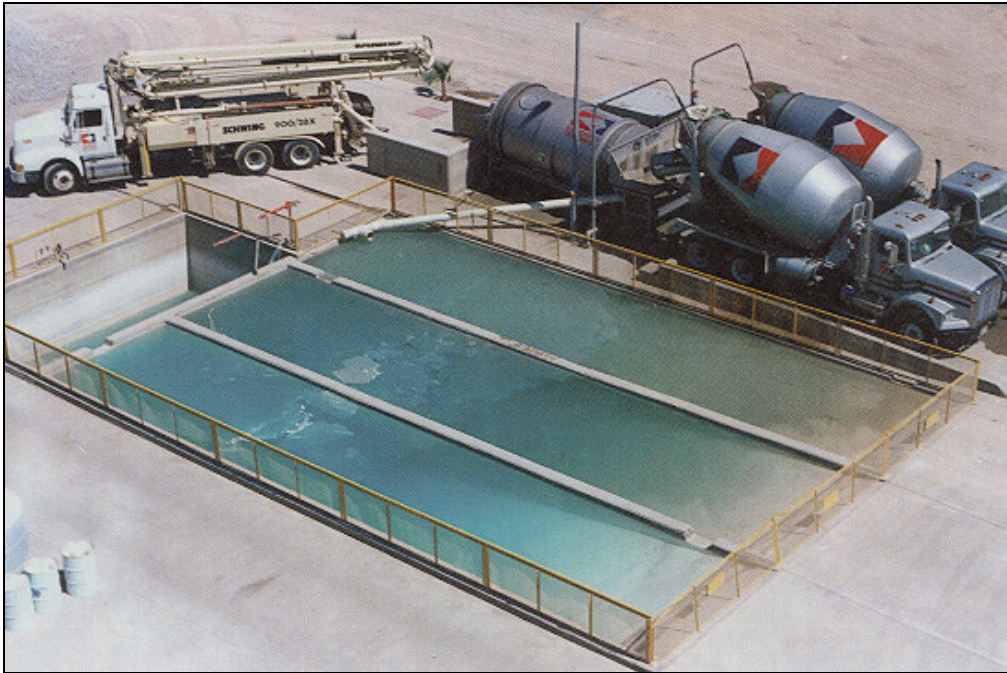
La limpieza de los sólidos sedimentados (desechos sólidos) se hace con retro-excavadora (en las piscinas con fondo horizontal) y con pala cargadora (en las piscinas con fondo inclinado).

Estos desechos no tienen una utilización definida, por lo general son llevados a vertederos, y se conoce su utilización en la construcción de bloques y muros, siempre que su utilización no sea estructural, también pueden ser utilizados como material de relleno, para esto se deben crear tanques de sedimentación con un alto contenido de humedad (90%) a los que se debe agregar algún coagulante del cemento, mezclar y dejar solidificar, evacuando el agua.

En forma alternativa, se puede acelerar el proceso de sedimentación con la ayuda de floculantes o filtrar las partículas sólidas después de añadir un antiadhesivo.



**Fig. Nº 16: Piscinas de Decantación.**



**Ventajas:**

- ✓ Si las piscinas de decantación son de 2 a 4, se puede obtener agua libre de elementos en suspensión que se puede reintroducir en el proceso de fabricación mediante bombeo.

**Desventajas:**

- × No se pueden reutilizar los áridos. Esto trae el problema de encontrar lugares para depositar los residuos que se generan, lodos de sedimentación, compuestos por áridos y pasta de cemento.
- × Se deben transportar los materiales para su depósito en vertederos autorizados.
- × Elevadas inversiones por las grandes dimensiones que deben tener las piscinas de sedimentación.
- × Los efluentes líquidos presentan un alto porcentaje de cemento, partículas finas y elevado pH.
- × Para reutilizar el agua en nuevos hormigones son necesarias varias decantaciones, 2 a 4, es decir se necesitan 3 a 5 piscinas junto a la

primera que es de sedimentación. Estas piscinas también tienen que limpiarse aunque no con la misma frecuencia que la piscina de sedimentación.

- × En épocas de lluvias suele haber rebalse de estas piscinas, lo que puede causar daños si no se tiene un diseño en caso de rebalse.

### **2.1.3 Marco Legal Aplicable.**

En el caso de que la solución sea el Sistema No Mecánico o el Sistema Mecánico pero con Reciclado Parcial se generan desechos (sólidos decantados) que no tienen un uso bien definido, para estos desechos se aplica:

- ***Código Sanitario:***

Del Art. 80: es la Autoridad Sanitaria Regional quien autoriza la instalación (determinando las condiciones sanitarias y de seguridad para evitar molestia o peligro a la comunidad o a los trabajadores) y vigila el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.

- ***Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.***

Del Art. 18: La acumulación, tratamiento y disposición final de residuos industriales (todo aquellos residuos sólido o líquido, o combinaciones de estos que no se asimilan a residuos domésticos) dentro del predio industrial, local o lugar de trabajo, deberá contar con la autorización sanitaria.

Del Art. 19: Si el tratamiento o disposición final de los residuos se hace fuera del predio, directamente o a través de terceros, se debe tener una autorización sanitaria, previo al inicio de tales actividades. Para esto la empresa deberá presentar antecedentes que acrediten que el transporte, el tratamiento y la disposición final es realizada por personas o empresas debidamente autorizadas por el Servicio de Salud correspondiente.

Del Art. 20: Se debe presentar a la autoridad sanitaria una declaración en que conste la cantidad y calidad de los residuos industriales que se generen, señalando cuales son residuos industriales peligrosos, en base a una lista

que aparece en este artículo. Esto debe hacerse si el tratamiento y/o disposición final se realizan fuera o dentro del predio.

- ***Resolución N° 5.081 del Ministerio de Salud, Salud del Ambiente de la Región Metropolitana, SESMA de 1993 - establece Normas de Declaración y Seguimiento de Desechos Sólidos Industriales.***

Del Art. 1: Aplicación de esta resolución sólo a los establecimientos industriales dentro de la Región Metropolitana que generan residuos sólidos del tipo industrial.

Del Art. 2: Un desecho sólido industrial es todo residuo sólido o semisólido resultante de cualquier proceso u operación industrial que no vaya a ser reutilizado, recuperado o reciclado en el mismo establecimiento industrial. Se incluyen productos de descarte (líquidos o gaseosos).

Del Art. 3: Todo desecho sólido industrial debe tener el correspondiente Documento de Declaración, al momento en que abandona el establecimiento generador.

Del Art. 9: El Servicio de Salud mantiene un registro de Generadores, Transportistas y Destinatarios de estos desechos. Cada uno tiene un número de Identificación, el que deberá indicarse en el Documento de Declaración.

#### **2.1.4 Situación Actual en Chile.**

En todas las plantas analizadas existen procedimientos para manejar el hormigón devuelto, en algunas plantas dependiendo del tiempo, se junta con otros hormigones para llevarlos a otro cliente, se construyen bloques, se utiliza como material de relleno y también para pavimento en la misma planta.

De las cinco plantas mencionadas sólo una de la plantas (Quilín), cuenta con un sistema de reciclaje para el hormigón devuelto, donde utilizan el agua de fangos y los agregados reciclados para producción de nuevos hormigones.

Todas las plantas, incluso la que cuenta con sistema de reciclaje, deshidratan el agua de fangos que no utilizan para llevar los escombros a vertederos autorizados. No se utiliza el reciclaje 100%.

## **2.2 Manejo del agua.**

### **2.2.1 Preámbulo o Descripción.**

Una planta de hormigón premezclado requiere del agua principalmente para: la producción del hormigón y para la limpieza de camiones.

Las fuentes pueden ser: aguas subterráneas , agua de pozo, abastecimiento público, agua de lluvia recolectada y agua de limpieza reciclada.

- **Agua superficial.**

Si la planta esta localizada en una zona crítica respecto al agua superficial o la industria descarga a algún canal, río, lago o mar, se deben tomar acciones para prevenir que el agua se contamine.

- **Aguas lluvias.**

El principal objetivo es prevenir o minimizar la contaminación de las aguas lluvias, para su posible almacenamiento y reutilización como agua de mezcla. Si esto no es factible, las aguas lluvias deben tener el mismo tratamiento que las aguas contaminadas, debido a que en su recorrido se verán afectadas por la mezcla con cemento, aceites, químicos y otros contaminantes lo que puede hacer que se superen los límites permisibles para la descarga a cursos naturales de agua en alcantarillados.

- **Aguas Residuales.**

Esta agua, se generan por limpieza: del mezclador de la planta, de los tambores de los camiones: al enjuagarlos y remover los depósitos del hormigón residual.

Debido a la hidratación del cemento y por la formación de hidróxidos de calcio y de álcalis, esta agua es alcalina y los valores de pH se encuentran entre 12,5 y 13, es por esto que al momento de descargar excesos de esta agua a alcantarillados se deben tomar las debidas precauciones. Por esto es recomendable un sistema que recicle al 100% (Reciclado Total).

En relación a los aditivos químicos contenidos en las aguas residuales, se ha demostrado por ensayos realizados en Alemania, que el efecto de estos aún activos es insignificante. También estudios de empresas de Alemania, demostraron que sustancias activas, en un corto periodo de tiempo, se encuentran casi completamente unidas de modo irreversible a las partículas sólidas del cemento. Es por esto que una separación de estas sustancias activas durante el proceso de reciclaje queda excluida ( Ref. 8).

## **2.2.2 Soluciones y/o Recomendaciones.**

- **Agua superficial**

Dependiendo de los medios económicos:

1. Impermeabilizar el suelo, para prevenir la filtración de contaminantes.
2. Recolectar o drenar el flujo en la superficie mediante un sistema que desemboque en una laguna de estabilización con separadores de aceite.
3. Realizar sobre bases impermeables (hormigón), equipadas con controladores de flujo y separadores de aceite, las actividades donde se manipule aceite, lubricantes y productos químicos.
4. Estanques de almacenaje, provistos de doble pared.
5. Tazones de retención para los estanques de almacenaje, que estén dimensionados para retener a lo menos el volumen de un tanque completo.

- **Aguas lluvias.**

Dependiendo de los medios económicos existen las opciones de:

Descarga a los alcantarillados o cauces naturales, donde se debe tener presente:

1. Los límites admisibles de contaminantes (ver marco legal aplicable correspondiente a esta sección).
2. Analizar la factibilidad de corregir o ajustar a los límites permisibles.



### Reutilizar:

1. Deben existir sistemas de drenaje y recolección de aguas lluvias, para que estas puedan ser aprovechadas. Estos drenajes y/o sistemas colectores, deben estar equipados con separadores de aceite, que deben ser inspeccionados y limpiados periódicamente, dependiendo del tipo, tamaño, cantidad que recolecte, etc., para asegurar que funcione en buenas condiciones.

Si es posible, se debe custodiar las entradas de las aguas lluvias a ciertas áreas por medio de pavimentación, nivelación, cunetas (delimitación) y prácticas como minimizar y limpiar lo antes posible los derrames de cementos, químicos y finos.

Las principales áreas que necesitan de estos sistemas son:

- El área de procesamiento, en donde se manipulan el cemento y los agregados químicos.
  - En las áreas de recarga de combustible, mantenimiento y limpieza de vehículos.
  - En las áreas de tráfico del recinto.
2. Se debe analizar las aguas lluvias para chequear alguna impureza que puede afectar negativamente la calidad del hormigón.
  3. Corregir las impurezas.
  4. Ver que cantidad de agua puede ser reusada en un periodo dado (si no se cuenta con un sistema adaptado para reciclar 100% o si hay lluvias excesivas) y analizar que medidas son necesarias cuando esa cantidad excede los requerimientos para la producción.

Existe una lista de mejores prácticas utilizadas en Canadá para el manejo de la cantidad de agua lluvia<sup>4</sup>:

- a) Ampliación de Estanques de Retención (“Extended Detention Pond”).
- b) Estanque Húmedo (“Wet Ponds”).
- c) Zanjas de Infiltración (“Infiltration Trenches”).
- d) Cuenca de Infiltración (“Infiltration Basins”).
- e) Pavimento Poroso (“Porous Pavement/ Yard Surface Treatment”).
- f) Filtros de Arena (“ Sand Filters”).
- g) Canal de Hiervas (“Grassed Swales”).

5. Otra alternativa es dirigir estas aguas a las piscinas de decantación, pero se debe tener precaución en que no sean dirigidas a la primera piscina debido a que una abundante lluvia evitaría la sedimentación por la alta velocidad de paso que arrastraría los finos( elevadas cantidades de finos en la primera piscina) (Ref. 14).

*“En cualquiera de las opciones mencionadas anteriormente (descarga o reutilización) es necesario un documento que describa las acciones y procedimientos en caso de que pueda haber inundación, para prevenir y minimizar el impacto del agua, y reducir el riesgo de más daños al medio ambiente.”*

---

<sup>4</sup> Detalles de estas soluciones se pueden ver en el anexo 2: “Mejores Prácticas de Manejo de Exceso de Aguas Lluvias”

- **Aguas Residuales.**

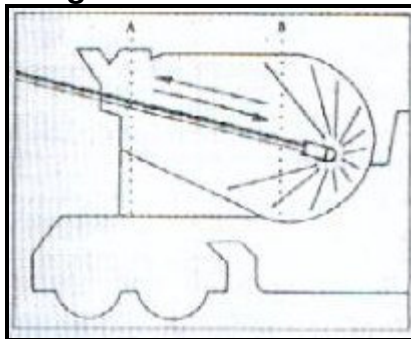
1. Hacer circuitos cerrados con estas aguas, reingresándolas al proceso de producción<sup>5</sup>. Esto se logra utilizando el método de reciclado al 100% (Reciclado Total).

2. Es importante tener claro que esta agua no se puede utilizar para el lavado exterior de camiones debido a que el cemento queda adherido al camión.

3. Es necesario instruir a los empleados de manera que no utilicen más agua para el lavado que la necesaria, siendo de mucha utilidad contar con un sistema que entregue una cantidad fija de agua para que no se generen excesos de agua servidas

4. Contar sistemas de lavado de duchas en 360° que reducen el volumen de agua que se utiliza.

**Fig. N° 13: Ducha 360°.**



---

<sup>5</sup> Si aún así existen excesos de esta agua (por un mal diseño del sistema de reciclado por ejemplo) y se hace la descarga de los excesos al medio ambiente o a un sistema público de recolección de aguas (alcantarillado), se debe monitorear la calidad, para saber si se cumplen con los estándares exigidos. De no ser así existen tratamientos como Separador de aceite o Neutralizador de PH (ácidos diluidos, sulfato de aluminio o burbujeo CO<sub>2</sub>).

Si no se puede contar con un reciclado total y *el Reciclado es Parcial* (ver sección 2.1: “Manejo de Desechos”) el agua residual decantada puede ser utilizada para:

- Lavado interior de los camiones mezcladores, el lavado exterior es descartado.
- El reciclador (reingresándola), de esta forma el circuito es cerrado.
- Nuevos hormigones.

Si el *Reciclado es Total* (ver sección 2.1: “Manejo de Desechos”) la alternativa de utilizar el agua para un nuevo hormigón no es problema tomando en cuenta el alto pH, debido a que en la fase líquida el hormigón alcanza rápidamente estos valores, pero si se deben tener en cuenta ciertas consideraciones respecto a su uso:

- *La cantidad y calidad de Agua Residual a utilizar. (Ver Anexo: Reutilización del agua Residual.)*
- *Se debe tener cuidado en mantener la densidad del agua residual bajo los límites recomendados mediante dilución. (Ver Anexo: Reutilización del agua Residual.)*
- *Se debe establecer la cantidad de agua y cantidad de finos incluidos en el Agua de Residual, para una correcta dosificación. (Ver Anexo: Reutilización del agua Residual.)*
- *La composición granulométrica de la arena, más bien la cantidad de ultra finos.*
- *La finalidad del hormigón que se va a producir.*

En los hormigones a la vista, porcentajes elevados de ultra finos ocasionan fisuras superficiales, especialmente cuando las temperaturas son altas, porque a mayor cantidad de partículas finas, se necesita más cantidad de agua para la producción, por consiguiente mayor retracción. En cambio para hormigones bombeables, los finos ayudan, al igual que ayudan en los

lugares donde se producen congelamientos, por disminuir el volumen de vacíos.

