



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil

“GUIA DE CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE ÁRIDOS”

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Constructor.

Profesor Guía:
Sr. José Arrey Díaz
Ingeniero Constructor.

**LILIANA CRISTINA SOTOMAYOR FONTEALBA
VALDIVIA - CHILE
2009**

a mamá y papá...

INDICE

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1	Orígenes del suelo	1
1.1.1	Tipos de rocas	1
1.2	¿Qué son los áridos?	2
1.2.1	La industria del árido	3
1.3	Clasificación de los áridos	3
1.3.1	Clasificación de los áridos según sus fuentes	3
1.3.2	Clasificación de los áridos según el modo de extracción	4
1.3.3	Clasificación de los áridos según su uso	5
1.3.4	Clasificación de los áridos según su forma y textura superficial	5
1.3.5	Clasificación de los áridos según el tamaño de sus granos	7
1.3.6	Clasificación de los áridos según el lugar de extracción	8

CAPITULO II: LEGISLACION REFERENTE A LA EXTRACCION DE ÁRIDOS

2.1	Tratamiento jurídico de la Industria del árido	10
2.1.1	Código Civil	10
2.1.2	Código de Minería de 1983	10
2.1.3	Normas Ambientales vigentes	11
2.2	Permisos y Autorizaciones relacionados a la Industria del árido	14
2.2.1	Autorizaciones relacionadas con el lugar o punto de extracción	14
2.2.2	Patentes, Derechos y otras prestaciones que deben pagarse a las Municipalidades por la extracción de áridos	16
2.3	Ley 19.300 y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)	18
2.3.1	El SEIA y la Industria del árido	18
2.3.2	Procedimiento del SEIA	19
2.3.3	Permisos ambientales sectoriales que se otorgan en el SEIA relacionados con la Industria del árido	20

CAPITULO III: EXPLOTACION DE UN YACIMIENTO

3.1	Tipos de plantas de extracción de áridos	22
3.1.1	Extracción de áridos desde bancos de sedimentación	22
3.1.2	Extracción de áridos desde cauce de río	22

3.1.3	Extracción de áridos desde posos secos	23
3.1.4	Extracción de áridos desde canteras	23
3.2	Fases de un proyecto de extracción de áridos	24
3.2.1	VARIABLES IMPORTANTES A EVALUAR	24
3.2.2	Estudio técnico	25
3.2.3	Prospección de yacimientos	29
3.3	Procesamiento de áridos	31
3.3.1	Proceso seco	31
3.3.2	Proceso húmedo	32
3.3.3	Descripción del proceso de operación de una planta de procesamiento tipo	33
3.4	Maquinaria y equipos	34
3.4.1	Chancadoras	34
3.4.2	Seleccionadoras	34
3.4.3	Maquinaria de movimiento de tierra	34
3.4.4	Maquinaria de extracción en ríos	35
3.4.5	Equipos complementarios	35
3.5	Acopio	36
3.5.1	Acopio al aire libre	36
3.5.2	Acopio encapsulado	36

CAPITULO IV: TRATAMIENTO DE LOS ÁRIDOS

4.1	Selección y garantía de los áridos	38
4.1.1	Características y propiedades físicas de los áridos	38
4.1.2	Recepción y garantía de los áridos	39
4.1.3	Toma de muestras	40
4.1.4	Ensayos	41
4.1.5	Cualidades deseables de los áridos	41
4.1.6	Plan de control	42
4.2	Elementos y técnicas del chancado	42
4.2.1	¿Qué es el chancado?	42
4.2.2	Diseño de la trituración	43
4.2.3	Localización	43
4.2.4	Transporte del material al chancado	44

CAPITULO V: PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES PRODUCIDOS EN LA INDUSTRIA DEL ÁRIDO

5.1	Efectos medioambientales de las explotaciones de áridos	45
5.2	Ruido	45

5.2.1	Medición del ruido	46
5.3	Vibraciones	47
5.4	Emisiones a la atmósfera	48
5.5	Gestión del ciclo de agua	50
5.6	Gestión de estériles, residuos mineros u residuos industriales	51
5.6.1	Estériles y residuos mineros	51
5.6.2	Residuos industriales	52
5.7	Biodiversidad	52
5.8	Impacto visual	53
5.9	Restauración	53
5.10	Transporte externo	55

**CAPITULO VI: SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES
PRODUCIDOS EN LA INDUSTRIA DEL ÁRIDO**

6.1	Medidas de control de la contaminación	56
6.2	Medidas para controlar el ruido	56
6.2.1	Control del ruido en la fuente	56
6.2.2	Control del ruido a través del medio de transmisión (aire)	57
6.3	Medidas de control de vibraciones	59
6.4	Medidas de control del polvo	60
6.5	Medidas de control de otras emisiones a la atmósfera	61
6.6	Medidas para la gestión del agua	61
6.7	Medidas para la gestión de estériles, residuos mineros y residuos industriales	62
6.7.1	Estériles y residuos mineros	62
6.7.2	Residuos industriales	63
6.7.3	Residuos de construcción y demolición	64
6.8	Medidas de protección de la biodiversidad	64
6.9	Medidas contra el impacto visual	67
6.10	Medidas aplicadas en la restauración	68
6.10.1	Accesos, y protección de accesos inadvertidos	68
6.10.2	Medidas para la consolidación de los frentes	69
6.10.3	Integración paisajística de los frentes	69
6.10.4	Acondicionamiento de las bermas	69
6.10.5	Restauración de la explotación	70
6.10.6	Restauración de las instalaciones	70
6.10.7	Depósitos de estériles	70
6.11	Medidas medioambientales para el transporte externo	71
6.12	Otros aspectos de la gestión medioambiental	72

6.12.1	Eficiencia energética	72
6.12.2	Orden y limpieza en la explotación y la planta de tratamiento	73
6.12.3	Patrimonio arqueológico	74
6.12.4	Sistemas de gestión medioambiental	74
6.12.5	El papel de los trabajadores en la protección del medioambiente	74

CAPITULO VII: GUÍA DE CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE EXTRACCIÓN Y TRATAMIENTO DE ÁRIDOS

CAPITULO VIII: ANALISIS CRÍTICO A PLANTA DE ARIDOS: PLANTA DE ARIDOS CHUMPULLO, DE VALDICOR.

8.1	Antecedentes De La Empresa	92
8.2	Identificación Del Lugar De Trabajo	92
8.3	Cumplimiento De La Normativa En La Empresa	94
8.4	Problemas Medioambientales Producidos Por La Planta	94
8.5	Soluciones A Los Problemas Medioambientales Producidos En La Planta Chumpullo	96 99
	CONCLUSIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA	

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1:	Planta de extracción de áridos.	2
Fig. 1.2:	Planta de procesamiento de áridos.	2
Fig. 1.3:	Extracción artesanal de áridos.	4
Fig. 1.4:	Extracción mecanizada de áridos.	4
Fig. 1.5:	Árido rodado.	7
Fig. 1.6:	Árido chancado.	7
Fig. 1.7:	Arena	7
Fig. 1.8:	Gravilla	7
Fig. 1.9:	Grava	7
Fig. 1.10:	Grava Gruesa o Bolón	7
Fig. 1.11:	Extracción desde banco arenoso.	8
Fig. 1.12:	Extracción desde cauce de río.	8
Fig. 1.13:	Extracción desde pozo seco	8
Fig. 1.14:	Extracción desde cantera	8
Fig. 2.1:	Los cauces naturales, son fuentes renovables de recursos, si han sido debidamente explotados.	14
Fig. 2.2:	Los pozos abandonados a menudo sirven como vertederos de residuos de construcción.	14
Fig. 2.3:	Caso ideal de recuperación es cuando el proceso es simultáneo a la fase de operación de la planta.	19
Fig. 2.4:	Se debe tener especial cuidado en no alterar ni contaminar las napas subterráneas.	19
Fig. 3.1:	Operación de un banco de sedimentación.	23
Fig. 3.2:	Carga de un falucho en una planta de extracción desde cauce de río.	23
Fig. 3.3:	Pozo seco en operación.	24
Fig. 3.4:	Vista parcial de una cantera.	24
Fig. 3.5:	Planificación: plano de circulación elaborado en la etapa de planificación.	26
Fig. 3.6:	Construcción: instalación de las cintas transportadoras.	26
Fig. 3.7:	Operación: carga de material desde un pozo a los camiones de transporte.	28
Fig. 3.8:	Abandono: recuperación de terreno explotado	28
Fig. 3.9:	Operaciones típicas de un proceso seco	32
Fig. 3.10:	Operaciones típicas de un proceso húmedo	32
Fig. 3.11:	Máquina chancadora de cono.	35

Fig. 3.12:	Planta típica de procesamiento con vía húmeda y seca.	35
Fig. 3.13:	Acopio al aire libre.	37
Fig. 3.14:	Encapsulamiento en silos.	37
Fig. 3.15:	Encapsulamiento en tolvas.	37
Fig. 3.16:	Encapsulamiento en domos.	37
Fig. 4.1:	Muestras de material preparadas para recepción y garantía.	40
Fig. 4.2:	Preparación de las muestras para los ensayos del material.	40
Fig. 4.3:	Máquina de Los Ángeles, que permite medir la dureza del material, en el ensayo de Los Ángeles.	41
Fig. 4.4:	Laboratorio de ensaye de materiales de construcción.	41
Fig. 4.5:	Polvo de roca, material extraído del chancado de material.	43
Fig. 4.6:	Máquinas chancadoras de mandíbula primaria y secundaria.	43
Fig. 5.1:	Operación de carga en el frente, donde se produce grandes cantidades de ruido molesto.	47
Fig. 5.2:	Martillo hidráulico, fuente de ruido molesto.	47
Fig. 5.3:	Vibraciones y onda aérea en una voladura.	48
Fig. 5.4:	Filtros que aspiran el polvo de las seleccionadoras, chancadoras y cintas transportadoras	48
Fig. 5.5:	Aguas de lavado de arena cargadas de lodos.	51
Fig. 5.6:	Rechazos del proceso esparcidos por el lugar.	51
Fig. 5.7:	Incorrecta gestión del agua ofrece grandes peligros a la flora y fauna del lugar.	53
Fig. 5.8:	La industria del árido es una actividad altamente dañina a los ecosistemas del lugar.	53
Fig. 5.9:	Barrera física formada por material de rechazo no utilizable.	54
Fig. 5.10:	Reforestación, reduce el impacto visual.	54
Fig. 5.11:	Al no haber restauración, muchos pozos quedan abandonados, convirtiéndose en peligrosas lagunas.	54
Fig. 5.12:	Residuos de construcción, son importantes a la hora de la restauración.	54
Fig. 6.1:	Influencia de la distancia de las pantallas a la fuente.	58
Fig. 6.2:	Revestimiento de instalaciones para confinar el ruido y el polvo.	59
Fig. 6.3:	Control de vibraciones en el entorno de la explotación para estudiar la relación carga vibración con objeto de calcular la carga instantánea en la voladura siguiente.	59
Fig. 6.4:	Planta de tratamiento cubierta, con solera de hormigón y acopios encapsulados.	61

Fig. 6.5:	Riego por rocío en distintos puntos del proceso como en la descarga, cintas, seleccionadores, chancadoras	61
Fig. 6.6:	Balsas de aguas limpias con solera de geotextil y vallas.	62
Fig. 6.7:	Relleno del pozo con estériles inertes.	62
Fig. 6.8:	Áreas recuperadas en explotación.	66
Fig. 6.9:	Humedal de gran riqueza ecológica, en pozo de explotación.	66
Fig. 6.10:	En las explotaciones de áridos bien gestionadas la fauna es un elemento siempre presente.	66
Fig. 6.11:	Desarrollo de la vegetación.	66
Fig. 6.12:	Pantalla vegetal y edificios de color verde para reducir el impacto visual de la planta.	67
Fig. 6.13:	Envejecimiento natural del frente, desarrollo de la vegetación.	67
Fig. 6.14:	Reforestación con especies nativas, suavizado de taludes.	68
Fig. 6.15:	Vista general de un área restaurada.	68
Fig. 6.16:	Accesos a la explotación asfaltados o pavimentados.	71
Fig. 6.17:	Sistema de lavado de ruedas y parte baja del camión por agua a presión.	71
Fig. 7.1:	Accesos poco atractivos muestran falta de orden, de organización y de profesionalismo.	77
Fig. 7.2:	Acumulación de materiales de desecho	77
Fig. 7.3:	Vegetación natural no significa falta de mantenimiento.	77
Fig. 7.4:	Cauce de río explotado	78
Fig. 7.5:	Extracción desde un banco arenoso.	78
Fig. 7.6:	Cartel ilegible por falta de mantenimiento.	79
Fig. 7.7:	Frentes bien conformados y saneados	79
Fig. 7.8:	Áreas de descubierta bien definidas. Trabajos ordenados de acuerdo con el proyecto de explotación.	80
Fig. 7.9:	Instalaciones muy bien conservadas, el cierre de los elementos ayuda a la limpieza y el orden.	80
Fig. 7.10:	Instalación oxidada	81
Fig. 7.11:	Mantener los equipos es evitar la contaminación de los suelos y las napas subterráneas.	81
Fig. 7.12:	Mantener los equipos es evitar la contaminación de los suelos y las napas subterráneas.	81
Fig. 7.13:	Pistas amplias con rocas dispuestas a modo de muro como protecciones de seguridad.	82

Fig. 7.14:	Ejemplo de plano de circulación, con indicaciones para la ubicación de los diferentes acopios.	82
Fig. 7.15:	Residuos y materiales ya utilizados	83
Fig. 7.16:	Residuos contaminantes esparcidos y sin cuidado.	83
Fig. 7.17:	Barreras laterales en acopio de finos	84
Fig. 7.18:	Riego de pistas con camión cuba	84
Fig. 7.19:	Cintas con cubierta	85
Fig. 7.20:	Dispositivos de riego de cargas en camión.	85
Fig. 7.21:	Protección de la caída del material en el acopio.	85
Fig. 7.22:	Sustitución de componentes por otros que producen menos ruido (malla de goma)	86
Fig. 7.23:	Mantenimiento intensivo de la maquinaria. Reduce el ruido y prolonga la vida útil	86
Fig. 7.24:	El uso de equipos de protección individual es otro signo de compromiso	86
Fig. 7.25:	Vista general de áreas recuperadas	87
Fig. 7.26:	La agricultura es una aliada para recuperar terrenos	87
Fig. 7.27:	Recuperación del suelo en un río español, el territorio fue restaurado y convertido en un campo de golf	87
Fig. 7.28:	Recuperación del suelo en un río español, el territorio fue restaurado y convertido en un campo de golf	87
Fig. 7.29:	Escombrera de estériles inertes revegetada con hidrosiembra, usada como pantalla visual y acústica.	88
Fig. 7.30:	Las áreas restauradas permiten explicar a los visitantes y clientes, los trabajos realizados y dar una buena imagen empresarial	88
Fig. 7.31:	Las áreas restauradas permiten explicar a los visitantes y clientes, los trabajos realizados y dar una buena imagen empresarial	88
Fig. 8.1:	Vista aérea e la planta de áridos Chumpullo de Valdicor	92
Fig. 8.2:	Extracción de áridos desde el cauce del Río Calle Calle	92
Fig. 8.3:	Transporte del material hasta la planta a bordo de Faluchos.	92
Fig. 8.4:	Procesamiento del material en la planta de tratamientos Chumpullo de Valdicor.	92
Fig. 8.5:	Al llegar el falucho al muelle, el material es descargado con excavadoras y puesto en un buzón de carga.	93
Fig. 8.6:	Desde el buzón de carga es transportado hasta el seleccionador que lo separará en tamaños.	93

Fig. 8.7:	En el seleccionador se separa en arenas, gravillas, gravas y bolones, que luego se acopian.	94
Fig. 8.8:	El material es acopiado al aire libre, donde luego se retira con la venta.	96
Fig. 8.9:	Existen varios puntos de acumulación de basura, no hay un lugar habilitado para botarlas.	96
Fig. 8.10:	El agua del lavado de arenas es depositada directamente al suelo.	
Fig. 8.11:	Generador eléctrico de la planta.	98
Fig. 8.12:	Los combustibles son perfectamente guardados, sellados y almacenados en una bodega.	98
Fig. 8.13:	El material es acopiado por separado, evitando mezclas indeseadas.	98
Fig. 8.14:	Estacionamiento de camiones tolva.	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Normativa asociada al aire	11
Tabla 2:	Normativa asociada al ruido	12
Tabla 3:	Normativa asociada al agua	12
Tabla 4:	Normativa asociada al suelo	13
Tabla 5:	Normativa asociada a monumentos nacionales	13
Tabla 6:	Normativa asociada a flora y fauna	13
Tabla 7:	Normativa asociada al transporte	14
Tabla 8:	Permisos Sectoriales del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental	20 38
Tabla 9:	Normas relativas a los áridos	47
Tabla 10:	Niveles Máximos Permisibles De Presión Sonora Corregido	49
Tabla 11:	Niveles admisibles de emisiones contaminantes a la atmósfera	
Tabla 12:	Límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúan a redes de Alcantarillado que no cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas	51 56 60
Tabla 13:	Medidas de control de ruido	62
Tabla 14:	Medidas de control de polvo	
Tabla 15:	Medidas de gestión de aguas	
Tabla 16:	Medidas de gestión de residuos industriales	63

RESUMEN

Los áridos mueven una industria fundamental y necesaria para el desarrollo, ya que provee los recursos naturales primordiales para la industria de la construcción, la industria del árido es una actividad que provoca desgaste al medio ambiente y que también repercute en la salud humana y en la visión empresarial de la actividad.

Para diseñar una planta de extracción y tratamiento de áridos que funcione con una adecuada gestión medioambiental, se deben seguir una serie de etapas para desarrollar bien y en orden el proceso de operación y mitigar los problemas producidos

En esta tesis, se expone una guía con recomendaciones prácticas sobre los principales problemas producidos, cómo solucionarlos y qué considerar a la hora de crear una empresa con una gestión adecuada.

SUMMARY

The arid move a necessary and fundamental industry for the development, it provide the natural resources for the construction industry, the arid industry destroys the environment, and also damage the human health, affecting the corporal vision of the company.

For to design a factory of extraction and treatment of arid, that works with a suitable environmental management, it must consider a series of stages for to develop in sequence the process and to mitigate the problems.

In this investigation, I exhibit a guide of practical recommendations about the principal problems about the arid industry, how resolve them, and what we must to consider at the moment to create a company with a suitable management.

INTRODUCCION

El árido es un bien natural que se nos entrega en diversas formas y lugares. El hombre siempre ha utilizado este material en distintas aplicaciones generalmente relacionadas con el ámbito de la construcción. Desde la prehistoria hay ejemplos de su aplicación en el empleo de bloques para construir viviendas destinadas a proteger de los efectos del clima. En América también los incas y aztecas construyeron puentes, caminos edificios y templos con grandes bloques de roca y áridos pequeños.

A partir de la época de la Revolución Industrial, hasta hoy, ha habido grandes avances tecnológicos y se han ideado infinidad de sistemas y materiales de construcción, sin embargo no se ha descubierto aun un material que supla los agregados pétreos ni en la economía de su producción ni en la docilidad para trabajar. Hoy en día se han diversificado considerablemente las aplicaciones de estos para satisfacer las crecientes necesidades de la humanidad. Actualmente el consumo de áridos es extraordinariamente masivo en todo el mundo, generando en regiones el agotamiento de los yacimientos aprovechables.

En Chile la actividad ha tenido una evolución marcada principalmente por la presión que ejerce el mercado, con una demanda creciente del recurso desde el sector construcción. En ellos esta comprometida toda la infraestructura del país a través de sus obras públicas y privadas y por esto son de gran influencia en el desarrollo de las ciudades de todo el país.

Un problema importante y no considerado en las explotaciones de áridos es el enorme daño que recibe el suelo y el entorno natural en que se extraen, y la poca conciencia que existe en los individuos y empresas que manejan la industria. En muchos países existe normativa que protege el ambiente, pero tanto en ellos como en Chile existe poca o nula fiscalización e investigación al respecto.

Antes de dar comienzo a un proyecto de extracción de áridos, sea en cauces o en pozos, se debe hacer un detallado estudio del diseño de ésta, teniendo en cuenta cada una de sus fases, desde la planificación hasta su operación, y además considerar primordialmente el plan de abandono de esta planta. Cuando una planta no tiene medidas de gestión que protejan el medio donde funcionan, se produce una serie de errores, para algunos insignificantes, pero dañinos. A

esto se le darán soluciones prácticas y a la mano de cualquier empresa de la industria de la construcción.

Esta tesis expondrá el diseño de una planta de extracción y tratamiento de áridos, considerando una buena gestión medioambiental, para poder devolver a la naturaleza su riqueza lo menos lastimada y tan rica como se nos entregó. Se entregará una guía de recomendaciones o condiciones medioambientales mínimas para que la planta no produzca daño medioambiental, ni a la salud humana o a la imagen que el exterior tiene de las plantas de extracción y tratamiento de áridos y a toda la industria de la construcción. También se incorporará de modo práctico, una revisión de una planta de extracción, para identificar los posibles daños que esta podría producir al medioambiente.

OBJETIVOS

➤ **Objetivo General**

El objetivo principal de esta tesis, es crear una guía de las condiciones medioambientales mínimas a considerar para el diseño de una planta de extracción y procesamiento de áridos, una guía que sea una herramienta capaz de guiar al lector de forma clara, de la secuencia que debe seguir para la diseñar e implementar una planta de extracción y tratamiento de áridos, en función de una buena gestión medioambiental, que no genere grandes repercusiones al medioambiente y no cause una mala imagen de la empresa al exterior.

Enseñar cuales son los principales problemas producidos por esta industria, y cuales son las soluciones más factibles para remediar estas dificultades y también repararlas.

Guiar al que consulta, en el tratamiento jurídico relacionada a la industria del árido, desde las regulaciones de territorio y uso de suelo, hasta la normativa ambiental que esta debe cumplir, y los permisos pertinentes a la hora de explotar un terreno.

➤ **Objetivos Específicos**

- Conocer los conceptos básicos relacionados con la industria del árido, como son las clasificaciones, los usos, tipos y el impacto de la actividad en el país.
- Identificar y conocer el marco legal encargado de regular la actividad, en especial la normativa vigente relacionada con la industria y establecer el procedimiento a seguir para obtener los permisos de explotación de parte de las autoridades.
- Definir las variables necesarias a evaluar a la hora de planificar una planta de extracción y procesamiento de áridos, en especial las relacionadas con el lugar geográfico de la explotación, la maquinaria necesaria, los sistemas de extracción, etc.
- Identificar las fases del proceso de extracción y tratamiento del árido paso a paso, desde la planificación, hasta los distintos pasos requeridos para obtener un producto de calidad.
- Mostrar el funcionamiento de una planta de extracción y tratamiento de áridos, que funcione con altos estándares de calidad de los productos y evaluar el impacto producido al ecosistema por esta empresa.

- Exponer los grandes problemas medioambientales producidos en esta actividad, daños al ecosistema y a la salud humana, así también las soluciones más factibles para reparar estos problemas producidos.
- Ser una herramienta útil a la hora de tomar decisiones éticamente correctas respecto al funcionamiento de una planta de áridos, mostrando que una sencilla gestión medioambiental, genera una diferente imagen empresarial alrededor y un menor impacto ecológico de una actividad altamente contaminante.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Orígenes del suelo¹

El suelo es el sistema estructurado, biológicamente activo, que se desarrolla en la superficie de las tierras emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos. Es una delgada capa de materiales no consolidados orgánicos e inorgánicos, que cubre la mayor parte de la superficie y que ha sufrido transformaciones debido a los efectos ambientales del clima (temperatura y agua), los efectos de los macro y microorganismos, la topografía, el tipo de material rocoso y el tiempo cronológico.

Pero para que esta formación exista, es necesario un largo y complejo proceso de descomposición de las rocas, en el cual intervienen factores físicos, químicos y biológicos. La interacción de estos provoca la desintegración de los minerales que, unidos a los restos de animales y plantas en forma de materia orgánica, originan el suelo.

El suelo puede formarse y evolucionar a partir de la mayor parte de los materiales rocosos, siempre que permanezcan en una determinada posición, el tiempo suficiente para permitir las anteriores etapas.

La estructura de un suelo es: la distribución o proporciones que presentan los distintos tamaños de las partículas sólidas que lo forman, y son:

- Materiales finos (arcillas y limos), de gran abundancia en relación a su volumen.
- Materiales medios, formados por arena.
- Materiales gruesos, entre los que se encuentran fragmentos de la roca madre, aún sin degradar, de tamaño variable, o áridos gruesos.

1.1.1 Tipos de Rocas

Este factor se refiere a los diferentes materiales rocosos y minerales que darán origen al suelo. En general las rocas que originan el suelo se clasifican en rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

Las **rocas ígneas** se forman cuando la roca o magma, se enfría y solidifica bajo la superficie como rocas intrusivas o plutónicas, o en la superficie como rocas extrusivas o

¹ Información extraída del texto *"Industria del Árido en Chile"*, MOP, MINVU, CChC, 2001.

volcánicas. Por lo general las rocas ígneas, junto con las metamórficas, son más competentes que las sedimentarias. Por esta razón se utilizan con frecuencia en la construcción.

Las rocas ígneas componen aproximadamente, el noventa y cinco por ciento de la parte superior de la corteza terrestre, pero su gran abundancia es ocultada en la superficie de la Tierra, por una capa relativamente fina pero extensa de rocas sedimentarias y metamórficas.

Se llaman **rocas metamórficas** a las rocas formadas por la presión y las altas temperaturas. Proceden indistintamente de la transformación de rocas ígneas y de rocas sedimentarias por el lento proceso de metamorfismo. A medida que estas rocas son sometidas a altas presiones y temperaturas, de los elementos químicos existentes surgen gradualmente nuevos minerales que cristalizan para formar la nueva roca.