- *Agua Residual en exceso.*

Al no contar con un sistema óptimo de Reciclado Total, puede existir exceso de agua residual, generada por no utilizarla en forma inmediata o porque en el día no existen despachos de hormigones que han utilizado esta agua. Esta agua puede ser conducida a un depósito (piscina) adicional, por seguridad, considerando zonas para el acopio y secado de los finos, con pendiente para que el escurrimiento del agua llegue a las piscinas.

### 2.2.3 Marco Legal Aplicable.

- ***Código Sanitario.***

Del Art.73 : Sobre prohibición para descargar aguas servidas y residuos industriales.

- ***Decreto Ley 3557/1981: Establece Normas de Protección Agrícola.***

(Norma aplicable a plantas en zonas rurales)

Del Art. 11: Sobre establecimientos industriales que manipulan productos que pueden contaminar la agricultura.

Es necesario, para aplicar las normas correspondientes, distinguir primero entre aguas servidas y efluentes industriales.

Respecto de las *Aguas Servidas*, nuevamente se hace necesario distinguir en los casos en que se dispone de una conexión a un sistema público de alcantarillado respecto de los casos que no existe tal conexión, y no es posible obtenerla. Si se dispone de conexión a un sistema público de alcantarillado de aguas servidas, las descargas de estas naturaleza deberán hacerse al sistema existente, sin necesidad de tratamiento. En caso contrario, cuando no se cuente con conexión a un sistema público de alcantarillado de aguas servidas, deberá autorizarse un sistema particular de tratamiento de aguas servidas, conforme a las letra b) del Art. 71 del Código Sanitario, y según las condiciones de diseño y características señaladas en el Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado (D.S. 267-80/MINVU) y en el D.S. 236-26/HIGIENE, Reglamento General de Alcantarillados Particulares. Los proyectos y obras deben ser autorizados por la Autoridad, antes de su construcción y funcionamiento respectivamente.

Respecto de los *efluentes industriales*, el Art. 2 de la Ley 18902, creado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, establece la competencia de ésta para el control de este tipo de residuos líquidos. Los efluentes industriales de la planta requerirán de un sistema de tratamiento conforme sus descargas se ajusten o no a los niveles máximos de emisión establecido en las normas de emisión vigentes, según se trate de descarga en aguas superficiales, subterráneas o sistema de alcantarillado, o se utilicen para riego (Ref.9)

Para determinar si los efluentes presentan o no características de residuos industriales líquidos, se debe consultar las tablas de caracterización de las siguientes normas:

- ***Decreto Supremo N° 90 del 2001 (MINSEGPRES).***

Norma de aguas superficiales.

- ***Decreto Supremo N° 46 del 2003 (MINSEGPRES).***

Norma de aguas subterráneas.

- ***Decreto Supremo N° 609 de 1998 (OO.PP).***

Norma de alcantarillados.

- ***Norma Chilena NCh 1333 Of.78 del Instituto Nacional de Normalización.***

Utilizada para los casos en que la descarga se realice directamente al suelo, como riego, a falta de norma específica. Establece un estándar de calidad del agua para ser aplicado a riego, particularmente agrícola.

#### **2.2.4 Situación Actual en Chile.**

De las plantas estudiadas, ninguna estaba localizada en áreas críticas respecto a *aguas superficiales*.

##### *Respecto a las aguas lluvias :*

Solo en dos plantas existen planes para manejar impactos por inundación, es decir un documento que describe las acciones y procedimientos para prevenir y mitigar el impacto del agua.

Relacionado con los sistemas de drenajes o recolectores de aguas lluvias, solo algunas plantas cuentan con estos en las áreas de tráfico y procesamiento (donde se manipulan cementos y agregados químicos), pero solo una en las áreas de recarga de combustible, mantenimiento y limpieza de camiones, es aquí donde las aguas se pueden contaminar con aceites o grasas.

Ninguna planta cuenta con sistemas de drenaje equipados con separadores de aceite.

La descarga de aguas lluvias se hace principalmente a colectores públicos, pero no se monitorea la calidad de estas.

##### *Respecto a las Aguas Servidas:*

La descarga de las aguas se hace a piscinas de decantación. Se utilizan en promedio en un porcentaje menor al 50% y los excesos en su mayoría no son tratados antes de salir de la planta.



## **2.3 Otras Medidas de Mitigación.**

### **2.3.1 Emisiones al aire.**

#### **2.3.1.1 Descripción.**

- **Polvo.**

El polvo en una planta de hormigón premezclado está constituido principalmente por partículas de cemento y de los agregados.

Las principales fuentes de generación de contaminantes dentro del proceso productivo son debido a<sup>6</sup>:

1. Descarga de agregados suministrados.
2. Viento sobre los acopios de agregados.
3. Manipulación de agregados dentro de la planta.
4. Transportes internos.
5. Durante el periodo de mezcla.

La EPA (U.S. Environmental Protection Agency) ha estimado algunos valores para las fuentes de emisión potencial de particulado, asociadas a las distintas etapas del proceso:

---

<sup>6</sup> Ver Figura N° 1.

**Tabla Nº 4: Factores de Emisión para Etapas en la Producción de Hormigón.**

FUENTE	FILTRABLE PM
Transferencia de arena y agregados a tolva elevada	0,014
Descarga de cemento a silos elevados de almacenamiento	0,13
Carga de balanza-tolva de pesaje	0,01
Carga del mezclador	0,02
Carga del camión	0,01
Arrastre de arena y agregados por erosión del viento	3,9
Emisiones totales del proceso de los camiones de mezcla	0,05

Nota: 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 (Ref. 1)

- **Emisiones de gases y partículas.**

Estas emisiones se refieren a:

$NO_x$  ( $NO$  y  $NO_2$ ): La mayoría de los óxidos de nitrógeno se producen por la oxidación de nitrógeno atmosférico presente en los procesos de combustión a altas temperaturas. El contaminante generado en forma primaria es el  $NO$ , parte del cual rápidamente se oxida a  $NO_2$ . Ambos óxidos, liberados a la atmósfera, participan activamente en un conjunto de reacciones fotoquímicas que, en presencia de hidrocarburos reactivos, generan ozono ( $O_3$ ).

Además, en su proceso de transformación, este contaminante forma nitratos, es decir, sales que pueden ser transportadas en el material particulado respirable y que en presencia de humedad, forman ácidos. Estos ácidos son una parte importante del material particulado secundario ( $PM_{2.5}$ ), que tiene efectos nocivos en la salud.

Efectos en la salud:

- Irritación de la piel y mucosas.
- Penetra los alvéolos.
- Aumento del metabolismo antioxidante.
- Daño celular en el pulmón.
- La formación de ácido nitroso/nítrico en el tejido pulmonar daña las paredes capilares, causando edema luego de un período de latencia de 2 a 24 horas. Los síntomas típicos de la intoxicación aguda son ardor y lagrimeo de los ojos, tos, disnea y finalmente, la muerte. El dióxido de nitrógeno es un oxidante que, unido a la hemoglobina, produce metahemoglobina y que en concentraciones altas causa bronquiolitis obliterante, fibrosis bronquiolar y emfisema.

(Ref. 26).

SO<sub>2</sub>: El Dióxido de azufre es un contaminante que al contacto con la humedad ambiental se convierte en ácido sulfúrico. Forma parte del material particulado en su fracción fina.

Es el resultado de la combustión del azufre contenido en los combustibles fósiles (petróleos combustibles, gasolina, petróleo diesel, carbón, etc.), de la fundición de minerales que contienen azufre y de otros procesos industriales.

Durante su proceso de oxidación en la atmósfera, este gas forma sulfatos, es decir, sales que pueden ser transportadas en el material particulado respirable (PM10) y que, en presencia de humedad, forman ácidos que son una parte importante del material particulado secundario o fino (PM2.5).

Efectos en la salud:

- Por su tamaño, puede llegar a través del aparato respiratorio a la sangre, envenenándola.
- Opacamiento de la córnea (queratitis).
- Dificultad para respirar.

- Inflamación de las vías respiratorias.
- Irritación ocular por formación de ácido sulfuroso sobre las mucosas húmedas.
- Alteraciones psíquicas.
- Edema pulmonar.
- Paro cardíaco.
- Colapso circulatorio.
- También se ha asociado a problemas de asma y bronquitis crónica, aumentando la morbilidad y mortalidad en personas mayores y niños.

(Ref. 26)

COV : son todos aquellos compuestos orgánicos que tienen una apreciable presión de vapor, son emitidos principalmente a través de la combustión parcial de carburantes y a través de la evaporación de disolventes orgánicos. Ambos son emitidos principalmente a través de la combustión de petróleo y sus derivados.

Los efectos en la salud:

Los COVs más tóxicos son el benceno y 1,3-butadieno y son de preocupación particular puesto que son sustancias carcinógenas conocidas. Otros COVs son importantes debido al papel que ellos juegan en la formación fotoquímica de ozono en la atmósfera.

El benceno produce leucemia y aunque instituciones como la Organización Mundial de la Salud no proponen normas de emisión, recomiendan que las concentraciones no sobrepasen 1 partícula por millón.

Los COVs son precursores del material particulado fino (PM<sub>2,5</sub>) el cual es el más dañino para la salud debido a lo escaso de su tamaño, lo que genera que las partículas penetren hasta los alvéolos pulmonares, lugar donde en nuestro cuerpo se genera el intercambio de gases(Ref. 26).

### **2.3.1.2 Soluciones y/o Recomendaciones.**

- **Polvo.**

Se deben realizar mediciones en forma periódica, lo ideal es una vez al año.

Para evitar las emisiones debe haber un adecuado almacenamiento de las materias primas, incluyendo el cemento.

- Se debe evitar su excesivo transporte.
- Los acopios deben estar protegidos contra el viento, con mallas , cierres o muros ( que se pueden hacer con el hormigón devuelto)
- El suelo donde están los acopios debe estar limpio.
- Los áridos deben cumplir con condiciones de volumen y humedad.
- Mangas plásticas para la carga del camión.
- Lavado con aspersores de agua al momento de la carga de los camiones.
- Uso de dispositivos tales como cubiertas, cortinas, barreras, canaletas telescópicas y movibles.
- Uso de procesos húmedos para la mezcla de materiales.
- Uso de gorro para la canoa de los camiones mixer.
- 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.
- Pavimentación o ripiado de accesos y zonas de movimiento de los camiones.

El empleo de mezcladores automáticos contribuye a reducir las emisiones producidas durante la carga de los camiones, evitando la descarga dividida de cemento, agua, agregados y aditivos al interior del camión. También uno de los beneficios, es la disminución del rechazo del hormigón que no cumple el cono especificado en las obras de construcción, debido a que la

incorporación de agua se estandariza, eliminando la ingerencia del operador del camión.

Los equipos para el control de la contaminación puede ser mediante el encapsulamiento y sistemas como:

1. *Removedores húmedos*, tienen como ventajas el bajo costo de instalación y la posibilidad de captación con condiciones variables de ingreso de flujo. Sin embargo sus desventajas se relacionan con la gran cantidad de energía (alto costo) que requieren, para una alta eficiencia con partículas pequeñas y, además, se genera el problema de la disposición de riles (Ref. 1).
2. *Filtros de mangas*, tienen como ventaja la alta eficiencia, y la posibilidad de reutilizar los polvos captados. Sus desventajas son, la limitada durabilidad (que depende de los ciclos de limpieza a los que sea sometido) y la sensibilidad a las condiciones del proceso (Ref. 1).

El sistema de filtro de mangas sirve para la transferencia de cemento hasta los silos de almacenamiento y se puede extender también a los silos de áridos y el equipo mezclador y/o dosificador.

Para las fuentes fugitivas, que 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 polvorientos alrededor de la planta, puede ser controlado mediante una buena mantención y el mojado de la superficie del camino.

- **Emisiones de gases y partículas.**

Para que no se produzca este tipo de emisiones, solo es necesario someter a los vehículos de transporte e instalaciones de calefacción a una mantención (al menos cada 3 años) y equipamiento adecuado para minimizar las emisiones de gases de escape.

No existen medidas específicas para su reducción sino más bien indirectas, a través de las mejoras a los combustibles, el ordenamiento del transporte y el uso racional del transporte. (para COVs)

### **2.3.1.3 Marco Legal Aplicable.**

- ***Decreto Supremo 144/1961 del Ministerio de Salud.***

Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza.

Del Art. 1: Sobre la captación o eliminación de gases, vapores, humos, polvo, o contaminantes de cualquier naturaleza para que no causen peligros, daños o molestias al vecindario.

Del Art. 8: Es el Servicio Nacional de Salud (se debe entender como la Autoridad Sanitaria Regional) quien califica , fija concentraciones máximas , determina métodos de análisis , especifica medidas para evitar para evitar peligros, aprueba proyectos y fija plazos en todo lo relacionado con la contaminación atmosférica.

- ***Decreto Ley 3557/1981: Establece Normas de Protección Agrícola.***

(Norma aplicable a plantas en zonas rurales)

Según este decreto se deben adoptar de manera oportuna las medidas técnicas y prácticas para impedir la contaminación relativa a la atmósfera (humos, polvo, gases) cuando esta perjudique la salud de habitantes y/o animales, o altere las condiciones agrícolas de los suelos.

Es el Presidente de la República quien, mediante el Ministerio de Agricultura o de Salud Pública, puede fijar plazos para ejecución de obras que terminen con la contaminación indicada o paralizar la actividad fuente de la contaminación.

Los afectados por alguna fuente de contaminación pueden demandar las medidas para evitar la fuente contaminante, o la correspondiente indemnización.



- ***Decreto Supremo N° 58 del 2004, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA).***

El PPDA tiene por objetivo cumplir con las normas de calidad de aire que se han establecido, utilizando para ello diferentes mecanismos, como el de la compensación de los contaminantes, aplicable a aquellas fuentes emisoras que superen los índices establecidos en el mismo plan. (Ref.9)

Del Art. 65: La forma de compensar será establecida por la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo a través del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS). Con todo, la compensación deberá considerar, al menos, las siguientes condiciones:

- Se podrá compensar las áreas verdes no consolidadas, es decir, aquellas que nunca hayan sido construidas.
- Las áreas verdes que se construyan como consecuencia de una compensación, deberán ser objeto de mantención y cuidados por un período que no podrá ser inferior a cinco años, lo que será de cargo de la persona, natural o jurídica, que realice la compensación.
- La compensación de las áreas verdes deberá realizarse dentro del área urbana del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), de preferencia, en aquellas comunas deficitarias de áreas verdes y/o de menores ingresos.
- Las áreas verdes compensadas mantendrán el régimen de propiedad, pública o privada, del área intervenida.

Uno de los contaminantes primarios de la calidad del aire es el material particulado (MP). El PPDA establece la obligación de compensar, según la cantidad o valor de emisión de MP de la fuente, en consideración a si la fecha de puesta en funcionamiento de la misma es anterior o posterior a la entrada en vigencia del Plan.

Del Art.51: Fuentes emisoras nuevas (posteriores a 1998) y modificaciones que tengan asociada una emisión total anual superior a 10 Ton/año deberán compensar sus emisiones en un 150%.

#### **2.3.1.4 Situación Actual en Chile.**

##### *Respecto al polvo:*

Realizando un juicio subjetivo, se pudo observar que existen algunas emisiones de polvo debido a la descarga y manipulación de agregados, al viento sobre los acopios, por el transporte interno y durante el periodo de mezcla, que no parecen ser muy molestas.

Las quejas por las emisiones de polvo solo han sido internas, de parte del personal, a pesar que en todas las plantas se han realizado mediciones que cumplen con los estándares exigidos por la autoridad.

Todos los silos de cemento se encuentran equipados con sistemas de filtros, que son sometidos a mantenimiento regular, están provistos de sistemas de seguridad para prevenir un sobrellenado y se encuentran en buenas condiciones.

##### *Respecto a las emisiones de gases y partículas:*

Los vehículos (camiones) son sometidos a inspecciones periódicas, al menos cada 3 años, en lo que concierne a emisión de gases de escape. Por lo que cumplen con los estándares exigidos.