1.2 ¿Que son los áridos?

Los áridos son partículas granulares de material pétreo de tamaño variable. Este material se origina por fragmentación de las distintas rocas de la corteza terrestre, ya sea de forma natural o artificial. En este último caso actúan los procesos de chancado utilizados en las respectivas plantas de áridos.

En general, la arena y la grava se extraen directamente de los lechos o las riberas de los ríos, en cuyo caso predominan los elementos “redondeados”, en tanto que las rocas mayores deben ser procesadas antes de poder incorporarlas como agregados. El material que es procesado, corresponde principalmente a minerales de caliza, granito, dolomita, basalto, arenisca, cuarzo y cuarcita.



Fig. 1.1: Planta de extracción de áridos.
(Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)



Fig. 1.2: Planta de procesamiento de áridos.
(Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos ANEFA, 2008)

1.2.1 La industria del árido

La industria del árido es una industria atomizada, de presencia nacional y conformada en su mayoría por empresas pequeñas de orden local. Existen empresas de mayor envergadura, asociadas a empresas hormigoneras o cementeras y otras independientes, que extraen desde cauces o pozos secos.

Los áridos son una materia prima imprescindible en la construcción de edificios e infraestructuras de un país. Son la segunda materia prima más consumida, después del agua. La industria del árido representa un negocio de aprox. 150 MMUS\$/año, con un volumen de ventas anual de 22 millones de m³, equivalente a un consumo de 1,1 ton/hab. x año. (Ebensperger, 2001).

1.3 Clasificación de los Áridos²

1.3.1 Clasificación de los áridos según sus fuentes

La primera clasificación aplicable a los áridos guarda relación con las fuentes desde donde son extraídos, desde este punto de vista tendremos áridos que provienen de:

➤ Fuentes renovables

Son aquellas que periódicamente son reabastecidas por materiales pétreos acarreados de otros lugares o procesos.

- a) **Por escurrimiento de agua:** Se presentan en los ríos en periodos de lluvias y deshielos y en los lagos y mares, producto de corrientes internas de agua y la acción de las olas. La ocurrencia de estos fenómenos es relativamente alta (por lo menos una vez al año en condiciones normales).
- b) **Por avances de glaciares:** El reabastecimiento de estos depósitos tienen una ocurrencia a muy largo plazo (siglos) y no tienen importancia en los lapsos de la vida humana.
- c) **Por acción del viento:** La renovación producto del viento es casi permanente pero obviamente se da solo en depósitos arenosos y de muy escasa utilidad como árido.

² Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001.

d) Por gravedad y sismos: Estos fenómenos generan nuevos depósitos en los yacimientos ubicados a los pies de los taludes de cerros y montañas y en los conos que se forman en la salida de estrechas gargantas rocosas hacia áreas abiertas e inclinadas.

➤ **Fuentes no renovables**

Son las canteras y los yacimientos sedimentarios ubicados fuera de los cauces actuales (pozos).

1.3.2 Clasificación de los áridos según el modo de extracción

Esta clasificación principalmente esta dada en función de la tecnología utilizada, la demanda del sector y de la calidad de la materia necesitada.

➤ **Extracción Artesanal**

Se caracteriza por la nula utilización de tecnología en la extracción, aquí los artesanos realizan solo una clasificación del material en función de su granulometría. Esta actividad se desarrolla principalmente en lugares donde la demanda no justifica la inversión en maquinaria y equipos sofisticados. Este tipo de explotación se realiza principalmente en cauces de ríos y casi siempre en forma ilegal.



Fig. 1.3: extracción artesanal de áridos.
(Fuente: BOUSO, 2007)



Fig. 1.4: extracción mecanizada de áridos molesto (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

➤ **Extracción Mecanizada**

Se refiere a la explotación industrial del material, independiente de su origen o ubicación. La característica principal de este tipo de extracción es que se realiza con apoyo de maquinaria y equipos que permiten obtener alta producción en tiempos reducidos.

En la extracción mecanizada de áridos se pueden distinguir dos tipos de explotación, y están en función de la presencia o no de agua en la zona de la extracción, de esta forma tenemos la extracción mecanizada superficial y extracción mecanizada bajo agua.

1.3.3 Clasificación de los áridos según su uso

➤ **Uso de los áridos como producto final o aplicación directa**

Son los usos en que los áridos se aplican, tal como resultan después de su obtención y procesamiento.

Aquí encontramos por ejemplo, el uso en defensas fluviales, terraplenes, pedraplenes, carpetas de rodadura, bases y sub-bases granulares, balasto, drenes, mampostería de piedra, rellenos estructurales.

➤ **Uso de los áridos como materia prima**

Se refiere al uso de los áridos como parte integrante de una mezcla con otros productos, dando como resultado un material totalmente distinto.

Aquí encontramos su uso en hormigones, morteros, mezclas asfálticas, bases granulares tratadas; teniendo los pétreos en cada uno de los casos, características especiales importantes para la obtención de un buen producto final.

1.3.4 Clasificación de los áridos según su forma y textura superficial

Estas características son de importancia por el comportamiento que tienen en las mezclas o cuando actúan independientemente, ya que afectan directamente a las estructuras que conforman. Según diferentes análisis, se postula que la forma de la partícula es controlada por dos propiedades relativamente independientes, redondez y esfericidad.

➤ **Redondez**

Es una propiedad que depende de la agudeza relativa de las aristas y vértices de la partícula. La redondez es función de dos condiciones de la roca original: la resistencia mecánica y resistencia a la abrasión y de la cantidad y tipo de procesos de desgaste que han afectado la partícula.

Es casi imposible efectuar estas mediciones por lo que es común usar términos como:

- a) **Angular:** Leve evidencia de desgasten la superficie de las partículas.

- b) **Subangular:** Algo de desgaste en las caras y aristas. Las caras se hacen insensibles.
- c) **Subredondeado:** Hay un gran desgaste. El área de las caras se reduce notablemente.
- d) **Redondeada:** Hay fuerte desgaste. Casi no se aprecian las caras originales.
- e) **Muy redondeada:** No hay caras originales.

➤ **Esfericidad**

Es el grado de acercamiento de la forma de la partícula a una esfera. Su grado de esfericidad es función de la naturaleza y estructura de la roca original. Depende además de la relación entre el área superficial y el área de la partícula, los largos relativos de sus ejes principales, la velocidad de acomodo y la razón entre el volumen real de la partícula y el volumen de la esfera circunscrita.

De acuerdo a estos conceptos, se definen los siguientes tipos de partícula:

- f) **Partícula cúbica:** Aquella en que las dimensiones de sus tres lados son muy parecidas o iguales.
- g) **Partícula alongada (aguja):** Aquella en que dos de sus ejes principales son muchos más largos que el tercero.
- h) **Partícula aplanada (escama):** Aquella en que dos de sus ejes principales son mucho más largos que el tercero.
- i) **Partícula lajeada (laja):** Aquella en que la mayor dimensión de la partícula es varias veces mayor que su dimensión menor.

➤ **Textura superficial**

Es el grado relativo de lisura de las caras y superficies de las partículas. Depende del pulimiento que ha afectado a la partícula y el tipo de aspereza que presenta. El grado de lisura es producto de la naturaleza, estructura y textura de la roca original.

Específicamente depende esta propiedad de la dureza de la roca, tipo y tamaño de los granos, estructura y textura de los poros. Las diferentes texturas se especifican a continuación:

- a) **Árido de canto rodado.** Las partículas no tienen caras frescas ni rugosas. Toda la superficie perimetral es lisa. Se encuentran en depósitos sedimentarios del tipo fluvial o marítimo con arrastre significativamente largo o abrasivo.



Fig. 1.5: Árido rodado.
(Fuente: REGISTRO CDT, 2008)



Fig. 1.6: Árido chancado.
(Fuente: REGISTRO CDT, 2008)

- b) **Árido chancado:** las partículas tienen caras frescas y muy rugosas, a causa de las fracturas por los impactos en las chancadoras.

1.3.5 Clasificación de los áridos según el tamaño de sus granos

➤ Arena

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. Su tamaño varía desde los 0,063 y 5 Mm. de diámetro. Las partículas menores se denominan arcillas o limos. Estas además se clasifican en finas, medias y gruesas.

➤ Gravilla

Son partículas rocosas cuyo tamaño varía desde los 5 a los 20 Mm. de diámetro. Se forman por fragmentación natural o por trituración de la roca.



Fig. 1.7: Arena (Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)



Fig. 1.8: Gravilla (Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)



Fig. 1.9: Grava (Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)



Fig. 1.10: Grava Gruesa o Bolon
(Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)

➤ **Grava**

Son partículas rocosas cuyo tamaño varía desde los 20 a los 40 Mm. de diámetro. Se forman por fragmentación natural o por trituración de la roca.

➤ **Grava gruesa**

Estos áridos corresponden fundamentalmente a las especificaciones alemanas. De diámetro mayor a 50 mm. este material no se encuentra comúnmente en nuestro país en forma natural y debe ser compuesto artificialmente a través de un proceso industrial de clasificación.

1.3.6 Clasificación de los áridos según el lugar de extracción

Los proyectos de extracción se pueden clasificar en cuatro grupos dependiendo de la ubicación del yacimiento.

➤ **Extracción en bancos areneros**

Se retira el material fino desde un río aprovechando la fuerza de arrastre de este, el que se deposita en estos bancos en forma artificial.

➤ **Extracción en cauces de ríos**

Corresponde a la explotación del material desde cauces y lechos de ríos donde se depositan los pétreos debido al arrastre que ocasiona el escurrimiento del agua.



Fig. 1.11: Extracción desde banco arenero
(Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)



Fig. 1.12: Extracción desde cauce de río
(Fuente: Valdicor, 2009)



Fig. 1.13: Extracción desde pozo seco.
(Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)



Fig. 1.14: Extracción desde cantera. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)

➤ **Extracción en pozos secos**

La extracción de áridos desde pozos es la que se realiza fuera de un cauce, como producto de un relleno aluvial en el valle (material sedimentario).

➤ **Extracción en canteras**

La extracción desde canteras se refiere a la explotación de las formaciones rocosas. Aquí los materiales se extraen desde cerros mediante tronaduras (uso de explosivos).

CAPÍTULO II: LEGISLACION REFERENTE A LA EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS

2.1 Tratamiento Jurídico de la Industria del Árido³

El tratamiento Jurídico de la industria del árido, ha sido cambiante en el tiempo. Primero fueron vistos como sustancias minerales concesibles, y por esto denunciables como materia mineral, por cualquier persona; con los años pasaron a ser concesibles solo por el dueño del suelo; hasta llegar a su exclusión como sustancia mineral en la actualidad.

2.1.1 Código Civil

El actual Código Civil Chileno establece en su Artículo 59, que el estado es dueño de todas las minas de sustancias fósiles, aunque la superficie de terreno donde se encuentra tenga dueño. El mismo documento en su inciso segundo señala: que se le concede a los particulares, la facultad de utilizar las tierras de cualquier dominio para buscar minas, de beneficiarse de ellas y de disponer de ellas como dueños bajo las reglas del Código de Minería.

Como a la época de promulgación del Código Civil en 1857 no se había dictado aun el Código de Minería, se entiende que seguían vigentes, en lo que no fueran contrarios al texto del Código Civil sobre denunciabilidad de las pertenencias.

2.1.2 Código de Minería de 1983

El actual Código de Minería se promulgó en virtud de la Ley N° 18.248, publicado en el Diario Oficial de 14 de Octubre de 1983. Antes de la divulgación de este Código, se promulgó la Constitución Política de 1980; y la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras, Ley N° 18.097, que empezó a regir simultáneamente con el Código de Minería.

El Artículo 19 N° 24 de la Constitución, consagra el dominio absoluto y exclusivo del Estado sobre todas las minas, con excepción de las arcillas superficiales. Señala además que corresponde a la Ley determinar las sustancias que pueden ser objeto de concesiones de exploración o de explotación.

En la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras, se consagra las sustancias minerales que son concesibles, disponiendo en el inciso final que no se consideran entre otras, los materiales aplicables directamente a la construcción, las cuales se rigen por el derecho común o

³ Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001.

por normas especiales que a su respecto dicte el Código de Minería. La misma disposición existe en el Artículo 13, del Código de Minería, que señala que no se consideran sustancias minerales, entre otras las arcillas superficiales, arenas, rocas y otros materiales utilizados en construcción. En general, la clasificación de los áridos es como un mineral no metálico, para efectos jurídicos.

2.1.3 Normas ambientales vigentes

Los proyectos de Extracción y Procesamiento de Áridos además tienen asociadas una serie de normas ambientales, las que deben ser consideradas en el momento de elaborar un EIA o un DIA.

➤ Normativa asociada al aire

El principal enfoque que se le debe dar a los planes de prevención es reducir las fracciones de materiales particulados, que representan una mayor agresividad para la salud.