## **2.3.2 Ruido.**

### **2.3.2.1 Descripción.**

Los procesos que generan ruido en una planta de hormigón premezclado son<sup>7</sup>:

- a) El camión mixer y los equipos mezcladores.
- b) La transferencia del cemento al silo (compresor).
- c) La transferencia de áridos.
- d) Cintas transportadoras.
- e) Alarmas (ej. cargador frontal).

### **2.3.2.2 Solución y/o Recomendaciones.**

Para disminuir la emisión de ruido, sobretodo si la planta tiene a sus alrededores una zona residencial, las medidas pueden ser:

- Realizar una mantención regular del equipamiento para evitar el incremento de sonido de las partes usadas.
- Tratar de mantener los depósitos de áridos llenos para reducir al mínimo la caída libre de estos.
- Revestir con un material amortiguador (caucho o plástico) la parte inferior de los depósitos de los agregados.
- Usar alarmas de luz en lugar de bocinas.

Relacionado con el aislamiento de la planta:

- Si es una planta que recién será instalada, localizarla en terrenos compatibles (no residenciales).
- Instalación en un nivel más bajo que el terreno de los vecinos.

---

<sup>7</sup> Ver Figura N° 1.

- Empleo de materiales absorbentes, construcción de muros y/o paneles aislantes (puede ser con el hormigón devuelto), y generación de cordones de árboles alrededor.
- Mantener aislados los equipos y el compresor para transferir cemento.
- Establecer horarios de carga-descarga, que tomen en cuenta el descanso de los vecinos.

Relacionado con los camiones:

- Mantención regular.
- Silenciadores en los tubos de escape.
- Reemplazar camiones viejos.

### **2.3.2.3 Marco Legal Aplicable.**

- ***Decreto Supremo 146/1997, del Ministerio de Salud.***

Fija normas de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas.

Del Art. 2: La fiscalización del cumplimiento de esta norma corresponde a los Servicios de Salud de la región.

Del Art. 3: Se considera “fuente emisora de ruido”, toda actividad proceso, operación o dispositivo que genere, o pueda generar emisiones de ruido hacia la comunidad.

Del Art. 4: Se fijan los niveles de presión sonora corregidos (NPC) permisibles según la Zona y horarios. La presión sonora corregida corresponde a:

$$\text{NPC} = 20 \cdot \text{Log}(P1/P)$$

En que:

P1 : valor efectivo de la presión sonora medida.

$P$  : valor efectivo de la presión sonora de referencia, fijado en  $2 \times 10^{-5}$  [N/m<sup>2</sup>]

Las zonas son:

- Zona I : Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a habitacional y equipamiento a escala vecinal.
- Zona II : Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona I, y además se permite equipamiento a escala comunal y/o regional.
- Zona III : Aquella zona cuyos usos de suelo permitidos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponden a los indicados para la Zona II, y además se permite industria inofensiva.
- Zona IV : Aquella zona cuyo uso de suelo permitido de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial corresponde a industrial, con industria inofensiva y/o molesta.

**Tabla Nº 5:Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora corregido (NPC) en dB (A) Lento.**

	<b>de 7 a 21 Hrs.</b>	<b>de 21 a 7 Hrs.</b>
<b>Zona I</b>	55	45
<b>Zona II</b>	60	50
<b>Zona III</b>	65	55
<b>Zona IV</b>	70	70

Del Art. 5: En áreas rurales, los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no podrán superar al ruido de fondo en 10 dB(A) o más.

Del Art.6: Las fuentes fijas emisoras de ruido deberán cumplir con los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos correspondientes a la zona en que se encuentra el receptor.

#### **2.3.2.4 Situación Actual en Chile.**

En todas las plantas se han realizado mediciones del nivel de ruido en periodos inferiores a un año, que cumplen con los estándares exigidos.

Las quejas son en su mayoría internas y por los ruidos de las instalaciones de producción y los procesos de carga/descarga.

Las acciones que se han tomado para reducir los niveles de ruido, son principalmente bloques y muros alrededor de la planta y en las plantas con entorno residencial, se ajustaron los horarios de trabajo y se eliminó la alarma de sonido del cargador frontal.

### **3 Costos.**

#### **3.1.1 Asociados al Manejo de Desechos y Aguas.**

(Instalación de un Sistema de Reciclaje Total)

Después de observar la situación actual de las plantas Pétreos y teniendo en cuenta que una de las secciones deficientes fue la de “Manejo de Agua” debido principalmente al no uso de las aguas servidas y la no recolección de aguas lluvias, que va directamente relacionado con un sistema de reciclado integral, se analizará en detalle el costo de aplicar un sistema de reciclaje completo, que aparte de tener las amplias ventajas mencionadas anteriormente, de manera general es capaz de reciclar los áridos, tanto del hormigón devuelto y/rechazado como del hormigón residual, recicla el agua de lavado y si se cuentan con sistemas para la recolección de aguas lluvias, también esta agua se pueden integrar al proceso de producción de hormigón.

Para calcular costos se tomaran como referencia datos de las plantas de Pétreos, del Grupo Polpaico.

**Tabla Nº 6: Producción de Distintas Plantas Clasificadas por Grupos.**

<b>Producción</b>	<b>m<sup>3</sup> diarios</b>	<b>m<sup>3</sup> mensual</b>	<b>m<sup>3</sup> anual</b>	<b>Nº camiones</b>	<b>Tipo</b>
Alta	800	20.000	220.000	40	Renca-Concepción
Media	400	10.000	110.000	20	Viña
Baja	85	2000	22.000	5-6	Regiones



Primero, de manera muy general, teniendo los datos de la inversión, se realizó el cálculo de la cantidad de años en los cuales es amortizada la inversión inicial:

**Tabla N° 7: Datos de Planta Tipo .**

Producción [m <sup>3</sup> /mes] :	<b>10.000</b>
Días de trabajo por mes:	<b>24</b>
Meses de Trabajo en el año:	<b>11</b>
Hormigón residual <sup>(*)</sup> [%]:	<b>3</b>
Hormigón residual [m <sup>3</sup> /mes]:	<b>300</b>
N° Camiones:	<b>20</b>
Viajes diarios por camión:	<b>3</b>
Viajes totales en el mes:	<b>1440</b>
Cantidad de agua para lavado de 1 camión [lt]	<b>250</b>
Cantidad de agua para lavado de 1 camión [m <sup>3</sup> ]	<b>0,25</b>
Porcentajes aprox. en volumen de hormigón tipo:	
Gruesos (30% a 50 %):	<b>40</b>
Finos (24 % a 28 %):	<b>26</b>
Cemento (10% a 15 %):	<b>15</b>
Agua (10 % a 20 %):	<b>18</b>
Aire ocluido (1 % a 2 %):	<b>1</b>

(\*1) Este dato fue variado según datos entregados por la Empresa Bibko-Alemania, como valor estadístico estándar.

## Cálculo Aproximado del Tiempo de Amortización:

Ecuación (I)

$$\text{Tiempo de Amortización} \approx \frac{\text{Costo Sist. BIBKO [euros]} + 10.000 (*) [\text{euros}]}{\text{Costo sin Sist. Bibko [euros/mes]}}$$

(\*) : El sistema es importado de Alemania por esto se debe incurrir en gastos de: flete, tasas, impuestos y seguros aprox. 10.000 €

Costo Sist. BIBKO (al 16/10/2006):

Sistema totalmente automatizado (ver detalle Anexo 6.3 : Detalle de Sistemas de Reciclaje) : 184.140 €

En pesos Chilenos = 184.140 \* 660.99

$$= \underline{\underline{\$ 121.714.699}}$$

Detalle de costos mensuales:

Costo sin Sist. Bibko = costo llevar lodos a vertedero mensual

+

costo de agua de lavado mensual

- Costo de lodos a vertedero: 3.000 [\$/m<sup>3</sup><sub>lodo</sub>]
- Cantidad de lodos = cantidad de viajes \* cantidad de hormigón residual  
= 1500 [camión /mes] \* 0,25 [m<sup>3</sup>/camión]  
= 375 [m<sup>3</sup><sub>lodo</sub>/mes]

Entonces el “costo llevar lodos a vertedero mensual” = 375\*3.000

$$= \underline{\underline{1.125.000 [$/mes]}}$$

- Costo de agua: 1.100 [\$/m<sup>3</sup><sub>agua</sub>]

- Cantidad de agua de lavado= cantidad de viajes \* agua utilizada por camión

$$= 1440 \text{ [camión/mes]} * 0,25 \text{ [m}^3_{\text{agua/camión}}]$$

$$= 375 \text{ [m}^3_{\text{agua/mes}}]$$

Entonces el “costo llevar lodos a vertedero mensual” =  $375 * 1.100$   
 $= \underline{412.500 \text{ [$/mes]}}$

→ Costo sin Sist. Bibko =  $1.125.000 + 412.500$   
 $= \underline{1.537.500 \text{ [$/mes]}}$

NOTA 1 : la cantidad de viajes se aumenta a 1500 para tomar en cuenta el hormigón que es devuelto.

Finalmente reemplazando en (I):

$$\approx \frac{121.714.699 \text{ [\$]} + 6.609.900 (*) \text{ [\$]}}{1.537.500 \text{ [$/mes]}} \approx 84 \text{ [meses]} \approx 7 \text{ [años]}$$

NOTA 2 : En todo el análisis se supuso que nada del agua es reciclada, se omiten los costos variables por cargador frontal y horas/hombre al descargar, pero a su vez no se internalizan los costos variables del sistema Bibko.

Entonces en vez de seguir pagando 7 años por llevar los lodos a un vertedero, una planta puede pedir un préstamo a un banco para instalar este sistema, pagar lo que paga por llevar a vertedero al banco, con lo cual no esta incurriendo en gastos extras y de esta forma después de 7 años, la planta tendrá recibirá como dinero extra los beneficios de vender sus “residuos”.

Existe otra alternativa para las plantas que no cuenten con los recursos para pedir el total del crédito y es un sistema de la empresa Bibko que es modular, es decir se compra lo básico y en el tiempo se adquieren las otras

partes para completar el sistema (ver detalle Anexo 6.3 : Detalle de Sistemas de Reciclaje).

Se realizó también con el sistema completo Bibko un cálculo del flujo de caja aproximado. Los detalles de los valores de los costos variables se encuentran en Anexo 6.3 : Detalle de Sistemas de Reciclaje.

**Tabla Nº 8: Flujo de Caja para el Sistema Completo de Reciclaje.**

	0	1	2	3	4	...	9	10
Ingresos		232.667	232.667	232.667	232.667	...	232.667	232.667
Costos Fijos		-5.446	-5.446	-5.446	-5.446	...	-5.446	-5.446
Costos Variables		-8.746	-8.746	-8.746	-8.746	...	-8.746	-8.746
Mantenimiento		-7.731	-7.731	-7.731	-7.731	...	-7.731	-7.731
Inversión	<b>-184.140</b>					...		
Valor residual						...		92.070
<b>Flujo Neto</b>	<b>-184.140</b>	<b>210.744</b>	<b>210.744</b>	<b>210.744</b>	<b>210.744</b>	...	<b>210.744</b>	<b>302.814</b>

<b>VPN:</b>	
<b>898.650 Euros</b>	
593.998.931 \$ Chilenos	

Nota 3: Los valores están en Euros.

Nota 4: Los ingresos son generados por el hormigón recuperado que con el sistema es vendido, más el ahorro por no llevar a vertedero los lodos.

Esto llevado a pesos Chilenos corresponde a : **\$593.998.931**

- La tasa de descuento utilizada: 12,5%
- El tiempo de depreciación del sistema de reciclaje : 20 años.
- Valor del euro el 16/10/2006.

El valor presente positivo, calculado para 10 años, nos indica que el proyecto del Sistema de Reciclado Total , marca Bibko es rentable.

### 3.1.2 Otros Costos.

**Tabla N° 9:**  
**Costos Relacionados con el Control de las Emisiones al aire.**

<b>Filtro "Báscula"</b>	\$ Chilenos			
Costo	\$ 1.000.000			
Instalación	\$ 150.000			
<b>Mantenición</b>	<b>\$ Chilenos</b>	<b>cada (frecuencia)</b>	<b>unidad</b>	<b>Veces al año</b>
Cambio Cartucho (1 unidad)	\$ 80.000	12	meses	1

<b>Filtro "Silo"</b>	\$ Chilenos			
Costo	\$ 1.300.000			
Instalación	\$ 600.000			
<b>Mantenición</b>	<b>\$ Chilenos</b>	<b>cada (frecuencia)</b>	<b>unidad</b>	<b>Veces al año</b>
Cambio Cartucho (14)	\$ 1.200.000	12	meses	1

<b>Colector de Polvo (DryBatch)</b>	\$ Chilenos			
Costo+Instalación	\$ 18.000.000			
<b>Mantenición</b>	<b>\$ Chilenos</b>	<b>cada (frecuencia)</b>	<b>unidad</b>	<b>Veces al año</b>
Elementos Filtrantes	\$ 2.000.000	6	meses	1

## **4 Conclusiones y Comentarios.**

De manera general, y después de haber analizado todas las medidas anteriormente mencionadas, se puede inferir que:

La solución considerada más óptima resulta:

- Ser rentable para la empresa aportando ganancias en el largo plazo.
- Solucionar los problemas tanto de desechos sólidos (hormigón residual) como líquidos (aguas residuales). Este método contribuye con la reutilización sin dejar residuos (lodos), con la conservación de materias primas y con el ahorro de espacios para desechos.

Al tomar esta solución se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Analizar la historia de una planta, producción, número de viajes, cantidad de camiones, distribución de espacios, planes futuros, etc.
- Las plantas no deben ser tratadas como una unidad común, debido a que no todas presentan los mismos problemas, ni presentan las mismas características. Al adoptar un sistema de Reciclado Total, para que sea eficiente debe estar hecho a medida de las necesidades de cada planta. Ejemplo de esto es la planta ubicada en Quilín, que cuenta con un reciclador pero por un mal diseño (no se consideraron las cantidades de producción, los tiempos de descarga de camiones, etc.) este sistema no da los resultados esperados porque el agua residual no se utiliza en un 100%, lo que hace que igual existan excesos de agua residual y como consecuencia finos y cemento que tienen que ser llevados a vertederos después de una decantación. Otro problema que sucede en esta planta tiene que ver con la capacidad de recibir hormigón del reciclador.

Nuevamente se advierte el problema de no tomar una solución a medida.

- Se debe tener muy presente que al contar con cualquier equipo (no solo un reciclador), la preocupación por el mantenimiento es esencial, para que estos funcionen correctamente.
- Las otras soluciones para el tratamiento de las aguas grises, como la neutralización, también necesitan de mayor estudio, pero el problema de esta alternativa es que no disminuye la cantidad de lodos sedimentados

Según los análisis a las plantas, para evaluar la Situación Actual, ninguna sección se encuentra con deficiencias bajo la media exigida por Holcim<sup>8</sup>, a excepción del manejo del agua que se encuentra muy por debajo de la media y como se dijo anteriormente esta muy relacionada con la solución óptima del Manejo de Desechos.

Respecto a la situación actual observada, se puede decir que la muestra de plantas no es una muestra representativa de la región metropolitana debido a que todas las plantas pertenecen a la misma empresa (Pétreos) que se encuentra regulada por Holcim. Se debe tener presente que es muy necesario para tener un análisis más representativo, analizar a plantas de otras empresas que no pertenezcan a ninguna multinacional y también que cuenten con una producción menor, que posiblemente por tener menos ingresos tiene menos capacidades para implementar medidas de prevención.

---

<sup>8</sup> Holcim como empresa Suiza con plantas a nivel mundial, tiene exigencias para mitigar los daños ambientales muy avanzadas.

Plantas que cuentan con recicladores podrían evaluar la alternativa de ofrecer el servicio de recibir devoluciones de hormigón aún no endurecido, en tiempos que no utilicen el reciclador para la misma planta, como una forma de tener otro negocio y ayudar al medio ambiente.

Es necesario también comparar evaluando las otras alternativas de uso de los hormigones devueltos, como la fabricación de elementos prefabricados para separadores de acopios de áridos u otros elementos, o ver la posibilidad de entregar esto a un tercero.