NORMA	INDICA
Resolución N° 1215 de 1978 sobre sistema de Control y prevención de la Contaminación Atmosférica. Ministerio de Salud.	Fundamentos técnicos y administrativos para el control de la contaminación atmosférica. Señala normas de calidad del aire fijando concentraciones máximas de PTS, SO ₂ , CO, O ₃ y NO ₂
DS N° 32/90 (*), Ministerio de Salud.	Establece restricciones de funcionamiento a fuentes estacionarias puntuales y grupales, emisoras de contaminantes atmosféricos en situaciones de emergencia. En algunos casos la autoridad sanitaria puede decretar la paralización de fuentes.
DS N° 4/92, Ministerio de Salud.	Establece la norma de emisión y concentración de material particulado para fuentes estacionarias. En extracción de áridos, es aplicable a buzones seleccionadores, chancadoras silos, domos u otra actividad o proceso que tenga asociado emisión de gases o partículas.
DS N° 100/90 (*), Ministerio de Agricultura (DO 28.08.90).	Prohíbe el empleo de fuego para destruir la vegetación en la Región Metropolitana en el periodo que se señala, la quema de neumáticos y otros elementos contaminantes.
DS N° 812/95, Ministerio de Salud.	Establece compensaciones de emisiones de fuentes nuevas.
Resolución 15.027 de 1994 del Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana.	Fija el procedimiento para la declaración de emisiones de fuentes fijas.
Plan de prevención y Descontaminación Ambiental de la Región Metropolitana (PPDADS 16/98, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.)	Tiene como propósito la protección de la salud de la población mediante el cumplimiento de normas primarias de calidad del aire. Se busca reducir los niveles de emisión de la RM mediante la implementación de metas globales y actualizaciones periódicas del plan.
DS N° 745/93, Ministerio de Salud.	Condiciones sanitarias y ambientales básicas para lugares de trabajo, referente a emisiones de contaminantes, acumulación, disposición y tratamiento de residuos industriales.
DS N° 55/94, Ministerio de Transporte y telecomunicaciones.	Establece la norma de emisión para vehículos motorizados pesados. Define los niveles máximos permitidos de emisiones provenientes del escape de motores diesel y gasolina.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 1: Normativa asociada al aire

➤ **Normativa asociada al ruido**

Estas normas están dirigidas a actividades públicas y privadas que afectan a personas por los altos niveles de ruido que generan, tanto en sus viviendas como en su lugar de trabajo.

NORMA	INDICA
DS N° 146/97, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.	Establece normas de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas.
DS N° 745/92, Ministerio de Salud.	Establece límites máximos permitidos en lugares de trabajo.
Norma Chilena N° 1619/97	Establece posible reacción de la comunidad en relación al nivel de evaluación sonora.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 2: Normativa asociada al ruido

➤ **Normativa asociada al agua**

Estas normas están dirigidas a faenas industriales o de construcción que por la naturaleza de sus actividades intervienen en la calidad del agua de cauces y napas produciendo un deterioro a la calidad del agua.

NORMA	INDICA
Ley 11.402 sobre obras en riberas y cauces de ríos, lagunas y esteros, contenida en el DFL 850 MOP.	Establece que la extracción de ripio y arena en los cauces de los ríos y esteros deberá efectuarse con permisos de las municipalidades.
DS N° 665/40, Reglamento sobre Higiene y Seguridad Industrial.	Regula las faenas de construcción, instalación, reparación y conservación de obras públicas o privadas, servicios eléctricos, de gas industrial, agua potable, desagües, etc., y prohíbe arrojar a cursos o masas de aguas en general los materiales sólidos provenientes de dichas faenas.
Ley N° 3.133 de 1916 y DS N° 351/92 MOP (Reglamento de la Ley).	Dispone regulaciones de funcionamiento de establecimientos industriales o de cualquier especie, los que no podrán vaciar en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan aguas o en vertientes, lagos, lagunas, etc., los residuos sólidos y líquidos de funcionamiento, sin previa neutralización o depuración.
DFL N° 725, Código Sanitario	Se ocupa de regular la evacuación de desagües, aguas servidas y residuos industriales.
DFL N° 1.122, Código de Aguas y Modificaciones Posteriores.	Dispone que las modificaciones a cauces naturales o artificiales con motivo de la construcción de obras públicas, urbanizaciones, edificaciones y otras en general, no pueden realizarse sin aprobación previa de la Dirección General de Aguas o la Unidad de Obras Fluviales de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, según corresponda.
Norma Chilena N° 1.333 of. 1978 aprobada por DS N° 867/78 MOP (DO 22.05.78).	Establece límites de calidad del agua para diferentes usos.
DS 90/2000, MOP (DO 07.03.2001).	Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
DS N° 609 de 1968 MOP.	Fija las normas de emisión de residuos líquidos industriales a redes de alcantarillado.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 3: Normativa asociada al agua

➤ **Normativa asociada al suelo**

La degradación, contaminación y pérdida del suelo es un problema grave en nuestro país, llegando en algunas zonas a la desertificación. La normativa relacionada al uso del suelo tiene muy pocos años en nuestro país, poniendo en evidencia los daños producidos, generalmente por la industrialización.

NORMA	INDICA
Ley N° 11.402 sobre DL N° 3.557 de 1980.	Establece disposiciones sobre protección agrícola. Establece la obligación de mantener la limpieza y buen estado de los cursos de aguas, protegiendo así el sistema agrícola. Prohíbe el vertimiento de desechos, sustancias u otros objetos que puedan afectar la calidad de las aguas.
Resolución N° 20 del 06.10.94, Intendencia de la RM.	Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago.
Ley N° 19.283 de 1994.	Ley Orgánica del SAG, establece la participación del SAG en el trámite de cambio, de uso del suelo.
Circular N° 510 del 20.09.99 del SAG.	Establece Pauta de Procedimiento para Autorización de Cambio de Uso del Suelo.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 4: Normativa asociada al suelo

➤ **Normativa asociada a monumentos nacionales**

Protege objetos que estén destinados a permanecer en un sitio público, con carácter conmemorativo.

NORMA	INDICA
Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales y su reglamento DS N° 484/92.	Indica la prohibición de destrucción y de ocasionar perjuicios en los monumentos nacionales o en los objetos o piezas que se conserven en ellos o en los museos. No se permite cambiar la ubicación de monumentos públicos sin la autorización previa del Consejo de Monumentos Nacionales.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 5: Normativa asociada a monumentos nacionales

➤ **Normativa asociada a flora y fauna**

Protege terrenos forestales de deforestación, incendios forestales y mala utilización de los suelos.

NORMA	INDICA
DL N° 701 de 1974 contenido en el DL N° 2.565 DE 1979.	Somete los terrenos forestales a las disposiciones de corta y reforestación.
Ley NC 18.378 de 1984.	Establece distritos de conservación de suelos, bosques y aguas.
DS N° 379 de 1985.	Reglamento sobre requisitos mínimos de seguridad para el almacenamiento y manipulación de combustibles líquidos derivados del petróleo, destinados a consumos propios.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 6: Normativa asociada a flora y fauna

➤ Normativa asociada al transporte

Su objetivo es reglamentar el transporte de materiales y las leyes de tránsito.

NORMA	INDICA
DS N° 75/87, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.	Establece la obligatoriedad del recubrimiento en zonas urbanas, de la carga asociada a transporte de materiales, escombros, áridos, cemento, yeso, etc.
Ley N° 18.290 de 1994 (DO 07.02.84)	Establece ley de tránsito.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 7: Normativa asociada al transporte

2.2 Permisos y Autorizaciones relacionados a la Industria del Árido⁴

2.2.1 Autorizaciones relacionadas con el lugar o punto de extracción

Para determinar que ente jurídico es el que otorgara la autorización final para realizar la actividad, se necesita identificar el lugar donde se ejecutará la extracción y su procesamiento.

El punto de extracción puede ubicarse al interior de bienes nacionales, ya sean de uso público o en bienes fiscales; en bienes de dominio municipal o en bienes de propiedad privada.

Son **bienes nacionales** aquellos cuyo dominio pertenece a toda la nación, se llaman **bienes nacionales de uso público o bienes públicos** tales como las calles, plazas, puentes y caminos, el mar adyacente y sus playas. Los bienes nacionales cuyo uso no pertenece generalmente a los habitantes, se llaman **bienes del Estado o bienes fiscales**.

Será entonces en función del lugar en que se ejerza la actividad, que el régimen jurídico determinará la autoridad competente para dar la autorización definitiva para realizar la extracción y procesamiento de áridos.



Fig. 2.1: Los cauces naturales, son fuentes renovables de recursos, si han sido debidamente explotados. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2007)



Fig. 2.2: Los pozos abandonados a menudo sirven como vertederos de residuos de construcción. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

➤ Extracción de áridos desde cauces naturales

⁴ Información extraída del texto "Industria del Árido en Chile", MOP, MINVU, CChC, 2001.

La gestión para conseguir los permisos pertinentes al desarrollo de un proyecto de extracción de áridos en cauces de ríos se dividen en dos fases. La primera fase permitirá a la Municipalidad y a la Unidad de Defensas Fluviales (UDF) pronunciarse sobre la pertinencia de solicitar la factibilidad de extracción en el sector de interés y, solo en caso de obtenerse una respuesta positiva, se solicitará al interesado los documentos correspondientes a la segunda fase.

- 1ª Fase: El interesado presentará en la Municipalidad en cuya jurisdicción se ubica el cauce a explotar, la información que se indica en los puntos 1, 2 y 3 siguientes y esperar respuesta sobre la pertinencia de solicitar factibilidad, la que puede ser positiva o negativa.
- 2ª Fase: En caso de obtener repuesta positiva, el interesado presentará en el mismo organismo, la documentación que se detalla en el punto 4 y esperar la respuesta sobre observaciones al proyecto o si procede, la autorización para la extracción solicitada, que será comunicada por oficio de la I. Municipalidad correspondiente.
- a) **Formulario de extracción de Áridos:** Conteniendo los datos del solicitante y las características técnicas fundamentales de la extracción de su interés.
- b) **Mapas y Croquis de ubicación:** La localización exacta del lugar de extracción en una plancheta del Instituto Geográfico Militar de escala 1:25000 o de 1:50000.
- c) **Fotogramas Aéreos:** Deberá indicar el lugar de extracción propuesto, los nombres de singularidades que eventualmente contengan, la fecha de toma y escala aproximada de ellos.
- d) **Estudios Complementarios:** Los interesados deberán incluir, al menos, los siguientes estudios complementarios.
 - Levantamiento Topográfico del Cauce y Riberas (en planta y perfiles).
 - Fotografías Aéreas
 - Análisis Hidrológico
 - Estudio Hidráulico
 - Estudio de Potencialidad de Arrastre Sólido
 - Proyecto de Defensas Fluviales

- Programa de explotación (volúmenes a extraer, calendario de explotación, análisis de procedimientos, materiales, equipos, accesos y salidas de la explotación).
- Carta Compromiso (asumiendo daños causados).
- Aprobación de la solicitud de extracción

e) Normas técnicas de extracción y explotación mecanizada de áridos y supervisión

de faenas: Las faenas deberán ceñirse a normas técnicas generales y especificadas que señalen la Inspección o supervisión de la UDF, evitando crear riesgos de daños a terceros, dejando en todo momento, expedito el cauce para el libre escurrimiento de las aguas en una crecida.

➤ **Extracción de áridos desde Pozos y Canteras**

Respecto de la explotación de áridos en terrenos propios, no existen normas especiales más que las normas del derecho de propiedad como son el derecho de uso, goce y disposición del propietario.

Las limitaciones a la explotación de áridos en terrenos propios están dadas por la ubicación geográfica, y quedan sometidas a las normas generales sobre el uso del suelo, en materia de Planificación Territorial y protección del Medio Ambiente.

La única norma especial, se encuentra en la Ley de Rentas Municipales, que permite a la Municipalidad cobrar derechos municipales por la extracción de áridos desde pozos de propiedad particular, para esto se debe contar con un permiso municipal. Este permiso se refiere sólo al pago de derechos municipales, y no a la exigencia de contar con una aprobación de la Municipalidad para extraer áridos como es en el caso de las concesiones.

2.2.2 Patentes, Derechos y otras prestaciones que deben pagarse a las Municipalidades por la extracción de Áridos

Según la Ley de Rentas Municipales, la explotación de áridos obliga al pago de un impuesto denominado patente municipal, y también de algunos derechos municipales por diversos conceptos.

➤ **Patentes Municipales**

En el Artículo 23 de la Ley de Rentas, se menciona que quedan afectos a tributación municipal toda profesión, oficio, industria, comercio, o cualquier otra actividad lucrativa secundaria y terciaria. Asimismo, todas las actividades primarias y extractivas (de explotación) en que medie algún proceso de elaboración de productos, y cuando los productos que se obtengan de esta clase de actividades primarias se vendan directamente por los productores. La extracción de áridos debe contar con patente municipal, y los trámites para obtenerla parten en el Artículo 26 de la Ley de Rentas, con la solicitud del permiso para funcionar o iniciar sus actividades.