Para la compra de un reciclador, es necesario hacer una lista con los distintos fabricantes de recicladores, modelos y características técnicas. Diagramas de instalación, rendimiento, costos, análisis de otras experiencias. También entregar a los proveedores características petrográficas de áridos para verificar rendimientos, periodos de mantención, etc.

Se debe evaluar y definir cual será el destino de los áridos que serán reciclados dependiendo los aspectos tecnológicos del reciclador. Las opciones son:

- El reciclador permite, por su diseño, separar los áridos en varias fracciones que están dentro de las bandas de dosificación de la planta, para ser reutilizados en los hormigones. Es necesario verificar la efectividad del lavado realizado.
- La otra opción es recuperar lo áridos en dos fracciones (grava y arena).
- Recuperación integral de áridos, no existe ninguna separación. La alternativa es vender estos áridos para ser reprocesados.



Aparte de los temas mencionados en esta memoria, Existen otras recomendaciones para un planta que aunque no tengan la misma relevancia que las secciones mencionadas, son temas que no se pueden dejar de lado, estos son:

Consumo de Insumos: Es necesario contar con datos de la cantidad de Energía utilizada (combustible, aceite de calefacción, gas natural, Energía eléctrica) en todos los periodos, igualmente del agua (si es de la red pública o superficial, de pozo, de lluvia, etc.), para poder ver si la cantidad utilizada es en exceso, investigar las causas, y ver donde se puede hacer un ajuste. Porque independiente si el agua es de pozo y no hay regulaciones para su utilización es un recurso limitado que debe ser bien utilizado.

Administración del Tráfico: El tráfico del recinto debe estar bien organizado, para así tener una planta más eficiente, que utiliza de manera optima sus recursos, teniendo siempre presente que minimizar los recursos es lo más importante, también como una forma de evitar accidentes que obstaculizan un buen funcionamiento. Para esto se recomienda:

- Señalética apropiada.
- Indicadores de dirección.
- Limites de velocidad.

Aunque en esta memoria no se trata el tema de lo que sucede en los exteriores de la planta se aconseja:

- Al estar en las cercanías del recinto, los camiones deben utilizar las rutas adecuadas, evitando áreas sensibles y caminos no apropiados.
- Se puede establecer un camino de acceso alternativo, que todos los camiones deben usar, para evitar el tráfico a través de áreas sensibles.

- Tomar acciones adecuadas para prevenir y limpiar los derrames de material en la vía pública que pasa en las cercanías del recinto.
- Los neumáticos de los camiones deben ser limpiados antes de salir de la planta, puede ser en una instalación de lavado de neumáticos. Sobre todo si esta no se encuentra pavimentada.

**Fig. Nº 18: Instalación de limpieza de neumáticos de camiones.**



- Deben existir estacionamientos adecuados para: los camiones en espera principalmente y para los empleados y visitas.

## **Propuesta de Trabajos Futuros:**

Se propone como trabajos que complementaran este estudio:

- Generar un manual, del cual este trabajo formaría parte, que regule todos los desperdicios de la construcción, de los cuales los residuos generados por la industria del hormigón son sólo una parte.
- Realizar un estudio del cuantitativo del Beneficio Social relacionado con el proyecto de instalación de un sistema de Reciclado Total.
- Realizar un catastro a nivel de país para ver la situación de todas las plantas, con ayuda del Check List (anexo 6.5) y analizar la posibilidad de implementar las soluciones mencionadas en este trabajo.
- Teniendo en cuenta que en un mismo país (Ecuador), se contradicen los resultados en cuanto al uso de agua residual en nuevos hormigones. Es necesario realizar ensayos a distintas plantas con esta agua gris para tener más antecedentes.
- Realizar un estudio más profundo al Sistema Químico para reciclar el hormigón residual, incluyendo ensayos de laboratorio. En este *sistema* de reciclaje, al igual que el Reciclado Total, (ver sección 2.1 : “Manejo de Desechos”), la cantidad de agua servida que se genera es menor, debido a que los restos de hormigón que quedan en el tambor no son eliminados del camión, sino que son mezclados con agua y estabilizador, formando parte del agua de mezclado para el próximo hormigón.

## **5 Referencias Bibliográficas.**

1. CONAMA, “ Guía para el control y Prevención de la Contaminación Industrial – Rubro Productos de Cemento y Hormigón”, Santiago - Chile, Agosto 1998.
2. ENVIRONMENT COMMITTEE READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION OF ONTARIO, “Ready Mixed Concrete Industry Recommended Environmental Management Practices”, Ontario- Canada, 1994.
3. ASSOCIATION OF THE SWISS AGGEGATE AND CONCRETE INDUSTRY, “Eco-Efficient Ready Mixed Concrete Plants and Concrete Production”, Suiza, 2003.
4. KINNEY F.D. , “ Reuse of Returned Concrete by Hydration Control – Characterization of a New Concept.”, 1989.
5. HORNUNG F., “Reciclado de Hormigón Residual en Plantas de Hormigón Preparado.”, Alemania.
6. CLARK H.A, DE MARS J.O, VALLE S.A, “ Nuevos Desarrollos en Residuos de Hormigón y Sistemas de Recuperación de Agua de Lavado.” Alemania.
7. COMITÉ ALEMAN PARA EL HORMIGÓN ARMADO – DafStb, “Recomendaciones para la Fabricación de Hormigón Mediante la Utilización de Agua, Hormigón y Mortero Residual.”, Alemania, Julio 1995.

8. BUDNIK J., DAHLHOFF U., RATINGEN, SCHOLL E., “Reciclaje de Hormigón Fresco en Plantas de Hormigón Premezclado.”, Alemania, Noviembre 1995.
9. PETREOS, “ Marco Jurídico Ambiental Aplicable – Extracción de Aridos e Industria del Hormigón.”, Chile, 2005.
10. DEPARTAMENTO TECNICO BETONSA S.A, “Plantas Ecológicas de Hormigón”, Chile, Diciembre 2000.
11. WEISSER M., “Análisis 2006: El Cemento Chileno”, Chile, 2006.
12. HOLCIM, “Certificación ISO 14001”, Mayo 2005, Suiza.
13. SAMPAIO J., “Reciclado del Agua Utilizada en la Fabricación del Hormigón Preparado de Betopal.” Portugal.
14. MATOS A., “ Reciclaje de Residuos”, Portugal.
15. CAVIERES.G, “ Informe: Visitas a Hormigones Rocafuerte Precon S.A.”, Mayo 1999, Guayaquil – Ecuador.
16. DEPTO TECNICO DE BIBKO SYSTEMS, “Reciclado de Hormigón y Aguas en las Plantas de Hormigón Comparativa entre Sistemas”, Febrero 2001, Alemania.
17. UNIDAD TECNICA CENTRAL - PETREOS, “ Efecto del Uso de Agua Gris en la Resistencia de Hormigones de Planta Quilin”, Junio 2001, Santiago - Chile.

18. IMBARACK C, PACHECO E, “Plan de Control de Tiempos en Plantas Premezcladoras” , Enero 2000, Santiago – Chile.
19. DEPTO TECNICO DE BIBKO SYSTEMS, “ Sistemas de Reciclaje de Hormigón en Estado Plástico o Semi Fraguado”, 2003.
20. REVECO A. , SÁEZ M. , “ Avances e Incertidumbres Sujetas al Uso de Agua Reciclada en Plantas de Hormigón.”, Mayo 2001, Santiago – Chile.
21. VICKERS G., “Gray-water recycling basics: here's what to consider when launching a program to handle one of your toughest problems, Septiembre 2002.
22. ENVIRONMENT CANADA AND THE CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF ENVIRONMENT (CCME), “Multi-Pollutant Emission Reduction Analysis Foundation (MERAFA) for the Canadian Ready-Mixed Concrete Sector”, Agosto 2002, Canada.
23. TIRADO G., “Validación de la Metodología de Evaluación de la Sustentabilidad de los Materiales de Construcción. Aplicación al Hormigón y sus Componentes.” 2005, Valparaíso-Chile.
24. [www.ilo.org](http://www.ilo.org)
25. [www.lafarge.com](http://www.lafarge.com)
26. [www.conama.cl](http://www.conama.cl)
27. [www.cdt.cl](http://www.cdt.cl)
28. [www.cthchile.cl](http://www.cthchile.cl)

29. [www.revistabit.cl](http://www.revistabit.cl)
30. [www.ub.es](http://www.ub.es)
31. [www.produccionlimpia.cl](http://www.produccionlimpia.cl)
32. [www.seconstruye.com](http://www.seconstruye.com)
33. [www.editec.cl](http://www.editec.cl)
34. [www.cemento-hormigon.com](http://www.cemento-hormigon.com)
35. [www.ecco.org](http://www.ecco.org)
36. [www.nrmca.com](http://www.nrmca.com)
37. [www.construapremde.com](http://www.construapremde.com)
38. [www.pl.cl](http://www.pl.cl)
39. [www.bcn.cl](http://www.bcn.cl)
40. [www2.netexplora.com](http://www2.netexplora.com)
41. <http://www.hormigonfihp.org/>
42. Missene J., Memoria “Estudio de la Relación entre la Capacidad de Distribución y de Carga de las Plantas de Hormigón de Pétreos S.A.” 2006, Universidad de Chile, Santiago,.

## 6 Anexos.

### 6.1 Reutilización del Agua Residual.

Es de mucha importancia, para una correcta dosificación, saber cual es la cantidad de material sólido contenido en el agua residual. Esta cantidad, puede ser determinada, si la densidad del agua residual se mantiene constante, impidiendo la sedimentación de las partículas finas y la conglomeración de las partículas de cemento con la ayuda de agitadores.

Con el conocimiento de la densidad del agua es posible conocer la masa de agua y la masa del material sólido contenido en ella , lo que hace posible fabricar hormigones de calidad asegurada con propiedades constantes en su estado fresco y endurecido (Ref. 8).

Investigaciones realizadas en el Instituto de Materiales del Hormigón Premezclado en Alemania dieron valores para la densidad de los materiales sólidos del agua residual entre 1,9 Ton/m<sup>3</sup> y 2,3 Ton/m<sup>3</sup>.

Para poder controlar las influencias del material sólido del agua residual se deben considerar tres factores:

- Cantidad de agua en el agua residual.
- Consideración del material sólido en la dosificación volumétrica.

De esta forma las propiedades relevantes del hormigón no deberían cambiar.

Para conocer estos valores se consideró:

$M_{AM}$ : Cantidad de Agua de Mezclado = Requerimiento Total de Agua -  
Humedad de los Agregados.



$M_{AR}$ : Cantidad de Agua Residual = Cantidad de Agua ( $M_A$ ) + Cantidad de Material Sólido ( $M_F$ )

$V_{AR}$ : Volumen de agua residual = Volumen de Agua ( $V_A$ ) + Volumen de Material Sólido ( $V_F$ )

$\gamma_{AR}$ : Densidad del Agua Residual.

$\gamma_F$ : Densidad del Material Sólido (valor medio 2,1 Ton/m<sup>3</sup>).

$\gamma_A$ : Densidad del Agua (1,0 Ton/m<sup>3</sup>).

$$M_{AR} = M_A + M_F \quad (1)$$

$$V_{AR} = V_A + V_F \quad (2)$$

$$V = M / \gamma \quad (3)$$

con (3) en (2)

$$\frac{M_{AR}}{\gamma_{AR}} = \frac{M_A}{1} + \frac{M_F}{\gamma_F} \quad (4)$$

Despejando se obtiene la cantidad de material sólido en función del agua residual y densidad del material sólido:

$$\boxed{M_F = M_{AR} \cdot \frac{(1 - 1/\gamma_{AR})}{(1 - 1/\gamma_F)}} \quad (5)$$

Compensando la cantidad de agua de mezclado ( $M_{AM}$ ) con la cantidad de agua ( $M_A$ ):

$$M_{AM} = M_A \quad (6)$$

(1) en (6)

$$M_{AM} = M_{AR} - M_F \quad (7)$$

$$M_{AM} = M_{AR} \cdot \left( 1 - \frac{1 - 1/\gamma_{AR}}{1 - 1/\gamma_F} \right) \quad (8)$$

De esta forma se obtiene la cantidad de agua residual ( $M_{AR}$ ) a partir de la cantidad del agua de mezclado ( $M_{AM}$ ) y la densidad del agua residual ( $\gamma_{AR}$ ):

$$\boxed{M_{AR} = \frac{M_{AM}}{\left( 1 - \frac{1 - 1/\gamma_{AR}}{1 - 1/\gamma_F} \right)}} \quad (9)$$

A partir de las ecuaciones (5) y (9) se pueden calcular factores para densidades de agua residual constante ( y para densidad de material fino constante) que al ser multiplicados por la cantidad de agua de mezclado se obtiene la cantidad de agua residual a utilizar ( $M_{AR}$ ) y la cantidad de material fino ( $M_F$ ) presente en esta cantidad.

Tabla N° 10 : Factores de cálculo para determinar la cantidad de agua residual ( $M_{AR}$ ) a utilizar y la cantidad de material sólido presente ( $M_F$ ).

$\gamma_{AR}$ [Ton/m <sup>3</sup> ]	$M_R = X \cdot M_{AM}$ [Kg]	$M_F = M_{AR} \cdot Y$ [Kg]
	X	Y
1,03	1,059	0,056
1,05	1,100	0,091
1,07	1,143	0,125
1,09	1,187	0,158
1,11	1,233	0,189
1,13	1,281	0,220
1,15	1,332	0,249

En esta tabla se puede observar que la cantidad de agua residual ( $M_{AR}$ ) es siempre mayor que la cantidad de agua de mezclado ( $M_{AM}$ ), los factores son siempre mayores que uno.

Existen recomendaciones (Alemania) que limitan la cantidad de material sólido presente en el agua residual al 1% de la masa total de agregados. Utilizando valores generales o aproximados:

- 75% del peso del hormigón (2400 Kg/m<sup>3</sup>) son agregados finos y gruesos, da un valor de 1800 Kg/m<sup>3</sup>. Como lo aceptable según las recomendaciones es un 1% de este valor, serían 18 Kg/m<sup>3</sup> de material sólido contenido en el agua residual, suponiendo una cantidad de agua de mezcla 200 Kg/m<sup>3</sup>, para una densidad de 1,05 Ton/m<sup>3</sup>, se obtiene 20 Kg de material sólido.

Como los valores de la dosificación para un hormigón cambian, se puede deducir el límite de la densidad aceptable también variara hasta 1,1 Ton/m<sup>3</sup>, cuando cantidad de agua es menor.

Se debe *considerar el material sólido en la dosificación volumétrica* . Es decir el volumen de agregados debe reducirse según el volumen de material sólido

presente en el agua residual así se mantiene constante la proporción en el hormigón.

**Tabla N° 11:** Requisitos al agua residual y su evaluación como metodologías de ensayo, según la recomendación del DAfStb (Comité Alemán del Hormigón armado) "Agua Residual".

	<b>Características</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Metodología de ensayo</b>
1	Color	Incoloro hasta amarillo débil	Ensayar visualmente en probeta graduada <sup>3)</sup> delante de un fondo blanco. Se echan 80 ml de agua en el cilindro. A los 30 min. las partes finas decantan.
2	Aceite y grasas	A lo más indicios	Ensayar visualmente
3	Detergentes	En todos los casos formación mínima e inestable de espuma	50 ml de agua son sacudidos fuertemente durante 30 seg. en un cilindro y observados durante 5 min.
4	Cloruros Hormigón pretensado <sup>2)</sup>	<= 600 mg/l	por ejemplo; - Reagentes Aquamerck 1) - Titration con Ag(NO3) - Potenciometría directa con el equipo para cloruros Lasa
	Hormigón armado <sup>2)</sup>	<= 2.000 mg/l	
	Hormigón sin armar	<= 4.500 mg/l	
5	Ácido húmico	más claro que café-amarillo; sin olor a amoníaco	Llenar el tubo de ensayo con 5 cm <sup>3</sup> de una muestra de agua. Agregar una solución de hidróxido sódico NaOH al 3% o 4% y sacudir; esperar 3 min. Y ensayar visualmente
1) Descripción según Manual de Uso del fabricante.			
2) Algunas veces es posible una evaluación más apropiada, cuando se considera el contenido de cloruros de todos los insumos del hormigón. En se caso se debe comprobar que en el hormigón pretensado y en el hormigón armado no se debe sobrepasar un 0,20% o un 0,40% del peso del cemento respectivamente.			
3) Probeta graduada de 100 ml.			