La patente no puede negarse si se cumple con los requisitos necesarios y se cuenta con las autorizaciones pertinentes. La tasa o valor de la patente se calcula de acuerdo al capital propio dedicado a la actividad gravada, las reglas de determinación son establecidas en la Ley de Rentas Municipales y su reglamento.

➤ **Derechos Municipales**

Derechos municipales son las prestaciones que están obligadas a pagar a las municipalidades, las personas naturales o jurídicas, que obtengan de la administración local una concesión o permiso o que reciban un servicio de las mismas.

Señala que entre otros servicios, las Municipalidades están facultadas para cobrar derechos por concepto de extracción como por instalaciones o construcciones varias que se ejecuten en bienes nacionales de uso público. La ley faculta a los Alcaldes para decretar dichos valores en forma anual, ya sea para los derechos por servicios, concesiones o permisos.

➤ **Excepción de pago de Derechos Municipales**

En el Artículo 98 del DFL 850, se establece que no se cobrarán derechos municipales cuando la extracción sea destinada a la ejecución de obras públicas. Dicha excepción corre para las extracciones desde bienes nacionales de uso público, como particulares, y en el caso de no contarse con un acceso directo los particulares deberán otorgar las facilidades necesarias para acceder a ellos, sin perjuicio del pago por daños ocasionados.

2.3 Ley 19.300 y el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)⁵

2.3.1 El SEIA y la Industria del Árido

La Ley General sobre Bases del Medio Ambiente, N° 19.300 tiene por objetivo ser el marco legal en materia medioambiental. Establece en su Artículo 1° las materias que regula y protege, como por ejemplo el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental. Una de las formas de protección que esta ley tiene es el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA, al que deberá someterse todo proyecto o actividad que aparezca señalado en el Artículo 10 de la misma Ley N° 19.300.

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental es la presentación de una Declaración de Impacto Ambiental, “DIA”, o de un Estudio de Impacto Ambiental, “EIA”, por parte de los proponentes de un proyecto, a la CONAMA o COREMA correspondiente, para determinar si el impacto ambiental de una actividad o proyecto se ajusta a las normas vigentes.

Un Estudio de Impacto Ambiental o EIA es un documento que describe las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo. Proporciona antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos adversos. Una Declaración de Impacto Ambiental o DIA es un documento descriptivo de una actividad o proyecto que se pretende realizar, o de las modificaciones que se le pudieran introducir, el que es otorgado bajo juramento por el respectivo titular, y cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental de ajusta a las normas vigentes.

Ingresan al SEIA los proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas, comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles, así como la extracción industrial de áridos, turba y greda. Se entiende por extracción industrial de áridos cuando se trata de: extracción de áridos o greda en una cantidad igual o superior a 400 m³ diarios o 100.000 m³ totales de material extraído durante la vida útil del proyecto o actividad; o extracción de turba en una cantidad igual o superior a 5 toneladas diarias

⁵ Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

en base húmeda, o 1000 toneladas totales, en base húmeda, de material extraído durante la vida útil del proyecto o actividad.

De esta manera, queda establecido cuándo un proyecto o actividad de áridos debe someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. La ley también permite acogerse voluntariamente al SEIA.



2.3.2 Procedimiento del SEIA

El titular de un proyecto o actividad que deba o quiera someterse al sistema, debe presentar una DIA, o bien un EIA, si el proyecto o actividad genera o tiene alguna de las características o circunstancias que se mencionan en forma más detallada en los Artículos 5° al 11° de su Reglamento.

Estas características o circunstancias son: riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos; efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire; reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos; localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar; alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona; alteración de monumentos, sitios de valor arqueológico, antropológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

La presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, da a la autoridad el plazo de 120 días para pronunciarse, prorrogable por 60 días más. Si transcurrido el plazo, la autoridad no se

hubiere pronunciado, el proyecto se entenderá como aprobado. Cuando se trate de Declaraciones de Impacto Ambiental, la COREMA correspondiente tendrá plazo de 60 días, prorrogables a 90 para pronunciarse.

2.3.3 Permisos ambientales sectoriales que se otorgan en el SEIA relacionados con la industria del árido

La elaboración de una DIA o de un EIA debe contemplar los Permisos Ambientales Sectoriales. Estos son aquellos permisos específicos que deberán otorgar autoridades competentes para el desarrollo de un determinado proyecto. La CONAMA o COREMA actúa como organismo centralizador y distribuidor de las tareas a los distintos organismos.

El Artículo 24 del Reglamento del SEIA, establece que los órganos del Estado con competencia ambiental que participan en el SEIA, serán aquellos que cuenten con atribuciones en materia de otorgamiento del permiso. A continuación se muestra una tabla con un listado de los permisos, aplicables a los proyectos de extracción y procesamiento de áridos:

Art. del SEIA	Objeto del Permiso	Texto Legal y Autoridad Competente	Relación con Proyectos de extracción y Procesamiento de Áridos
73	Trabajos de conservación, reparación, restauración de Monumentos Históricos. Remover objetos que formen parte o pertenezcan a un Monumento Histórico. Destruir, reparar o transformar un Monumento Histórico o hacer construcciones en sus alrededores. Excavar o edificar en un sitio declarado Monumento Histórico.	Art. 11 y 12 de la Ley N° 17.288, Ley Monumentos Nacionales. Consejo Nacional de Monumentos Nacionales.	Aplicable al proyecto dependiendo de la ubicación. Puede que algún proyecto necesite realizar este tipo de trabajos, dependiendo de la zona en que se encuentre.
74	Excavación de carácter o tipo arqueológico, antropológico, paleontológico o antropro-arqueológico	Art. 22 y 23 de la Ley N° 17.288. Consejo Nacional de Monumentos Nacionales.	Aplicable al proyecto dependiendo de la ubicación. Puede que algún proyecto necesite realizar este tipo de trabajos, dependiendo de la zona en que se encuentre.
75	Construcciones nuevas en una zona declarada típica y pintoresca.	Art. 30 de la Ley N° 17.288. Consejo Nacional de Monumentos Nacionales.	Aplicable al proyecto dependiendo de la ubicación. Puede que algún proyecto necesite realizar este tipo de trabajos, dependiendo de la zona en que se encuentre.
76	Cualquier actividad que pueda alterar el estado natural de un Santuario de la Naturaleza.	Art. 31 de la Ley N° 17.288. Consejo Nacional de Monumentos Nacionales.	Aplicable al proyecto dependiendo de la ubicación.
87	Permiso para extracción de ripios y arenas de los cauces de ríos y esteros.	Art. 11 de la Ley N° 11.402. Dirección General de Obras Públicas del MOP, radicado en Dirección	Aplicable a todos los proyectos de este tipo.

		Regional de Obras Hidráulicas del MOP.	
89	Vaciamiento de residuos líquidos que contengan sustancias nocivas para el riego o la bebida en cursos o masas de agua.	Art. 3 de las Ley N° 3.133/16. Dirección General de Aguas SESMA.	Aplicable a estos proyectos dependiendo del sistema de procesamiento de los áridos. Dirección General de Aguas SESMA.
90	Construcción, modificación y ampliación de obras públicas o privadas destinadas a la purificación o provisión de agua potable de una población.	Art. 71, letra a) del DFL 725/67. Código Sanitario SESMA.	Aplicable a este tipo de proyectos solo si es necesario construir una planta de abastecimiento de agua potable.
92	Construcción, modificación o ampliación de obra pública o particular, destinada a la evacuación, tratamiento y disposición final de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza.	Art. 71, letra b) del DFL 725/67. Código Sanitario SESMA.	Aplicable este tipo de proyectos solo si es necesario construir una planta de tratamiento de aguas servidas.
94	Construcción, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras o cualquier tipo de desperdicios o para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras o desperdicios.	Art. 78 y 80 del DFL 725/67. Código Sanitario SESMA.	Aplicable a todo proyecto si este necesita construir una planta de tratamiento de basura o desperdicios
95	Instalación, ampliación o traslado de industrias.	Art. 83 del DFL 725/67. Código Sanitario SESMA.	Aplicable a este tipo de proyectos, en relación a la instalación de las plantas procesadoras de áridos.
97	Subdividir o urbanizar terrenos rurales.	DFL 458/75 del MINVU. SEREMI Agricultura y SEREMI MINVU.	Aplicable a este tipo de proyectos siempre que se requiera de un cambio de uso del suelo para la ubicación del mismo.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 8: Permisos Sectoriales del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

CAPÍTULO III: EXPLOTACION DE UN YACIMIENTO

3.1 Tipos de plantas de extracción de áridos⁶

El diseño de una planta de extracción de áridos depende del tipo de yacimiento, incidiendo principalmente los parámetros geométricos que lo definen, las características del material a extraer y las distancias involucradas a los puntos de acopio o procesamiento

Los proyectos de extracción presentan diversos matices, de acuerdo a las condiciones geomorfológicas en que se encuentra el yacimiento o reservas de material pétreo y a los niveles tecnológicos empleados para su explotación. Para analizar la extracción de estos materiales, los proyectos de extracción han sido clasificados en cuatro grupos.

3.1.1 Extracción de áridos desde bancos de sedimentación

En los bancos de sedimentación, también llamados bancos areneros, se extrae el material fino desde un río aprovechando la fuerza de arrastre de este, para esto se construye un banco o canalón donde se hace pasar un flujo de agua, mediante la pérdida de velocidad de las aguas dentro de él se produce la decantación o sedimentación de las partículas de arena.

Después de este proceso, se desvía el brazo de agua y con cargador frontal o a mano, se retira la arena que se encuentra decantada en su interior.

3.1.2 Extracción de áridos desde cauce de río

Corresponde a la explotación del material desde cauces y lechos de ríos donde se depositan los áridos debido al arrastre que ocasiona el escurrimiento de agua.

La forma de extracción en cauces es muy similar a la extracción en pozos, pero la gran diferencia radica en que la altura de extracción del material no está limitada por el estrato, sino por las condiciones que puedan provocar procesos erosivos tanto de avance como de retroceso en el río, los cuales pueden poner en peligro la estabilidad de las obras civiles que existan en las cercanas de la extracción.

Una de las razones de por qué se extrae de los cauces, es para facilitar los escurrimientos de las aguas y evitar los costosos trabajos de encauzamiento de un río.

⁶ La información relativa a los antecedentes de los tipos de plantas de extracción de áridos, ha sido extraída principalmente de: MOP, MINVU, CChC, 2001.



3.1.3 Extracción de áridos desde pozos secos

La extracción de áridos desde pozos secos o lastreros es la que se realiza en sectores fuera de los cauces, en donde los áridos se encuentran en forma natural, como producto de un relleno aluvial en el valle (material sedimentario).

Toda extracción debe tener un plan de manejo, donde las características principales deberán ser el sistema de explotación donde se determinen, por ejemplo los taludes, la mitigación del impacto que producirá al sector, y todo aquello relacionado con mantener el entorno en las mismas condiciones en que se encontraba antes de su explotación.

Para realizar una extracción desde pozos lastreros son necesarias una serie de actividades que deben ejecutarse en forma previa al retiro del material. En primer lugar se debe adecuar el terreno, demarcar los límites y realizar el despeje de vegetación. Se debe realizar el escarpe del material superficial del estrato, con el objeto de separar la capa de materia orgánica no utilizable en la explotación. Esta acción se efectúa generalmente mediante cortes superficiales realizados por un buldózer. La profundidad del escarpe varía dependiendo de la zona donde se ubique el proyecto, y puede estar entre los 0.30 y 0.50 m en la zona central del país y sobre los 2 m en la zona sur. El material removido debe ser dispuesto en una cancha de acopio en sectores donde no estorbe la explotación.

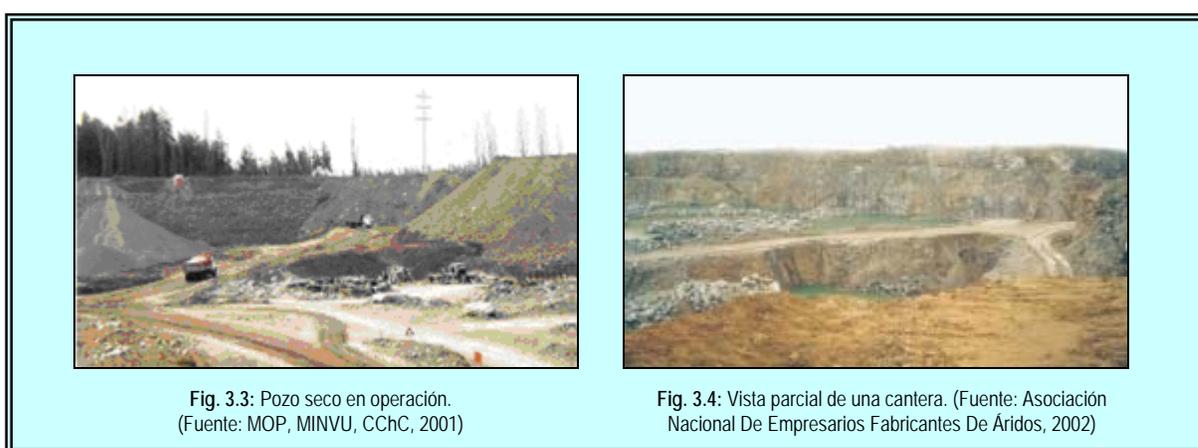
3.1.4 Extracción de áridos desde canteras

La extracción desde canteras se refiere a la explotación de las formaciones rocosas. Aquí los materiales se extraen desde cerros mediante tronaduras (uso de explosivos).