## 6.2 Mejores Prácticas para el Manejo de Excesos de Aguas Lluvias.

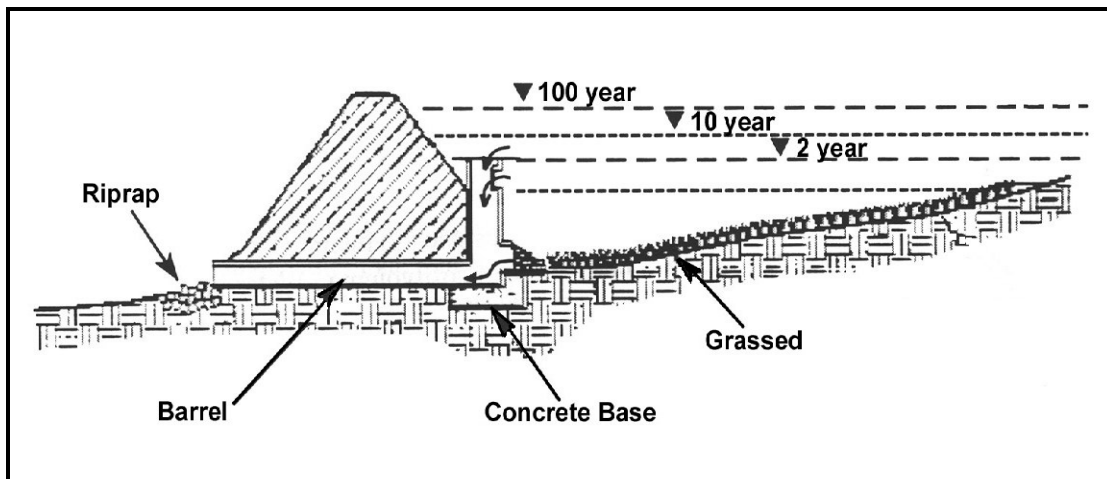
### 6.2.1 Estanques de Retención.

Son estanques o cuencas, también llamadas cuencas secas ( “Dry Ponds”) que han sido diseñadas para contener un volumen de las aguas lluvias y liberarlo gradualmente a sistemas colectores de aguas lluvias o alcantarillados. Son consideradas principalmente para no alcanzar el “peak” de descarga de los colectores o alcantarillas, evitando inundaciones.

La porción de agua es contenida por un máximo de 24 horas, lo que hace que la remoción de contaminantes sea mínima.

Entre eventos de lluvia estas cuencas o estanques se encuentran secos, por eso su nombre.

**Fig. Nº 19: Típico Estanque de Retención.**



Para mejorar las limitaciones de este sistema, que son los cortos tiempos de retención y la colmatación que se puede producir, se han introducido mejoras como micropiscinas en la salida y áreas para la sedimentación con tuberías inversas.

Fig. Nº20: Micropiscina y Tubería Inversa.

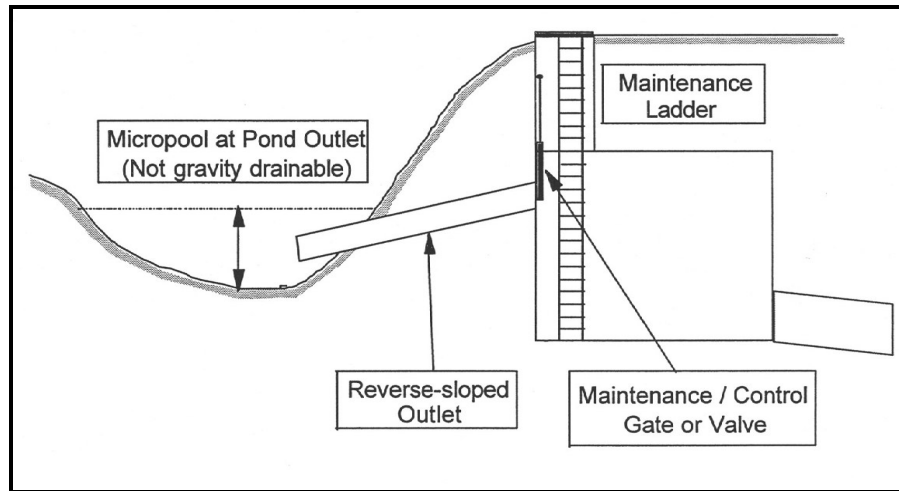
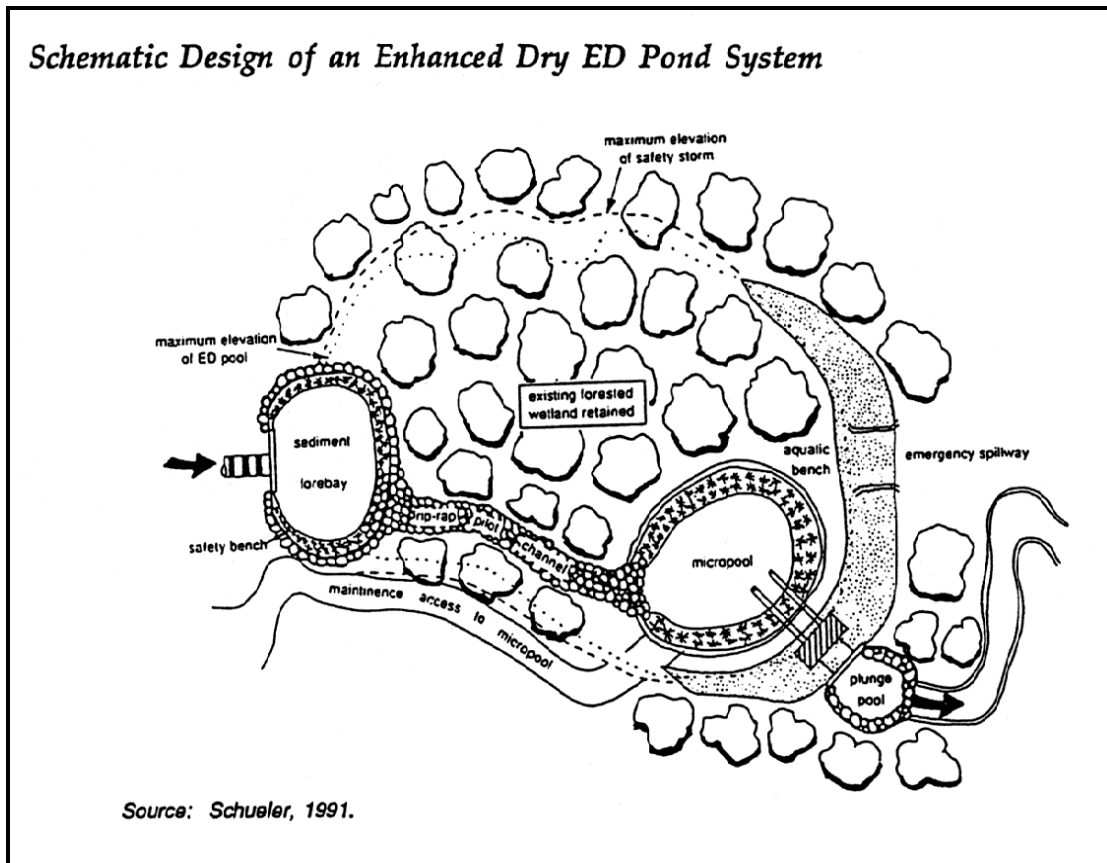


Fig. Nº 21: Esquema de las Mejoras de los Estanques de Retención.

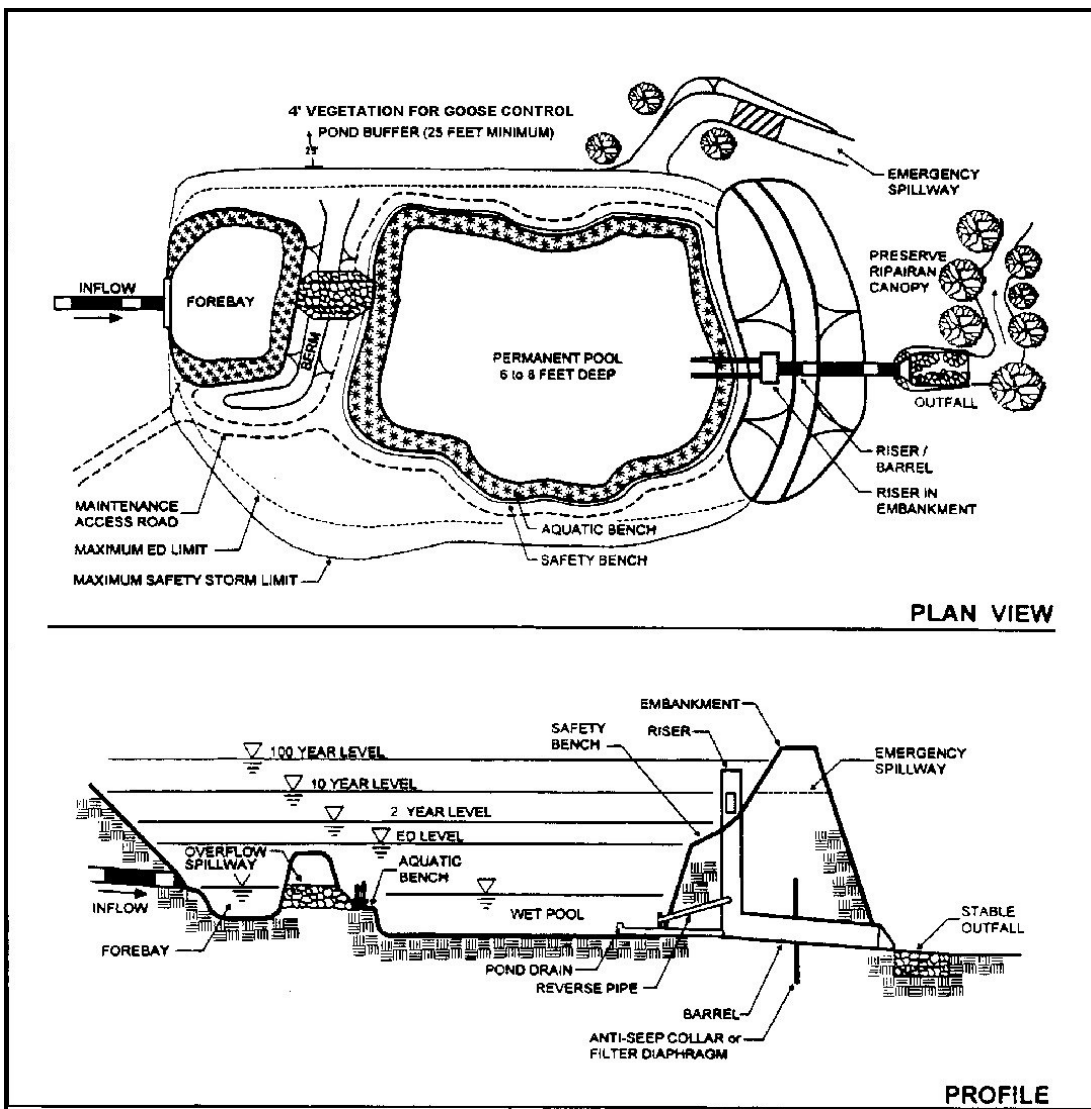


### **6.2.2 Estanques Húmedos.**

Estos estanques o cuencas , tienen una piscina que esta permanentemente con agua para el tratamiento de la escorrentía pluvial que ingresa.

El almacenamiento por largo periodo de tiempo proporciona una sedimentación mecánica de los finos, también un tratamiento biológico y remoción de nutrientes de las aguas lluvias antes de que estos sean descargados por otro evento de lluvia. También protegen a los depósitos sedimentados de la resuspensión.

Fig. N°22: Estanques Húmedos.





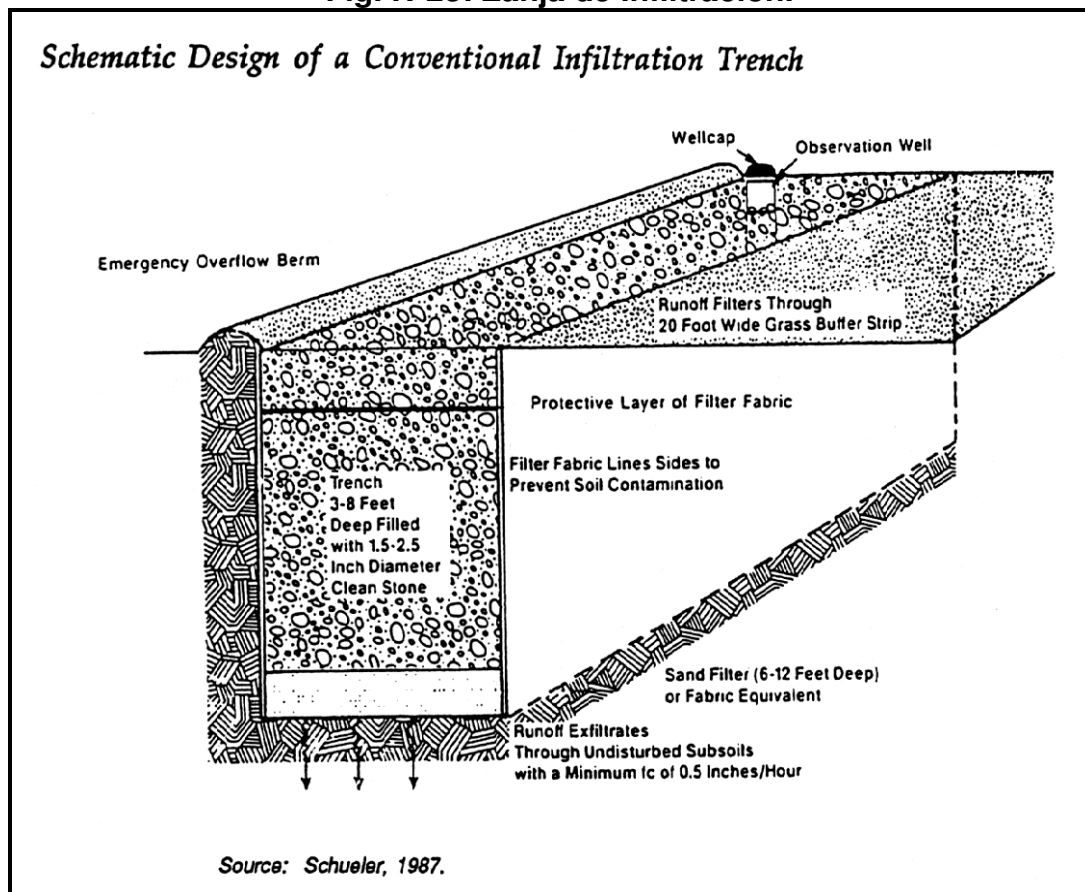
### 6.2.3 Zanjas de Infiltración.

Las zanjas de infiltración son poco profundas , son conductos que han sido excavados y rellenos con piedras, creando un depósito subterráneo, de esta forma la escorrentía pluvial es desviada dentro de la zanja y puede exfiltrar a las napas en el subsuelo.

Pueden complementarse con un tratamiento previo de remoción de sedimentos y aceites.

Para la correcta construcción de estas se debe realizar una investigación geotécnica del suelo de manera que el diseño y la ubicación sean apropiados.