Una vez tronado el material, se transporta a una planta de procesamiento, lo cual puede hacerse con una retroexcavadora o un cargador frontal, apoyado con camiones para el transporte.

Cabe destacar que si para los cauces es necesario presentar proyectos técnicos y se tienen que controlar los impactos ambientales, las canteras son además, controladas por las guarniciones militares del sector donde se encuentran, debido al uso de explosivos.

En Chile no es común encontrar extracción desde canteras, toda vez que no es necesario por las características geológicas del país. En Santiago se pueden encontrar las canteras de Peñalolén Alto, Punta del Viento y en el Sector Batuco-Lampa, donde se usan explosivos.



3.2 Fases de un proyecto de extracción de áridos⁷

3.2.1 Variables importantes de evaluar

A continuación se muestra un listado de variables que influyen en el desarrollo de este tipo de proyectos, obviamente dependiendo de las características de cada uno y las necesidades que se quieran satisfacer. En cada caso se presenta un breve análisis de la influencia que podría provocar.

➤ Consideraciones Ambientales para el desarrollo de un Proyecto de extracción

Al ejecutar un proyecto de extracción de áridos, sin importar el lugar donde se ubique el yacimiento (pozo, cauce o cantera), hay que tomar en cuenta que se está interviniendo un escenario que forma parte de un sistema natural, cuya edad se mide en millones de años con un determinado proceso de formación y que al modificarlo no sólo se altera un paisaje sino también el equilibrio medioambiental.

⁷ La información relativa a los antecedentes de las fases de un proyecto de extracción de áridos, ha sido extraída principalmente de: MOP, MINVU, CChC, 2001.

Teniendo esto en consideración, es importante, entonces, definir algunas características del terreno al momento de intervenirlo, además de clarificar los métodos que se utilizarán para la extracción. Solo así sabremos en que magnitud nuestro proyecto entra en conflicto con el medio ambiente.

Entre las características importantes de registrar se pueden mencionar:

a) Características del territorio

- Información geomorfológica, local y regional
- Antecedentes referidos a la vulnerabilidad de la zona, como ocurrencia de desbordes de cauces, coladas de barro, fallas de laderas
- Calificación del sector por los instrumentos de planificación territorial, características ambientales y geológicas.

b) Características de la extracción

- Si es renovable o no renovable (cauce natural, pozo o cantera)
- Si es permanente o eventual
- Si se ubica en una zona urbana o rural
- Si el entorno es o no habitado
- Si en el sector existen o han existido intervenciones de explotación de recursos naturales
- Si el transporte exigirá la adecuación o construcción de nuevos caminos o accesos
- Existencia de extracciones en la cercanía

3.2.2 Estudio Técnico

Independiente al tipo de proyecto, el estudio técnico tiene la finalidad de proveer la información necesaria para llegar y determinar y cuantificar el monto de las inversiones que se generarán como consecuencia de la actividad a desarrollar.

El estudio técnico debe ser capaz de determinar los requerimientos de equipos, instalaciones, trámites, y en general cualquier actividad que nos permita implementar nuestro diseño de planta incluyendo los costos que implican cada una de estas.

En el estudio técnico se distinguen cuatro fases: Planificación, Construcción, Operación y Abandono o recuperación del terreno.

➤ **Planificación**

La fase de planificación consiste en el diseño y desarrollo de los distintos estudios que son necesarios para la ejecución del proyecto de extracción. Se debe tomar en cuenta primeramente el análisis de los distintos tipos de yacimiento. Aquí los puntos más relevantes son el estudio de las características geológicas y potencialidad de las reservas de material.

El proceso de planificación se materializa en un conjunto de informes y planos que representan la situación espacial y técnica del proyecto, antecedentes necesarios de estudiar y ejecutar en cada una de las siguientes fases, como la construcción, operación y abandono. Por ejemplo, para la extracción desde un pozo, se debe planificar el área de excavación, definir los frentes de extracción, profundidades, zonas de escarpe, localización de acopios, etc.

De esta misma forma y en función de los ritmos de extracción, se definirán para diferentes etapas de la explotación los medios de producción necesarios, fundamentalmente equipos de carga y transporte. Para realizar de buena forma los diferentes estudios, se hacen necesarias pequeñas intervenciones al territorio, como levantamientos topográficos o análisis de suelo.

También es importante definir la localización de las instalaciones, principalmente de los equipos mayores si es que se va a contar con ellos, por ejemplo para el caso de las grandes plantas de procesamiento que por lo general se mantienen fijas en su ubicación durante toda la vida útil del proyecto. Es recomendable que en forma paralela, se realice la planificación de la restauración de las áreas degradadas a la fase de abandono. Idealmente, las obras de restauración se deben desarrollar en forma simultánea a la extracción.

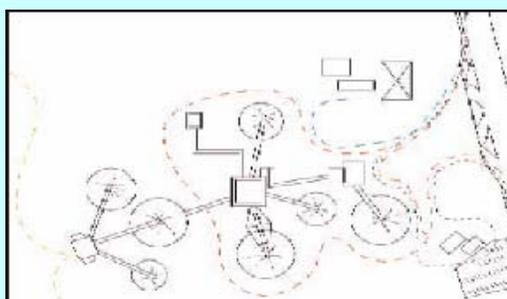


Fig. 3.5: Planificación: plano de circulación elaborado en la etapa de planificación (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)



Fig. 3.6: Construcción: instalación de las cintas transportadoras. (Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)

➤ **Construcción**

La fase de construcción de un proyecto de áridos corresponde a la disposición del equipamiento e infraestructura necesaria además de la construcción de las instalaciones requeridas para iniciar las actividades de operación.

Dentro de las actividades que se deben analizar para el correcto desarrollo de esta fase están:

- Construcción, habilitación o rehabilitación de los caminos de acceso
- Despeje del área para instalación de faenas y dependencias proyectadas
- Instalación de faenas provisorias
- Cierre del recinto
- Despeje o preparación del área de extracción
- Instalación de servicios básicos (luz, servicios sanitarios, teléfono)
- Habilitación del área de servicios para el personal (sala de cambio, casino, baños)
- Construcción de las dependencias administrativas
- Construcción de instalaciones para maquinarias y equipos

➤ **Operación**

La fase de operación de un proyecto de áridos comienza cuando se cumplen las condiciones mínimas para poner en operación las distintas actividades que tienen por objeto cumplir con el buen desempeño de los equipos, operarios y trabajadores en general.

Esta fase es la más importante del proyecto, pues es la más extensa en el tiempo y en ella se produce la mayoría de los efectos sobre el medioambiente. Entre las actividades que se deben evaluar previamente para que no existan problemas en el desarrollo de esta fase, se deberá efectuar lo siguiente:

- Operación de la maquinaria en la extracción de material
- Carguío a los buzones de alimentación o camiones
- Transporte de materiales a través de camiones o cintas transportadoras
- Procesamiento de materiales (chancado, selección, lavado)
- Circulación de camiones en vías internas o externas de la planta

- Abastecimiento de combustible
- Actividades de mantención en taller mecánico
- Mantención de caminos de acceso y vías interiores
- Operación de casino y dependencias del personal
- Sistema de tratamiento de aguas servidas
- Manejo de residuos sólidos.

Si estas actividades no están bien diseñadas, por lo general producen una serie de efectos no deseados, que finalmente se traducen en impactos sobre el medio ambiente.

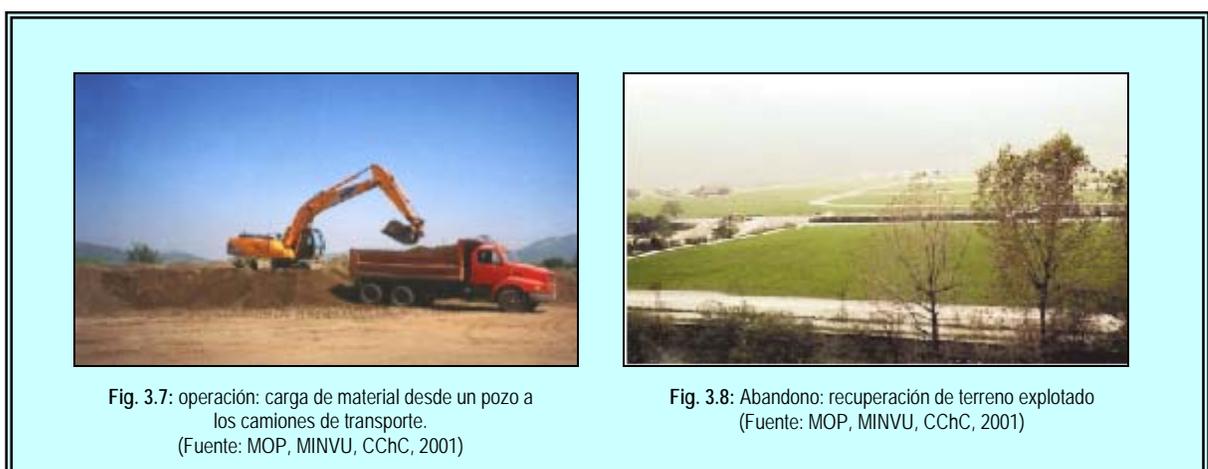


Fig. 3.7: operación: carga de material desde un pozo a los camiones de transporte.
(Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)

Fig. 3.8: Abandono: recuperación de terreno explotado
(Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)

➤ **Abandono**

Esta fase tiene que ver con las acciones y actividades asociadas al levantamiento de las instalaciones y al término de la actividad productiva. Se debe considerar el desmantelamiento de los equipos, edificaciones y la restauración natural del terreno.

Dependiendo del tipo de explotación, esta fase puede ser elemental en la viabilidad económica-ambiental de un proyecto. Es importante que se desarrolle en forma paralela a la fase de operación, para asegurar la recuperación del espacio intervenido con la extracción.

Las actividades relacionadas con esta fase dependen del tipo de abandono o recuperación que se tenga considerado para el área de extracción. Lo más común es que el pozo se destine a recibir residuos inertes provenientes de faenas de construcción de edificios o demoliciones. Pero existen otras opciones más llamativas, por ejemplo, parques acuáticos, si existe disponibilidad de recursos y agua y las características del terreno lo permiten.

3.2.3 Prospección de yacimientos⁸

➤ Masas rocosas canterables y canteras

Fase a: Estudio bibliográfico y antecedentes relativos al tema

Es importante recabar información existente en servicios y organismos de carácter estatal, privado y universitario, como Sernageomin, MOP, Endesa, etc.

Fase b: Estudio de formaciones y yacimientos rocosos

Luego de una síntesis bibliográfica, deben estudiarse las formaciones y yacimientos que pueden ser explotados. Es necesario un levantamiento topográfico y un análisis foto geológico de los potenciales yacimientos. Esta información se resume en planos de carácter litológico en memorias, para luego catalogar las formaciones y posibles productos obtenidos.

Fase c: Estudio de las áreas rocosas

Consiste en analizar con detalle las zonas detectadas en la fase b que puedan contener un árido de calidad. En esta fase es necesario usar métodos geofísicos, practicar sondajes, tomar muestras y ejecutar ensayos básicos, para tener una opinión fundada sobre la calidad genérica de los productos a obtener y las aplicaciones favorables a ellos.

Fase d: Estudio de canteras

Es el estudio de las características de la cantera seleccionada con vistas a su explotación. Se deben delimitar los volúmenes aprovechables y sus cualidades, recubrimientos estériles y las características del yacimiento y de las rocas, para establecer el modo de explotación adecuado, maquinaria y control de calidad. Es necesario contar en esta etapa con:

- Plano geológico de la región y cortes geológicos de la zona de interés
- Planos parcelarios, para fines de expropiación y compra
- Estratigrafías de sondeos mecánicos, eléctricos y sísmicos y calicatas

Se incluye como documentación obligada los certificados de ensayos con los resultados concretos de las muestras representativas del yacimiento. Entre otros test, se efectúan: Desgaste de Los Ángeles, Densidades Real y Neta, Absorción de agua, etc.

⁸ Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001.

➤ Yacimientos granulares

Fase a: Bibliografía, registros e informes verbales

Consiste en reunir información proveniente de textos y publicaciones de organismos estatales, públicos y universitarios, laboratorios de control de calidad, etc.

Fase b: Estudios con fotografías aéreas y otros medios técnicos

Son de gran utilidad, cuando son cuidadosamente seleccionados, en algunos ríos o valles mayores, practicar una visión esteroscópica mediante pares de fotos adecuadas. Con ello se logra diferenciar terrazas de diferentes niveles, tipos de material constituyente, coberturas, etc.