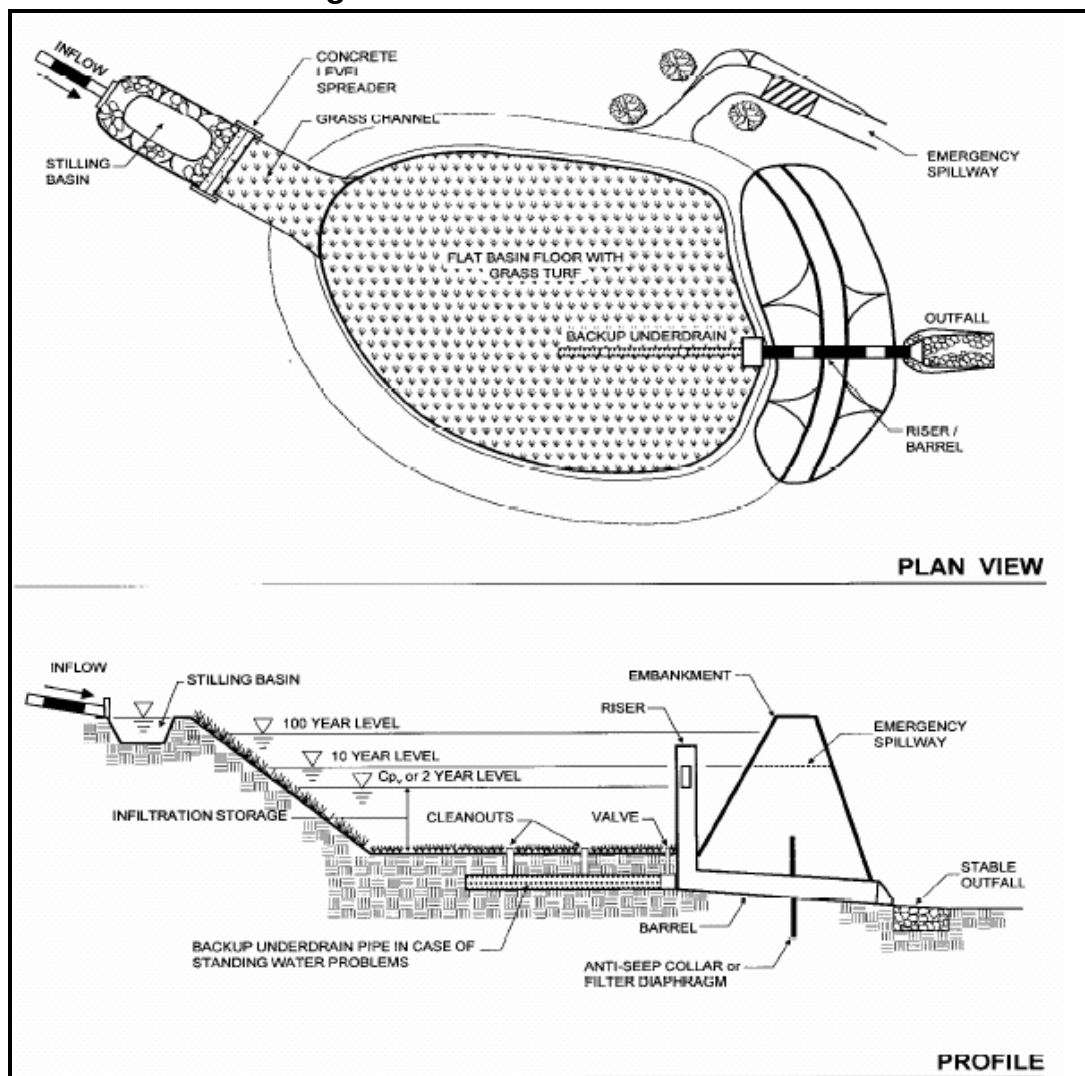
Fig. Nº23: Zanja de Infiltración.



### 6.2.4 Cuenca de Infiltración.

Son cuencas que reciben las escorrentías pluviales, las almacenan y usando el filtro natural del suelo son removidos los contaminantes de las aguas lluvias de esta forma las aguas son liberadas gradualmente al subsuelo.

Fig. Nº 24: Cuenca de Infiltración.

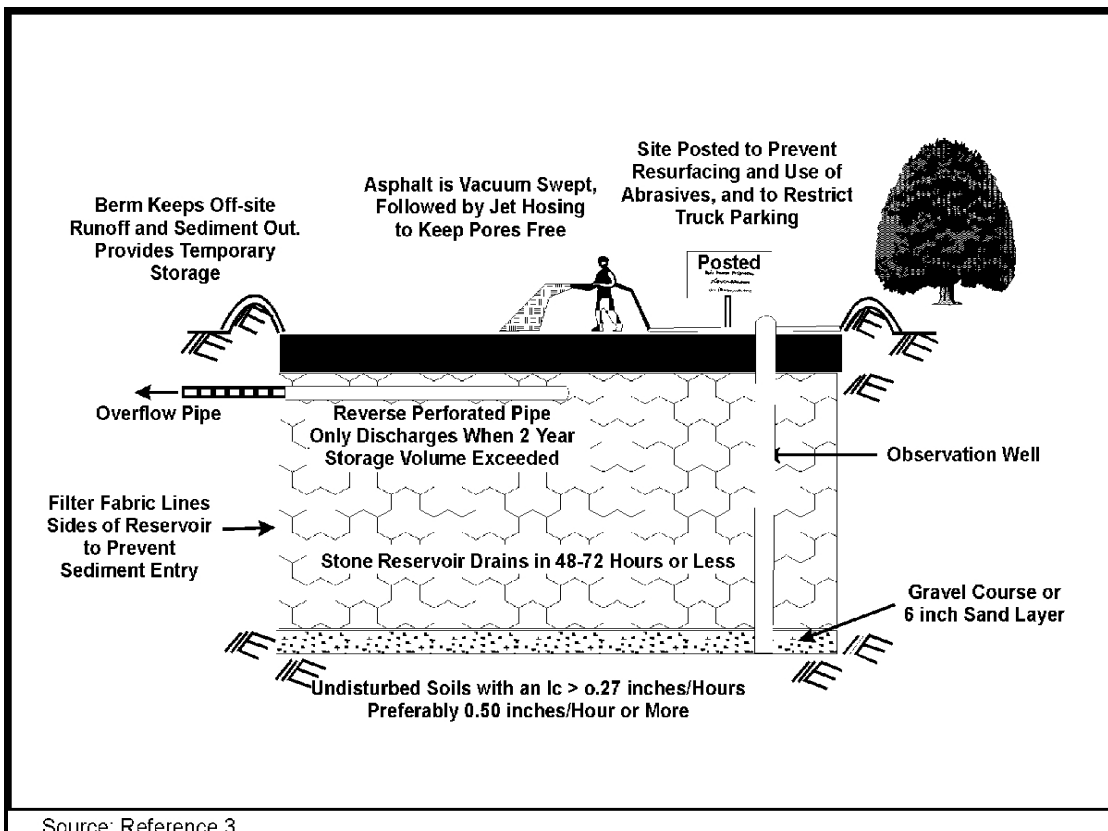


### 6.2.5 Pavimento Poroso.

Este es un pavimento que permite que pasen las escorrentías pluviales a través de él, reduciendo los residuos líquidos en el sitio y en los alrededores.

Existen dos tipos de pavimentos porosos, asfalto poroso y concreto permeable. El asfalto poroso consiste en agregados gruesos, de granulometría abierta, adheridos con el cemento asfáltico, con los suficientes vacíos para hacerlo permeable al agua. El concreto permeable consiste en mezclas de cemento Portland, uniforme, agregados gruesos de granulometría abierta y agua, al tener una gran cantidad de vacíos se produce una rápida percolación de los líquidos a través del pavimento.

Fig. N° 21: Pavimento Poroso.

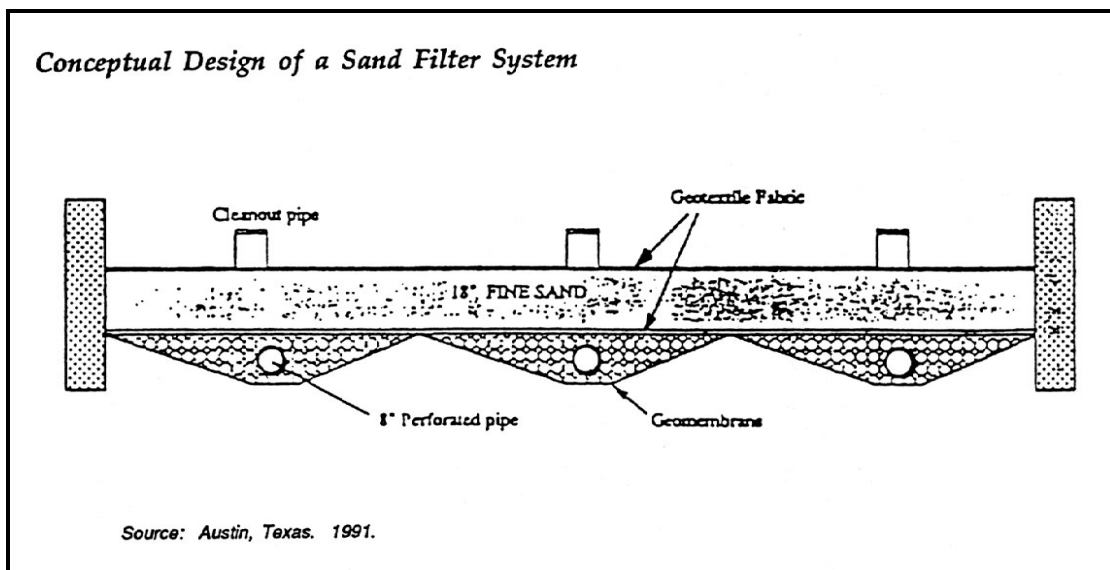


### 6.2.6 Filtros de Arena.

Son técnicas para el tratamiento de las aguas lluvias al filtrarlas a través de la arena, recolectándola luego en tuberías y retornándola a un canal o a otro sitio.

También existen filtros que utilizan capas de: turba, piedra caliza, y/o suelos orgánicos, eventualmente podrían estar cubiertos de una capa de pasto. La capacidad de adsorción de estos filtros, hace que mejoren las tasas de remoción.

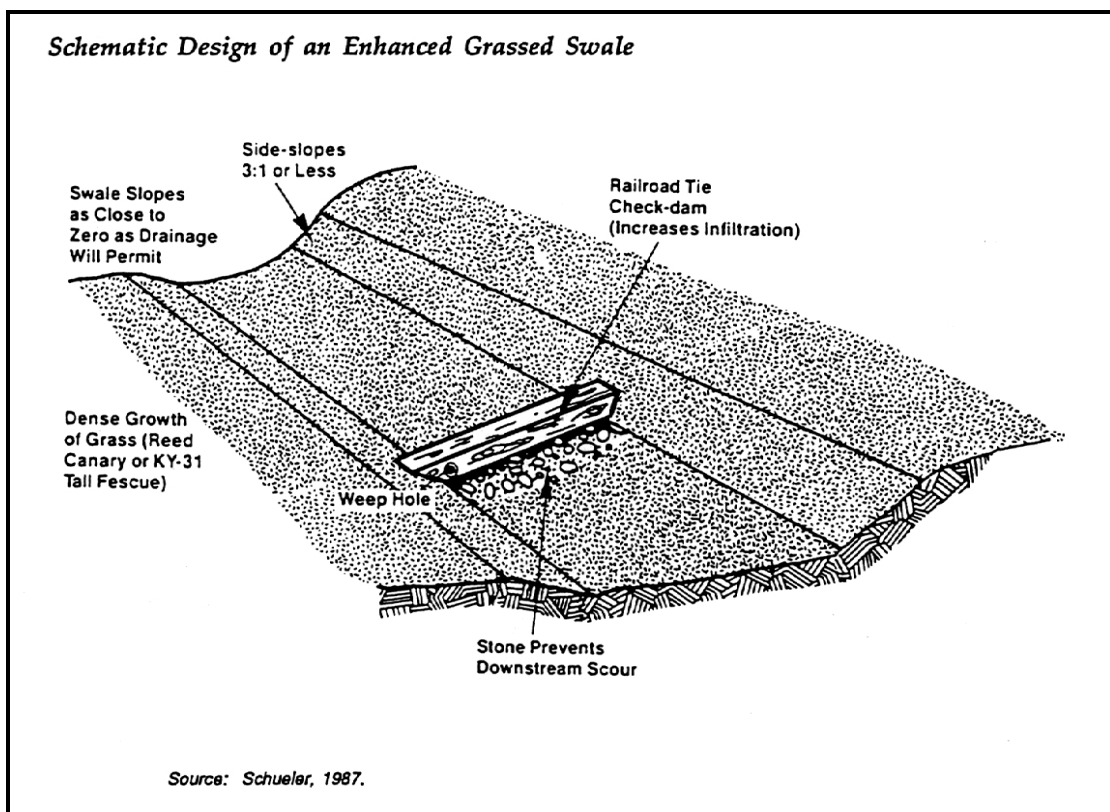
Fig. N° 22: Filtros de Arena.



### 6.2.7 Canal de Hierbas.

Son sistemas de transporte de las aguas lluvias, en los cuales los contaminantes son removidos por filtración a través de la hierba e infiltración a través del suelo. A este sistema se le pueden añadir vigas de bloqueo para aumentar el almacenamiento del agua y estimular mayores sedimentaciones

Fig. N° 23: Canal de hiervas.



### **6.3 Detalle de Sistemas de Reciclaje (Bibko).**

En las siguientes páginas es posible observar el detalle de los Sistemas de reciclaje y los costos variables asociados, debido a que no se contaba con el detalle de todos los tiempos porque para esto sería necesario hacer un seguimiento exhaustivo a una planta que tenga un reciclador, se realizaron aproximaciones y supuestos para calcular algunos valores de tiempos.

Se recurrió también a datos proporcionados por la empresa Bibko de Alemania, que exporta sistemas de reciclaje a nivel mundial.



## Sistema de Reciclado de Hormigón Residual -Tipo Com Tec y Dosificador

### Costos:

kWh	\$ 70
m <sup>3</sup> Agua	\$ 1.100

= 1000 Lts

NI	No Incluido
OI	Opcional Incluido

					Tiempo [hora/día]	Energía [Kwh]	\$ kWh/día [Energía]	Agua [lt/día]	\$ m <sup>3</sup> /día [Agua]
<b>1 MAQUINA DE RECICLADO BIBKO® TIPO COM TEC 20</b>									
Longitud interna del contenedor	:	2500 mm							
Ancho interno del contenedor	:	2000 mm							
Producción	:	20 m <sup>3</sup> /hora							
Potencia instalada	:	5,5 kw	5,5 kw		6	33	\$ 2.310		
Revoluciones de la maquina	:	3,6 rpm							
Peso aprox.	:	4000 kg							
<b>2 TOLVA alimentadora</b>									
	:	2500 x 1250		NI					
(descarga de 2 autohormigoneras al mismo tiempo)									
Peso aprox.	:	200 kg							
<b>3 TRANSPORTADOR especial para áridos</b>									
Sinfin sobre canal elástico de elastómero									
Longitud	:	4000 mm							
Potencia instalada	:	3 kw	3 kw		6	18	\$ 1.260		
Diámetro	:	350 mm							
Peso aprox.	:	500 kg							
NOTA: Variación del precio por metro de longitud									
	:	1130.-€							
	:	\$ 746.919							
<b>4 TUBO PIVOTEADO de 2" para agua de lavado de hormigoneras</b>									
	:			x 2					
Peso aprox.	(c/u 25 kg)	:	50 kg						
<b>5 BOMBA SUMERGIBLE para abastecer el tubo de agua de lavado, para lavar los útiles móviles que pueden desplazarse hasta la recicladora.</b>									
	:			x 2					
Capacidad	(7m altura)	:	480 Lts/min.		2			57.600	
Potencia instalada	(c/u 2kW)	:	2 kw		2	4	\$ 280		
Peso aprox.	(c/u 50 kg)	:	100 kg						
			28.800 Lt/hora						
			2 kw						



**Costos:**

kVh	\$ 70
m <sup>3</sup> Agua	\$ 1.100 = 1000 Lts

NI	No Incluido
OI	Opcional Incluido

				Tiempo [hora/día]	Energía [Kwh]	\$ kWh/día [Energía]	Agua [lt/día]	\$ m <sup>3</sup> /día [Agua]
<b>6 BOMBA SUMERGIBLE ESPECIAL para bombear agua gris desde los tanques (piscinas) hasta la báscula de pesaje del agua con destino a la planta. (Nota: esta bomba tiene las capacidades abajo descritas, si es necesario y/o a pedido se puede variar y debe ser recotizada)</b>								
Capacidad (12m altura)	:	720 litros/min.	43.200 Lt/hora	0,25			10.800	
Potencia instalada	:	5,5 kW	5,5 kw	0,25	1	\$ 96		
Voltaje	:	Trif. 380V50Hz						
Peso aprox.	:	90 kg						
<b>7 SISTEMA REGULADOR DE NIVEL de la reserva de agua gris; nivel y sistema de medición sin contacto con el producto. Por medio de altímetro ultrasónico, con soportes para los sensores y los medidores electrónicos.</b>								
Peso aprox.	:	10 kg						
<b>8 SISTEMA DE AGITACION para la balsa de reserva de agua de reciclaje. Las medidas de los tanques(piscinas) son determinados BIBKO®.</b>				x 3				
Nº de Agitadores	:	3						
Diámetro del propulsor	:	1600 mm						
No. de revoluciones	:	49 RPM						
Potencia Instalada (c/u 4,0kW)	:	12,0 kW	12 kw	6	72	\$ 5.040		
Peso aprox. (c/u 500kg)	:	1500 kg						
NOTA: incluye la isolación contra contaminación acústica.								
<b>9 TABLERO DE CONTROL.</b>								
Cuadro de mando con control absoluto de funciones por medio de PLC con sistemas de trabajo en automático y manual. Todos los tiempos de funcionamiento y parada de los equipos BIBKO pueden ser fácilmente variados usando el teclado y controlando las variaciones por medio de la pantalla en que aparecen las lecturas.								
Peso aprox.	:	25 kg						

**Costos:**

kWh	\$ 70
m <sup>3</sup> Agua	\$ 1.100 = 1000Lts

NI	No Incluido
OI	Opcional Incluido

				Tiempo	Energía	\$ kWh/día	Agua	\$ m <sup>3</sup> /día	
				[hora/día]	[Kwh]	[Energía]	[lt./día]	[Agua]	
<b>10 DOSIFICADOR EXTERNO.</b>									
El dosificador externo alimenta a la máquina lavadora Com Tec de los restos de homigón y agua residual que se encuentran dentro del equipo dosificador.									
Longitud	:	5000 mm							
Ancho	:	2000 mm							
Altura aprox. con cubierta	:	2400 mm							
Potencia	:	5,5 kW	5,5 kw	6	33	\$ 2.310			
Tolva	:	6000x1000mm							
Peso aprox.	:	8000 kg							
<b>11 MODULO ZARANDA VIBRATORIA</b>									
OI									
Para separación de áridos. El mismo va colocado por debajo del transportador especial de áridos. Los áridos son separados a partir de los 4mm de calibre, quedando listos para su reutilización.									
Longitud	:	2300 mm							
Potencia instalada (2 motores c/u 1,1 kW):	:	2,2 kW	2,2 kw	6	13,2	\$ 924			
Peso aprox.	:	500 kg							
<b>12 SISTEMA REGULADOR DE DENSIDAD del agua de reciclaje en la reserva</b>									
OI									
- Densímetro, con soporte para el sensor autolimpiante				x 2					
- Pantalla para la lectura de las mediciones.				x 2					
- Nivel regulador para la cisterna III de agua de reciclaje; nivel y sistema de medición sin contacto con el producto con soporte para el sensor y el medidor electrónico.									
- SPS control del sistema regulador de densidad									
- Bomba sumergible especial para bombear agua de reciclaje desde la cisterna II y agua limpia desde la cisterna I a la cisterna III. (Nota: esta bomba tiene las capacidades abajo descritas, si es necesario y/o a pedido se puede variar y debe ser recotizada)				x 2					
Capacidad (12m altura)	:	720 litros/min.	43.200 Lt/hora	0,2			8.640	\$ 9.504	
Potencia instalada ( 2 bombas c/u 5,5 kW):	:	5,5 Kw	5,5 kw	0,2	1	\$ 77			
Capacidad (12m altura)	:	720 litros/min.	43200 Lt/hora	0,25			10.800		
Potencia instalada ( 2 bombas c/u 5,5 kW):	:	5,5 Kw	5,5 kw	0,25	1,375	\$ 96			
Voltaje	:	380 V							
Peso aprox.	:	300 kg							



**Costos:**

kWh	\$ 70
m <sup>3</sup> Agua	\$ 1.100 = 1000 Lts

<b>NI</b>	No Incluido
<b>OI</b>	Opcional Incluido

**13 PEF Descargador de Bombas de Hormigón.**

OI

Longitud	:	4000-5000 mm	
Potencia instalada	:	<b>3 kW</b>	<input type="text" value="3"/> kw
Diámetro	:	350 mm	
Peso aprox.	:	750 kg	
Canal de elastómero elástico	:	750 kg	
Variación del precio por m de longitud	:	1130.-€	
		\$ 746.919	

Tiempo [hora/día]	Energía [Kwh]	\$ kWh/día [Energía]	Agua [lt/día]	\$ m <sup>3</sup> /día [Agua]
		\$ 12.394		\$ 9.504

Total Costos Variables Diarios

## Sistema de Reciclado de Hormigón Residual -Tipo ComTec

NI	No Incluido
OI	Opcional Incluido

<b>1 MAQUINA DE RECICLADO BIBKO® TIPO COM TEC 20</b>		
Longitud interna del contenedor	:	2500 mm
Ancho interno del contenedor	:	2000 mm
Producción	:	20 m <sup>3</sup> /hora
Potencia instalada	:	<b>5,5 kw</b>
Revoluciones de la maquina	:	3,6 rpm
Peso aprox.	:	4000 kg
<b>2 TOLVA alimentadora</b> : 2500 x 1250		
(descarga de 2 autohomigoneras al mismo tiempo)		
Peso aprox.	:	200 kg
<b>3 TRANSPORTADOR especial para áridos</b>		
Sinfin sobre canal elástico de elastómero		
Longitud	:	4000 mm
Potencia instalada	:	<b>3 kw</b>
Diámetro	:	350 mm
Peso aprox.	:	500 kg
NOTA: Variación del precio por metro de longitud	:	1130.-€
<b>4 TUBO PIVOTEADO de 2" para agua de lavado de hormigoneras.</b>		
Peso aprox.	:	25 kg
<b>5 BOMBA SUMERGIBLE para abastecer el tubo de agua de lavado, para lavar los útiles móviles que pueden desplazarse hasta la recicladora.</b>		
Capacidad (7 m altura)	:	<b>480 Lts/min.</b>
Potencia instalada	:	<b>2 kw</b>
Peso aprox. (c/u 50 kg)	:	100 kg

<b>6 BOMBA SUMERGIBLE ESPECIAL para bombear agua gris desde los tanques (piscinas) hasta la báscula de pesaje del agua con destino a la planta. (Nota: esta bomba tiene las capacidades abajo descritas, si es necesario y/o a pedido se puede variar y debe ser recotizada)</b>		
Capacidad (12m altura)	: 720 litros/min.	
Potencia instalada	: 5,5 kW	
Voltaje	: Trif. 380V50Hz	
Peso aprox.	: 90 kg	
<b>7 SISTEMA REGULADOR DE NIVEL de la reserva de agua gris; nivel y sistema de medición sin contacto con el producto. Por medio de altímetro ultrasónico, con soportes para los sensores y los medidores electrónicos.</b>		
Peso aprox.	: 10 kg	
<b>8 SISTEMA DE AGITACION para la balsa de reserva de agua de reciclaje. Las medidas de los tanques(piscinas) son determinados BIBKO®.</b>		
Nº de Agitadores	: 2	
Diámetro del propulsor	: 1600 mm	
No. de revoluciones	: 49 RPM	
Potencia Instalada (c/u 4,0 kW)	: 8 kW	
Peso aprox. (c/u 500kg)	: 1500 kg	
NOTA: incluye la aislación contra contaminación acústica.		
<b>9 TABLERO DE CONTROL.</b>		
Cuadro de mando con control absoluto de funciones por medio de PLC con sistemas de trabajo en automático y manual. Todos los tiempos de funcionamiento y parada de los equipos BIBKO pueden ser fácilmente variados usando el teclado y controlando las variaciones por medio de la pantalla en que aparecen las lecturas.		
Peso aprox.	: 25 kg	
<b>10 DOSIFICADOR EXTERNO.</b>		ONI
<b>11 MODULO ZARANDA VIBRATORIA</b>		ONI
<b>12 SISTEMA REGULADOR DE DENSIDAD del agua de reciclaje en la reserva</b>		OI
- Densímetro, con soporte para el sensor autolimpiante		
- Pantalla para la lectura de las mediciones.		
Peso aprox.	: 10 kg	
<b>13 PEF Descargador de Bombas de Hormigón.</b>		OI

## **6.4 Problemas a Tener en Cuenta en una Empresa de Producción.**

### **6.4.1 Desechos en general y Residuos Peligrosos.**

#### **6.4.1.1 Descripción.**

Las plantas de hormigón premezclado producen residuos que no pueden ser llevados a cualquier vertedero, porque las cantidades generalmente son muy grandes y esto hace que presenten riesgo para la salud pública y el medio ambiente. Estos residuos son:

1. Metales (ferrosos y otros metales)
2. Goma, neumáticos.
3. Aceite usado.
4. Baterías.
5. Tubos y ampolletas fluorescentes.
6. Desechos de oficinas y talleres.
7. Solventes, pinturas, filtros de aceite, etc.

#### **6.4.1.2 Soluciones y/o Recomendaciones.**

Es necesario como una buena práctica medioambiental y de utilidad para la planta, el reciclaje de los desechos, y en el caso de no hacerlo en la misma planta, emplear compañías externas especializadas y autorizadas.

Se debe mantener un registro de todos los desechos reciclados/eliminados.

Clasificar cada desecho separadamente, en contenedores adecuados, claramente etiquetados e instalados sobre una superficie impermeable (hormigón), si es necesario. Los contenedores de desechos líquidos, deben

estar equipados con indicadores de nivel para evitar llenarlos por sobre su capacidad.

Lo más recomendable es reducir al mínimo la cantidad de desechos:

1. Creando un programa de minimización de desechos.
2. Adquirir productos con envases reciclables o a granel para minimizar el número total de envases.

#### **6.4.1.3 Marco Legal Aplicable.**

Son considerados residuos peligrosos: los residuos o mezclas de residuos que presentan riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar algunas de las siguientes características: toxicidad aguda, toxicidad crónica, toxicidad extrínseca, inflamabilidad, reactividad y corrosividad.

- ***Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos. Decreto Supremo N° 148, Publicado en el diario Oficial el 16 de Junio del 2004.***

Del Art. 1: Establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos que el mismo determina.

Del Art. 2: La fiscalización de este reglamento corresponde a la Autoridad Sanitaria.

Del Art. 4: Los residuos peligrosos deberán identificarse y etiquetarse según la Norma Chilena NCh2.190Of.93., desde que son almacenados hasta su eliminación.



Del Art. 6: Durante el manejo de los residuos peligrosos se deben tomar las precauciones necesarias para prevenir su inflamación o reacción entre ellos, su separación y protección frente a cualquier fuente de riesgo capaz de provocar tales efectos.

Del Art. 7: Se prohíbe en cualquier etapa del manejo de los residuos peligrosos, la mezcla de éstos con residuos que no tengan ese carácter o con otras sustancias o materiales, cuando dicha mezcla tenga como fin diluir o disminuir su concentración.

Del Art. 8: Los contenedores de residuos peligrosos deben cumplir con ciertas características, como tener un espesor adecuado, contruidos de materiales resistentes al residuo que almacenan y no se deben filtrar. Deben ser resistentes a los esfuerzos que se producen en su manipulación, durante la carga, descarga, traslado, para evitar derrames. Se deben reemplazar aquellos que no están en buenas condiciones y han perdido su capacidad contenedora. Deben estar rotulados, en forma visible, señalando las características de peligrosidad del residuo que contienen, el código de identificación, etc. Y solo se podrán reutilizar contenedores cuando no se trate de residuos incompatibles, a menos que hayan sido descontaminados.

Del Art. 19: Se deja establecido que la Autoridad Sanitaria siempre tiene la Facultad de comprobar si un residuo cualquiera es peligroso.

Del Art. 21: Toda instalación, equipo o contenedor, o cualquiera de sus partes, que haya estado en contacto directo con residuos peligrosos, deberá ser manejado como tal y no podrá ser destinado a otro uso sin que haya sido previamente descontaminado, tanto los filtros de aceite y aceites minerales desechados deben considerarse peligrosos.

Del Art. 25: Las instalaciones, establecimientos o actividades que anualmente den origen a más de 12 kilogramos de residuos tóxicos agudos o a más de 12 toneladas de residuos peligrosos que presenten cualquier otra característica de peligrosidad deberán contar con un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos presentado a la Autoridad Sanitaria y elaborado por un profesional.

Del Art. 27: Los que no se encuentren obligados a presentar un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, deberán realizar la eliminación de sus residuos peligrosos en Instalaciones de eliminación que cuenten con la debida Autorización Sanitaria.

Del Art. 29: Todo sitio destinado al almacenamiento debe contar con la correspondiente autorización sanitaria de instalación, a menos que éste se encuentre incluido en la autorización sanitaria de la actividad principal.

Del Art. 31: El periodo de almacenamiento de los residuos no puede exceder de 6 meses.

Del Art. 90: Dentro del listado de residuos que se declara como peligrosos se encuentran las categorías "A3020", correspondiente a aceites minerales desechados no aptos para el uso al que estaban destinados y "A1160" correspondiente a Baterías de plomo desechadas, enteras y trituradas.

#### **6.4.1.4 Situación Actual en Chile.**

En las cinco plantas observadas se clasifican los desechos de metales, gomas y neumáticos, aceites usados y baterías.

Aún no se clasifican (desechan separadamente) los tubos y ampollitas fluorescentes y tampoco los desechos de oficinas.

Y en más de la mitad, no se realizan actividades para reducir la generación de estos desechos, como sustitución de materiales, uso de materiales no reciclables, aceite a granel en vez de latas, etc.

## **6.4.2 Manejo de Combustibles, Lubricantes y Productos Químicos.**

### **6.4.2.1 Descripción.**

Las plantas de hormigón premezclado usan combustibles, aceites y lubricantes para los camiones . Estos son almacenados en la misma planta y son hechos en base a hidrocarburos.

Los combustibles son almacenados generalmente bajo tierra, por esto una filtración al subsuelo puede causar grandes daños, sobretodo si ingresan a pozos de agua o viajan a propiedades vecinas. También se debe tener cuidado con los vapores que producen los derrames de gasolina , que pueden causar daños a la salud y explosiones.

Otros componentes del hormigón son los productos (aditivos) químicos que generalmente son líquidos y suministrados a granel. Algunos de estos son tóxicos, por eso se debe tener precaución para evitar derrames o contacto directo con los trabajadores ( Ej.: concentraciones de ácido muriático para preparar soluciones que se utilizan en el lavado de camiones).

### **6.4.2.2 Solución y/o Recomendaciones.**

Estanques de almacenamiento de combustible:

- El hormigón es permeable para la gasolina o el combustible disel, por esto solo debería ser utilizado en forma temporal.
- Se deben usar materiales resistentes a la corrosión, pedir recomendaciones al proveedor.
- Reforzar o reemplazar lo antes posible los estanques dañados.
- Los Estanques deben estar en posiciones estables.
- Identificar el contenido de los estanques e indicar peligros.

- Se debe contar con buena iluminación en las áreas de almacenamiento.

Si existen estanques de almacenamiento subterráneos estos deben:

- Tener doble pared y estar equipados con un sistema de fugas o filtraciones.
- Realizar inspecciones periódicamente (cada 2 años).

Si los estanques están a nivel de superficie deben:

- Estar equipados con tazonos de retención bien dimensionados o provistos de doble pared.
- Someter a los tazonos de retención a una mantención regular (verificar estanqueidad o apretura, tratamiento adecuado o eliminación de aguas contaminadas).

Se deben realizar sobre bases impermeables, equipadas con control de efluentes, las siguientes actividades:

- Rellenado del estanque de almacenamiento.
- Llenado del combustible en los vehículos.
- Mantención de los vehículos.
- Limpieza de los vehículos.