Fase c: Análisis de los antecedentes recopilatorios

Se puede lograr una información confiable en muchos aspectos, como:

- Cambio abrupto o progresivo del terreno, que puede denotar el paso de una zona de relleno a una excavación o viceversa.
- Cambios importantes en el perfil transversal de un escurrimiento de agua que indicaría diferentes niveles de terrazas.
- Modificación del suelo atravesado por el curso del agua, influyendo en la naturaleza de los áridos.
- Incorporación de un afluente cuyos aportes sólidos y en volumen de agua, generalmente alteran la composición de los depósitos ubicados aguas debajo de esa singularidad.

Fase d: Estudio de un yacimiento granular específico

Es el estudio definitivo, se define acá:

- Volúmenes aprovechables y calidad de los materiales pétreos
- Espesor y características del escarpe
- Otros datos, como accesos, napas subterráneas, energía eléctrica, etc.
- La calidad en esta etapa deberá incluir los resultados certificados de los siguientes ensayos: Desgaste de Los Ángeles, Densidades real y neta, Absorción de agua, Afinidad con el asfalto, Sales solubles, Resistencia a la desintegración, Reacción alcali-agregados, Características de trituración y Materia orgánica.

3.3 Procesamiento de áridos⁹

Hoy en día, las plantas de procesamiento de áridos se diseñan para producir una amplia gama de granulometrías, que permite adaptarse al requerimiento del cliente. La eficiencia del proceso pasa por su continuidad, por los equipos utilizados y las técnicas de automatización y control. La utilización de nuevas tecnologías mejora el rendimiento de los procesos y optimizan los resultados.

El proceso productivo para obtener distintos tipos de áridos, se puede realizar de dos formas distintas: proceso seco y proceso húmedo, que son configuraciones de plantas distintas.

3.3.1 Proceso seco

Se basa en tres procesos básicos, que son: trituración, clasificación y operaciones complementarias. Cuando se diseña una planta con trituración secundaria y/o terciaria, se debe tener en consideración la mayor capacidad de producción de los equipos de trituración primaria, lo que en la práctica significa disponer de una mayor cantidad de los primeros equipos si se desea tener una producción continua. En caso contrario, será necesario contar con depósitos de almacenamiento temporal.

Las principales ventajas de este tipo de plantas son:

- Sencillez y flexibilidad
- Bajos costos de inversión y operación
- Alta tasa de producción
- Fácil ubicación (independiente de fuentes de abastecimiento de agua)
- Requieren poco espacio

Pero sus desventajas son:

- Incapacidad de producir granulometrías finas bien clasificadas
- Bajo grado de limpieza en tamaños finos
- Alto costo en equipos de abatimiento de polvo o encapsulamiento

⁹ Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001.

3.3.2 Proceso húmedo

Para este tipo de planta, no existe un esquema fijo, por lo que el diseño de la planta depende de los áridos que se quieran producir. La cantidad de operaciones son muchas más que en el proceso seco, son: trituración (primaria, secundaria y/o terciaria), molienda, clasificación (primaria, secundaria y/o terciaria), lavado, hidroclasificación, sedimentación, filtración y operaciones complementarias.

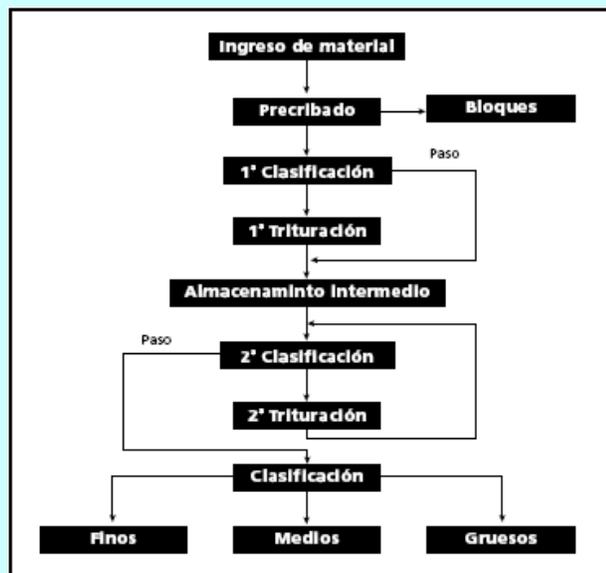


Fig. 3.9: Operaciones típicas de un proceso seco
(Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)

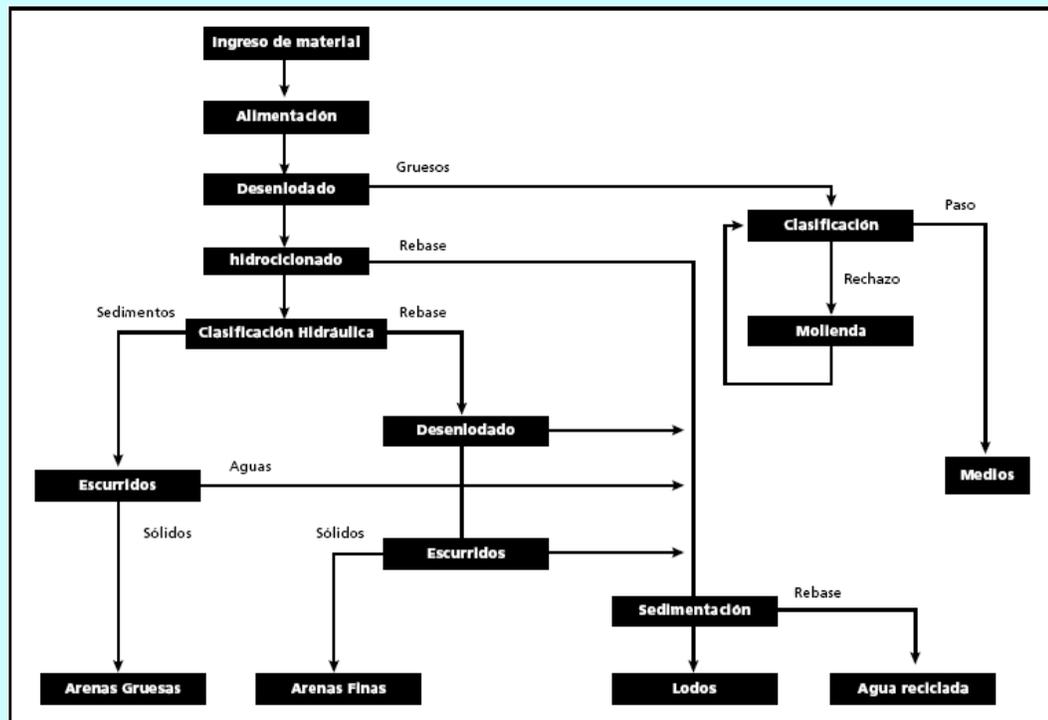


Fig. 3.10: Operaciones típicas de un proceso húmedo (Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)

Las ventajas y desventajas de estas plantas, son las mismas señaladas en las de proceso seco, pero invertidas. Como el procesamiento de áridos requiere de agua para el lavado del material, se puede habilitar una piscina o tranque que recircule el agua a un lavador de arena o al harnero vibratorio. Esta instalación lleva asociada una piscina de decantación, a objeto de recibir las aguas del proceso y acumular sedimento para ser dispuesto en las áreas de recuperación de terreno o como insumo de alguna actividad constructiva.

3.3.3 Descripción del proceso de operación de una planta de procesamiento tipo

El procesamiento de áridos esta basado en un modo de operación vía húmeda en una planta del tipo fija con trituración primaria y secundaria. Estas etapas se pueden dividir en otras cuatro fundamentales: trituración, clasificación, lavado y operaciones auxiliares (alimentación, transporte, almacenamiento, etc.).

El proceso se inicia con la descarga de material integral desde el camión o cintas transportadoras sobre una tolva preseleccionadora compuesta por un alimentador de placas que elimina el material de sobretamaño. El material pasante va a una cinta transportadora de alimentación que conduce a un harnero vibratorio que saca el material bajo 4". El material mayor pasa a un chancador de cono. De la segunda bandeja del harnero, el material va a una segundo chancador, obteniendo un material de menor granulometría. El material de salida de ambos chancadores, pasa a una cinta transportadora de retorno, donde vuelve a ingresar al harnero vibratorio y pasar por las mallas respectivas para su clasificación, dependiendo de la abertura de estas.

Una parte del material pasante de las bandejas vibratorias cae a cintas transportadoras de salida, para formar los pulmones de acopio de grava y gravilla. La caída de producto se realiza con cintas que pueden ser fijas o móviles, con o sin cascada. El material de salida de la última bandeja pasa a un lavador de arena, a objeto de limpiar el producto y eliminar los finos. Es importante que continuamente el material que pasa en el harnero sea humedecido con rociadores para evitar la emisión de polvo.

La grava y la gravilla son depositadas en su lugar de acopio definitivo y la arena es seleccionada por un lavador de arenas, que separa esta de la arcilla. Posteriormente el material

lavado es transportado a su acopio. El agua que sale del lavador, es captada y llevada a una piscina de sedimentación, donde el lodo se retira para ser utilizado como relleno u otro uso que se le dé. El agua clara pasa a la piscina de acumulación para volver ser utilizada.

3.4 Maquinarias y Equipos

Dentro de la maquinaria o equipos a utilizar en la producción de áridos, los más importantes son las chancadoras y las seleccionadoras, además de los equipos y camiones que se utilizarán para la extracción, acopio, alimentación de la planta y traslado de material. A continuación se describen algunas características de estos equipos:

3.4.1 Chancadoras

Las chancadoras son máquinas trituradoras. Este tipo de maquinaria se utiliza en plantas de material para moler triturar rocas de gran tamaño, reduciéndolas a la dimensión deseada. Las chancadoras más utilizadas en explotaciones son: la chancadora de mandíbula, chancadora de cono, chancadora de impacto y la chancadora giratoria.

3.4.2 Seleccionadoras

Estos son los equipos utilizados para separar los áridos en sus distintos tamaños. Existen diferentes métodos de selección, dependiendo si son áridos finos o áridos gruesos. Las más utilizadas son: la seleccionadora vibratoria inclinada, la seleccionadora horizontal inclinada y la seleccionadora giratoria.

3.4.3 Maquinaria de movimiento de tierra

➤ Excavadoras y/o retroexcavadora

Son las máquinas mas utilizadas para la extracción de áridos debido principalmente a que son capaces de soltar y cargar directamente el material, además de excavar bajo el agua, esto las hace eficientes y convenientes para este tipo de faenas.

➤ Cargador Frontal

Son ocupados en faenas de carga a los buzones de alimentación desde el lugar de acopio luego de la extracción, también para el movimiento interno o reacomodo del material ya procesado o para el proceso de carga a los camiones para su posterior despacho a las obras.

➤ **Camión Tolva**

Son grandes camiones que se utilizan para transportar material desde el lugar de extracción a la planta de procesamiento o a la de almacenamiento, además son indispensables para la venta del material ya que con estos los áridos son despachados a obras. Los más comunes transportan de 12 m³ a 18 m³.

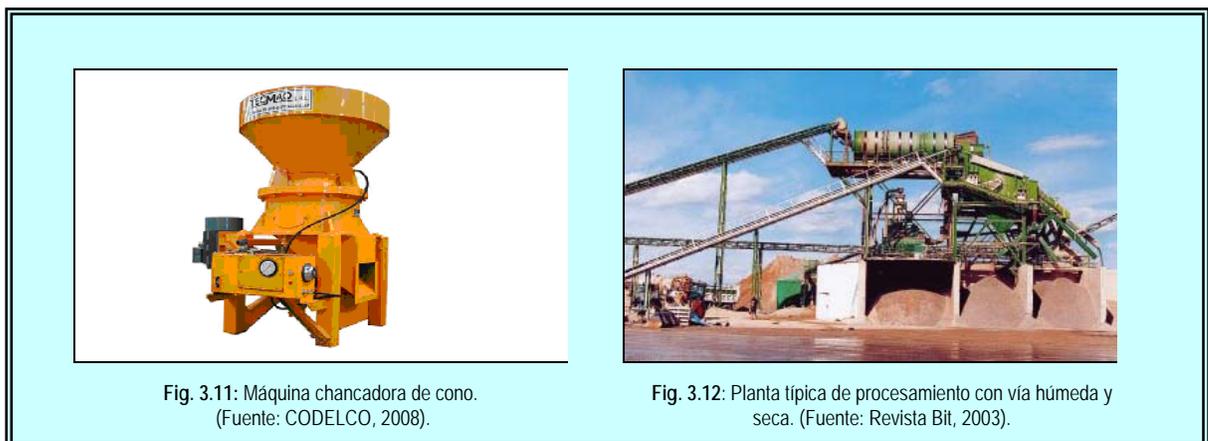


Fig. 3.11: Máquina chancadora de cono.
(Fuente: CODELCO, 2008).