Tambores de aditivos:

- Tratar de almacenar todos los productos químicos parecidos, en un mismo lugar, para evitar contaminación o mezclas inadecuadas de químicos incompatibles.
- Asegurar que todos los químicos permanezcan en sus contenedores originales y con tapas intactas.
- Etiquetar los productos químicos, nuevos y usados.
- Tener letreros con el nombre y con las instrucciones de seguridad, claramente visibles.

Prácticas de operación:

- Se debe entrenar en forma apropiada al personal designado que maneja los productos químicos.
- Debe haber manuales/apuntes escritos, para el manejo de químicos o combustibles peligrosos. Definiendo claramente los procedimientos de emergencia, donde todos los empleados conozcan sus responsabilidades.
- Los lugares y tipos de almacenamiento deben tenerse muy claros, para poder notificar a los bomberos de la ubicación y contenidos en caso de emergencias.
- Se deben tener medidas de seguridad adecuadas, para evitar el ingreso de personas no autorizadas a los lugares de almacenamiento.
- Se deben mantener los sitios de almacenamiento libres de desechos.
- Se debe hacer una inspección frecuente (1 vez al día) para verificar derrames o filtraciones.

#### **6.4.2.3 Marco Legal Aplicable.**

- ***Decreto Supremo 379/1985, del Ministerio de Economía.***

Reglamento Sobre Requisitos Mínimos de Seguridad para el Almacenamiento y Manipulación de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo, Destinados a Consumos Propios.

Se deben inscribir en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), antes de su puesta en servicio, las instalaciones que tengan un almacenamiento superior a 1,1 m<sup>3</sup>, deberán presentar plano de ubicación del almacenamiento, capacidad, clase de combustible, distancia a las construcciones propias, de terceros y vías públicas.

Si las instalaciones tienen un almacenamiento inferior o igual a 1,1 m<sup>3</sup>, no es necesario el certificado del SEC, pero si deberán cumplir con este reglamento.

En este reglamento se establecen las medidas de seguridad para el almacenamiento de combustibles, las características de tanques o estanques, el rotulado, la ubicación (lejos de focos de inflamación), sobre las tuberías y disposiciones para evitar derrames, entre otras.

- ***Decreto Supremo 29/1986, del Ministerio de Economía.***

Aprueba Reglamento de Seguridad para Almacenamiento, Transporte y Expendio de Gas Licuado.

- ***Decreto Supremo 222/1996, del Ministerio de Economía.***

Reglamento de Instalaciones interiores de Gas.

#### **6.4.2.4 Situación Actual en Chile.**

En las plantas que almacenan combustibles, lubricantes y productos químicos, en promedio los volúmenes almacenados son:

- Combustibles (petróleo): 10.000 Lt
- Lubricantes (aceites): 1000 Lt
- Productos químicos (aditivos): 5000 Lt
- Acido para lavado de camiones: 1000 Lt

Para la prevención de derrames:

Las plantas que cuentan con estanques de almacenaje subterráneo, estos se encuentran provistos de doble pared. Al igual que los estanques a nivel de

superficie que cuentan con tazones de retención, los cuales que son sometidos a mantenciones regulares.

Las actividades como: rellenado del estanque de almacenamiento, llenado de combustible, mantención y limpieza de vehículos (camiones generalmente) en su mayoría (80%), son realizadas sobre bases impermeables con control de efluentes.

Solo en una de las plantas observadas no se encuentran claramente etiquetados los combustibles, lubricantes y productos químicos nuevos y usados, y en dos plantas no se muestran las instrucciones de seguridad en forma clara.

En la gran mayoría de las plantas (80%), están los procedimientos de emergencia claramente definidos, se ha entregado a los empleados un entrenamiento acerca de cómo actuar frente a emergencias y existe una cantidad suficiente de materiales de absorción con un acceso rápido , es decir cercanos a los mismos lugares donde se manipulan combustibles, lubricantes y productos químicos.

En el 80% de las plantas los materiales contaminados son limpiados sistemáticamente y eliminados adecuadamente por una empresa especializada y/o autorizada.

En el 40% se encontró indicios de derrames.





## 6.5 Check List.

## 1. Datos Generales de la Planta

Información General		Observaciones
<b>1.1</b> Ubicación		
<b>1.1.1</b> Región		
<b>1.1.2</b> Comuna		
<b>1.2</b> Compañía a la que pertenece:		
<b>1.3</b> Periodo de la Encuesta:		
<b>1.3.1</b> Día/mes/año		
<b>1.4</b> Datos de Ubicación:		
<b>1.4.1</b> Número de teléfono:		
<b>1.4.2</b> Correo electrónico:		
<b>1.5</b> Año de Construcción / Tomada en Arriendo/ Comprada: (especificar cual de las 3)		
<b>1.6</b> ¿Ha sufrido modificaciones?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA	
<b>1.6.1</b> Si la respuesta es si, en que año fue la última:		
<b>1.7</b> Volumen de producción en m <sup>3</sup> /año (actual)		
<b>1.8</b> Volumen de producción en m <sup>3</sup> /año (año anterior)		
<b>1.9</b> Tipo de Planta		
<b>1.9.1</b> Mezcladora:		
<b>1.9.2</b> Dosificadora:		
<b>1.10</b> Cantidad de camiones:		
<b>1.11</b> Periodo de Operación (días por semana)		
<b>1.12</b> Entorno de la Planta (indicar al norte, sur, este, oeste):		
<b>1.12.1</b> Industrial		
<b>1.12.2</b> Comercial		
<b>1.12.3</b> Residencial		
<b>1.12.4</b> Agrícola		
<b>1.12.5</b> Otro (area ambiental sensible)		

**Datos del Encuestador y Encuestado**

<b>1.13</b> Nombre del Encuestador:		
<b>1.14</b> Cargo:		
<b>1.15</b> Nombre del Encuestado:		
<b>1.16</b> Cargo:		

**Información de las Instalaciones.**

Observaciones

**1.17** ¿Existe un plano de la Planta?

SI

NO

Respuesta SI, Anexarlo.

Respuesta NO:

\* Hacer un bosquejo :

- a) Area de piscinas
- b) Areas de almacenaje
- c) Localización de pozos (si existen)
- d) Localización de Areas de lavado
  - d.1) Internas (tambor)
  - d.2) Externas
  - d.3) Con Acido
- e) Construcciones permanentes
- f) Area de almacenaje de Agregados
- g) Dirección de escorrentías pluviales
- h) Localización de posibles areas que contaminen las escorrentías pluviales.

\* Estimar los siguientes valores :

- i) Tamaño estimado de la Planta (m2)
- j) Cantidad de construcciones fijas
- k) Distancia y dirección del curso de agua más cercano
  - k.1) Distancia en metros
  - k.2) Norte, Sur...etc
  - k.3) Tipo del curso de agua ( Es rio, lago, canal, etc)
  - k.4) Nombre del curso de agua (si se conoce)

**1.18** ¿Existen áreas de la planta arrendadas a otra compañía?

SI

NO

Respuesta SI:

\* Indicar:

- a) Nombre de la compañía
- b) Tipo de operación
- c) Lugar en el plano o bosquejo

## 2 Manejo de Desechos.

### Hormigón Devuelto y Residual.

				Observaciones
2.1 ¿Cómo se trata el hormigón fresco devuelto?	<input type="checkbox"/>	SQ	<input type="checkbox"/>	SNM
	<input type="checkbox"/>	SM(100%)	<input type="checkbox"/>	Prefabricados
	<input type="checkbox"/>	SM(parcial)	<input type="checkbox"/>	Otros
2.2 ¿Qué sistema se utiliza para el hormigón residual?	<input type="checkbox"/>	SQ	<input type="checkbox"/>	SNM
	<input type="checkbox"/>	SM(100%)	<input type="checkbox"/>	Otros
	<input type="checkbox"/>	SM(parcial)		
2.3 Si en alguna de las preguntas 2.2 y/o 2.2 se utiliza SNM o SM(parcial) : ¿qué se hace con los lodos o escombros?	<input type="checkbox"/>	Vertederos		
	<input type="checkbox"/>	Material de Relleno		

### Desechos en General.

Son almacenados y clasificados los siguientes materiales:

2.4 Metales (ferrosos y otros metales)	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
2.5 Goma, neumáticos.	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
2.6 Aceite usado	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
2.7 Baterías	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
2.8 Tubos y ampollitas fluorescentes	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
2.9 Desechos de oficinas y talleres	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
2.10 Solventes, pinturas, filtros de aceite, etc.	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
2.11 ¿Se mantiene un registro de los desechos eliminados (cantidad, tipo)?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
2.12 ¿Intervienen compañías externas autorizadas en el manejo de desechos?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
2.13 ¿Se realiza alguna actividad para reducir la generación de desechos?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
2.14 Solo si la respuesta 2.13 es si, indicar que actividad (uso de material reciclado, productos a granel, etc)						

SQ	: Sistema Químico
SM(100%)	: Sistema Mecánico Total
SM(parcial)	: Sistema Mecánico Parcial
SNM	: Sistema no Mecánico

### 3 Manejo del Agua

#### Agua Superficial

						Observaciones	
3.1	¿La planta esta localizada en áreas criticas respecto a las aguas superficiales?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
Solo si la respuesta anterior es SI, responder de 3.2 a 3.5, se ha llevado a cabo alguna de las siguientes medidas para proteger las napas:							
3.2	Impermeabilizar el suelo, en areas dode se manipulan aceites y combustibles, para prevenir filtración:	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
3.3	Recolección del flujo contaminado, mediante sistemas con separadores de aceite:	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
3.4	Estanques de almacenajes provistos de doble pared:	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
3.5	Estanques de almacenajes provistos de tazones de retención:	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
3.6	¿Se monitorea la calidad de las aguas superficiales periodicamente? ( indicar cada cuanto tiempo)	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
3.7	¿Cumplen con los limites admisibles exigidos?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA

#### Aguas Lluvias

Las aguas lluvias son descargadas a los alcantarillados o colectores públicos:						Observaciones	
3.8	¿Cumplen con los limites admisibles exigidos?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
3.9	Si la respuesta anterior es NO, ¿se han tratado de ajustar?, ¿De que forma?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
3.10	¿Existen sistemas de drenaje y recolección de aguas lluvias, para que estas puedan ser aprovechadas?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
3.11	¿Existe algún sistema para manejar los excesos de aguas lluvias en caso que éstas se reutilizen?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
Solo si la respuesta 3.10 es SI, esponder 3.11 y 3.12							
3.12	¿Estan equipados con separadores de aceite?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
3.13	¿Son inspeccionados y limpiados periódicamente, para asegurar que funcione en buenas condiciones?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO		
Son custodiadas las siguientes entradas de aguas lluvias ( por medio de pavimentación, delimitación, etc) para que no se contaminen:							
3.14	Area de procesamiento, en donde se manipulan el cemento y químicos.	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
3.15	Area de recarga de combustible	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
3.16	Area de mantenimiento de vehiculos	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
3.17	Area de limpieza de vehículos (mixer) con ácido.	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA
3.18	¿Existe un plan de emergencia en caso de inundaciones (escrito y conocido por todos en la plata)?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA

### 3 Manejo del Agua

#### Aguas Servidas

3.1 ¿Se reutilizan?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
3.2 Si no se reutilizan o los excesos de aguas servidas: ¿Son tratados antes de ser eliminados de la planta?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
3.3 Si la respuesta anterior es SI, que tipo de tratamiento reciben estas aguas (Indicar)					
3.4 ¿Se instruye a los empleados para que no utilicen más agua de la necesaria en el lavado de los mixer?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
3.5 ¿Se monitorea la calidad de las aguas?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
3.6 ¿Cumplen con los límites admisibles exigidos?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	

(NOTA: Ver definición en Manual)



## 4 Emisiones al aire

### Polvo

De acuerdo a lo observado por quien realiza el cuestionario, ¿Existen emisiones visibles? en:				Observaciones	
4.1 Procesos de descarga de agregados:	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
4.2 Los acopios de agregados:	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
4.3 La manipulación de agregados.	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
4.4 Transportes internos	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
De las preguntas anteriores, solo las contestadas con un NO, indicar que sistema se utiliza para evitar las emisiones:					
4.5 Procesos de descarga de agregados (ej. Filtros en los silos):	<input type="checkbox"/>	NA			
4.6 Los acopios de agregados:	<input type="checkbox"/>	NA			
4.7 La manipulación de agregados.	<input type="checkbox"/>	NA			
4.8 Transportes internos	<input type="checkbox"/>	NA			
4.9 ¿Los sistemas utilizados son sometidos a mantenimiento regular?	<input type="checkbox"/>	NA			
4.10 ¿Han habido quejas del entorno (residencial, industrial, etc.)? ¿cuántas?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
4.11 ¿Se han realizado mediciones de las emisiones?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
4.12 ¿Cuándo fue realizada la última medición de emisión?	<input type="checkbox"/>	NA			
4.13 ¿Cumplen con los limites admisibles exigidos?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	

### Emisiones de Gases y Partículas.

				Observaciones	
4.14 ¿Se somete a mantenimiento periódica a los vehiculos de transporte?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
4.15 ¿Han habido quejas del entorno (residencial, industrial, etc.)? ¿cuántas?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
4.16 ¿Cumplen con los limites admisibles exigidos?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	

## 5 Ruido.

				Observaciones	
5.1 ¿Se han realizado mediciones de las emisiones?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
5.2 ¿Cuándo fue realizada la última medición de emisión?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
5.3 ¿Cumplen con los límites admisibles exigidos?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
¿Han habido quejas del entorno(residencial, industrial, etc.), en alguno de los siguientes procesos:					
5.4 Las instalaciones de producción ( equipos mezcladores/dosificadores, cintas transportadoras)	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
5.5 Procesos de carga/descarga (cemento, aridos, hormigón)	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
5.6 Tráfico interno, alarmas de transporte interno (cargador frontal).	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
5.7 ¿Se han tomado medidas para disminuir el ruido?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
5.8 ¿Cuáles? (nombrar)	<input type="checkbox"/>	NA			

## 6 Manejo de Combustibles, Lubricantes y Productos Químicos.

**Cantidades** (Indicar, en observaciones, si son estimaciones o valores exactos)

	Unidad	Observaciones
6.1 Combustibles (gasolina, diesel, etc)		
6.2 Lubricantes (aceites, grasas, etc)		
6.3 Productos químicos		

### Prevención

¿Que tipo de material se utiliza para almacenar:			Observaciones
6.4 Combustibles?			
6.5 Lubricantes?			
6.6 Productos Químicos?			
¿Estos materiales son resistentes a la corrosión?			
6.7 Combustibles	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.8 Lubricantes	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.9 Productos Químicos	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.10 ¿Se encuentran identificados y con advertencias de peligro?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.11 ¿Se reemplazan o refuerzan lo antes posibles los almacenajes dañado?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.12 ¿Se encuentran en posiciones estables?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.13 ¿El lugar de almacenaje cuenta con una buena iluminación?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Los estanques subterráneos y/o superficiales:			
6.14 ¿Estan provistos de doble pared o tazones de retención?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.15 ¿Se realizan inspecciones periódicas? (Indicar cada cuanto tiempo)	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Las siguientes actividades se realizan sobre bases impermeables:			
6.16 Rellenado de estanque de almacenamiento	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.17 Llenado de combustible de vehículos/mixer	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.18 Mantenición de vehículos/mixer	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
6.19 Limpieza de vehículos/mixer	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
En relación a los aditivos:			
6.20 ¿Se encuentran almacenados según tipo, para evitar mezclas inadecuadas?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	

## 6 Manejo de Combustibles, Lubricantes y Productos Químicos.

6.21 ¿Permanecen en sus contenedores originales y con tapas adecuadas?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
6.22 ¿Se encuentran etiquetados? (nuevos y usados)	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
Prácticas de Operación:					
6.23 ¿El personal que maneja los químicos se encuentra entrenado para emergencias?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
6.24 ¿Existen escritos que definan los procesos de emergencia?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
6.25 ¿Se tienen claro el lugar físico de los almacenamiento en caso de emergencias?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	
6.26 ¿Se encuentra restringido el acceso de personas no autorizadas al recinto de almacenaje?	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	