Fig. 3.12: Planta típica de procesamiento con vía húmeda y seca.
(Fuente: Revista Bit, 2003).

3.4.4 Maquinaria de extracción en ríos

➤ **Draga**

Máquina que se emplea para extraer material desde un río, son especiales para obtener Material a una gran profundidad y donde a la vez sea muy difícil acceder al lecho del cauce con otro equipo convencional.

➤ **Falucho**

Embarcación costanera de carga que se utiliza principalmente en ríos para transportar material, generalmente es remolcada ya que no todos poseen un sistema de arrastre.

3.4.5 Equipos complementarios

➤ **Cintas Transportadoras**

Son las encargadas de mover el material según el circuito fijado en el diseño.

➤ **Equipo Electrógeno**

Por encontrarse generalmente fuera de centros poblados, muchas veces no se cuenta con energía eléctrica por lo que el abastecimiento se realiza con medios propios como estos equipos.

3.5 Acopio

El acopio corresponde al almacenamiento intermedio y/o final de los productos que serán utilizados en otras actividades que hacen uso del árido. Estos acopios pueden estar en centros de distribución intermedios, en plantas hormigoneras, de asfalto o prefabricados o el acopio directo en obras tanto vial como de edificación. El árido puede almacenarse encapsulado o al aire libre, dependiendo de la relación, cantidad a almacenar y tasa de consumo.

3.5.1 Acopio al aire libre

Corresponde a la acumulación de los áridos directamente en el suelo, transportado por camiones o cintas transportadoras, hasta llegar a formar una pila de material.

Esta forma de acopio consiste en separar en varias pilas dependiendo de la granulometría del material. Se recomienda que las separaciones entre una y otra pila esté bien definida, ya sea por una distancia considerable o a través de algún tipo de tabiques de hormigón o madera. La base de apoyo para este tipo de acopio debe ser suficientemente firme y tener una pendiente de al menos 2%, de tal manera que permita evacuar las aguas lluvias o el escurrido de material húmedo.

Si la base de apoyo para este tipo de acopio no se encuentra impermeabilizada, se recomienda mejorar el drenaje, por ejemplo colocando una capa de material drenante que conduzca las aguas hacia una cuneta exterior al acopio. De esta forma se evita que los áridos se contaminen.

La disposición de las pilas debe estar en función de las vías de circulación de los equipos que manipulan el material, para evitar posibles mezclados, equivocaciones de los operarios y colisiones entre máquinas.

3.5.2 Acopio encapsulado

Se refiere al almacenamiento en lugares cerrados, con el propósito de aumentar la protección del material de las condiciones, como la lluvia, nieve o viento, y a su vez evitar la contaminación ambiental. Para tal efecto existen tres tipos de encapsulamiento.

➤ **Encapsulamiento en silos**

Los cuales pueden ser abiertos o cerrados en su parte superior, dependiendo del volumen a almacenar. Estos silos pueden ser cilíndricos, cuadrados o rectangulares, fabricados en metal u hormigón.

➤ **Encapsulamiento en tolvas**

Las tolvas de almacenamiento son depósitos de acumulación parcial, generalmente construidas de metal, son de tamaño más pequeño que los silos y pueden ser cubiertas con objetos accesorios mas económicos como lonas o láminas de algún material impermeable.

➤ **Encapsulamiento en domos**

Los domos son construcciones similares a carpas gigantes que permiten almacenar el material completamente protegido, permitiendo asegurar la calidad del producto y evitar la contaminación.



Fig. 3.13: Acopio al aire libre (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)



Fig. 3.14: Encapsulamiento en silos (Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)



Fig. 3.15: Encapsulamiento en tolvas (Fuente: Áridos do Mendo, 2008)



Fig. 3.16: Encapsulamiento en domos (Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001)

CAPÍTULO IV: TRATAMIENTOS DE LOS ARIDOS

4.1 Selección y garantía de los áridos¹⁰

4.1.1 Características y propiedades físicas de los áridos

El procesamiento y selección de arenas y gravas se realiza con el fin de buscar que éstas cumplan con las condiciones mínimas para un empleo específico.

Existen textos, normas, y especificaciones técnicas que definen estas características indicando los parámetros necesarios en cada aplicación del área de la construcción.

Por lo general las cualidades deseables de un árido aparecen definidas en las especificaciones técnicas correspondientes a cada obra, pudiendo estar referidas a la naturaleza petrográfica del material o directamente con el proceso de extracción y procesamiento del mismo.

Dentro de la bibliografía especializada (que no son especificaciones técnicas), relacionada con la actividad extractiva tenemos las normas NCh y las LNV del Laboratorio Nacional de Vialidad. Cuando no exista normativa chilena, se acude a las normas ASTM, AASHTO, NLT, BS o DIN. A continuación un cuadro resumen de algunas de estas normas.

CONTENIDO	NORMA	
	NCh	LNV
• clasificación de los suelos para obras de ingeniería.	NCh 1886	
• Tamices y tamizado, vocabulario.	NCh 1021	
• Tamices de ensayo de tela de alambre y plancha perforadas. Dimensiones nominales de abertura.	NCh 1022	
• Tamices industriales de filamentos tejidos y de planchas perforadas. Dimensiones nominales de abertura.	NCh 1024	
• Balanzas, terminología clasificación y método de ensayo.	NCh 1075	
• Términos sobre pavimentos.		LNV 27
• Requisitos generales para áridos.	NCh 163	LNV 63
• extracción y preparación de muestras de áridos.	NCh 164	LNV 64
• Métodos para el cuarteo de las muestras		LNV 1
• Tamizado y Determinación de la granulometría de áridos.	NCh 165	LNV 65
• Determinación de la granulometría de Filler.		LNV 2
• Determinación de la cubicidad de partículas.		LNV 3(A)
• Coeficiente de actividad del Filler.		
• Índices de lajas y agujas en los áridos.		LNV 3(B)
• Determinación del índice de trituración de los áridos.		LNV 7
• Coeficiente de friabilidad.		
• Determinación de las sales solubles en materiales pétreos empleados en materiales flexibles.		LNV 8
• Determinación de la densidad aparente de los pétreos.	NCh 1116	LNV 67
• Determinación de la densidad real y neta y absorción de los pétreos gruesos (gravas).	NCh 1117	LNV 68
• Determinación de la densidad real y neta y absorción de los pétreos finos (arenas).	NCh 1239	LNV 69
• Determinación del material fino menor a 0,08 Mm.	NCh 1223	LNV 70

¹⁰ Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001.

• Determinación del equivalente de arena.	NCh 1325	LNV 71
• Determinación de huecos en los pétreos.	NCh 1326	LNV 72
• Determinación de partículas desmenuzables.	NCh 1327	LNV 73
• Determinación de la desintegración. Método de los sulfatos.	NCh 1328	LNV 74
• Determinación de sales. Determinación de cloruros y sulfatos.	NCh 1444	LNV 76
• Determinación del desgaste de los pétreos. Método de la máquina de los Ángeles.	NCh 1369	LNV 75
• Determinación del coeficiente volumétrico medio de los pétreos gruesos.	NCh 1511	LNV 77
• Determinación de humedad.	NCh 1515	LNV 61
• Determinación del límite líquido.	NCh 1517-I	LNV 69
• Determinación del límite plástico.	NCh1517-II	LNV 90
• Determinación de la densidad de partículas sólidas.	NCh 1532	LNV 93
• Determinación de la adherencia de árido-asfalto por el método estático (AASHTO).		LNV 9
• Determinación de la adherencia de árido-asfalto mediante carbonato de sodio.		LNV 10
• Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio.	NCh 1852	LNV 92
• Determinación en sitio de la densidad de los suelos y áridos por método nuclear.		LNV 19
• Determinación en sitio de la humedad de los suelos y áridos por método nuclear.		LNV 20
• Determinación en terreno de la densidad por medio del cono de arena.	NCh 1516	LNV 62

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001.

Tabla 9: Normas relativas a los áridos

Entre las exigencias más comunes impuestas a las arenas, gravas y áridos en general, se pueden mencionar las siguientes:

- Distribución Granulométrica
- Dureza
- Forma de los granos
- Superficie del grano
- Pureza
- Resistencia al desgaste
- Aspecto y claridad
- Modulo de elasticidad y coeficiente de dilatación térmica

4.1.2 Recepción y garantía de los áridos

La recepción de los áridos tiene por objetivo asegurarse de que su calidad sea adecuada para el fin al que se le destinará. La calidad se mide en relación a las especificaciones que fijan las cualidades deseables para su buen comportamiento. Estas se valoran mediante ensayos, fijando límites y tolerancias, pero se debe tener en cuenta que los áridos son el producto de un proceso industrial en cuya calidad, influyen varios factores:

- Inestabilidad propia del yacimiento. Afecta a todo el proceso de producción

- Remoción y extracción. Variable por sí misma y por las características del yacimiento.
- Trituración y clasificación. Variable por los equipos y por la influencia del material de alimentación.
- Manejo y transporte. Desde su fabricación hasta su empleo definitivo.

Debido a estos problemas presentados y para mantener una buena calidad, se debe analizar los siguientes aspectos,

La última fase del proceso de provisión de áridos es la aceptación o rechazo del producto. Lo variable del proceso industrial de fabricación, junto a la poca fiabilidad de los ensayos, hacen necesaria la aplicación del criterio de las medias móviles, la que se aplica al control de todas las variables controladas en forma frecuente, con un tratamiento estadístico si es necesario.

Es importante también establecer marcas de calidad, que induciría a un alza al precio de los áridos, pero daría conocimiento confiable de las dispersiones del material, en su origen y fabricación, y centrar estadísticamente las características de especificación de ellos.



Fig. 4.1: Muestras de material preparadas para recepción y garantía. (Fuente: BOUSO, 2002)

Fig. 4.2: preparación de las muestras para los ensayos del material. (Fuente: BOUSO, 2002)

4.1.3 Toma de muestras

Las tomas se desarrollan en laboratorios sobre muestras representativas del material existente. Es conveniente hacer muestreos en una corriente continua. Su frecuencia depende de los volúmenes de material, calidad de las instalaciones, grado de homogeneidad de los yacimientos y otros aspectos particulares.

Deben tomarse de forma aleatoria, en cada lote. Las muestras unitarias se unen a una muestra parcial representando cada lote. Con esto es posible obtener características medias del

lote o las sus variaciones en el proceso. Los procedimientos para obtener la muestra, el tratamiento, ejecución o división de estas deben realizarse con el mayor cuidado, usando cuarteadores manuales y automáticos.

4.1.4 Ensayos

La validez del ensayo depende entre otras del método de ensayo, del operador y del laboratorio. Cada ensayo tiene sus valores preestablecidos, si estos se cumplen, serán fiables. Los ensayos deben tener las siguientes características.

- Precisos, eliminando la influencia del operador
- Fiables y de rápida ejecución
- Deben medir lo mejor posible el comportamiento del árido en obra. Para esto deben establecerse especificaciones de lo necesitado.

4.1.5 Cualidades deseables en los áridos

Estas cualidades están definidas en las especificaciones técnicas de cada obra. Algunas de estas cualidades están relacionadas con la naturaleza petrográfica del árido y otras con el proceso de explotación y preparación del mismo.

La naturaleza petrográfica incide en que pueden variar sus propiedades, lo que contrasta con la necesaria homogeneidad en todas sus aplicaciones. Al mecanizarse la explotación se logra una gran homogeneidad, aunque disminuye su calidad. Por ello, actualmente la tendencia del control de calidad de los áridos es la determinación de sus cualidades medias enfatizando la homogeneidad.



Fig. 4.3: Máquina de Los Ángeles, que permite medir la dureza del material, en el ensayo de Los Ángeles. (Fuente: BOUSO, 2002)



Fig. 4.4: Laboratorio de ensayo de materiales de construcción. (Fuente: BOUSO, 2002)

4.1.6 Plan de control

Un plan de control para un suministro de áridos determinados ha de tener en cuenta las características específicas del yacimiento, del proceso de preparación, del transporte, acopio y la propia obra.

Internacionalmente se recomienda que se establezca la siguiente metodología de control.

- o Durante la producción, el suministrador efectúa el control de toma de muestras y ensayos. El administrador o comprador realiza algunos ensayos al azar.
- o Al recibir los áridos en obra, se realiza por parte de la administración, el control de recepción.
- o La administración supervisa el trabajo en la instalación y manejo hasta la entrega en obra.

4.2 Elementos y técnicas del chancado¹¹

4.2.1 ¿Qué es el chancado?

El chancado es aquella operación unitaria o grupo de operaciones concernientes a reducir trozos grandes de rocas hasta fragmentos de alrededor de 25 mm.

En general, el chancado puede dividirse en chancado grueso y fino:

- o Chancado grueso ⇔ Chancador primario
- o Chancado fino ⇔ Chancador secundario, terciario, cuarto, etc.

El **Chancador Primario** fractura la alimentación proveniente de la cantera, hasta lograr un producto menor de 8". El equipo puede ser Chancador Giratorio, de Mandíbula o de Rodillo.

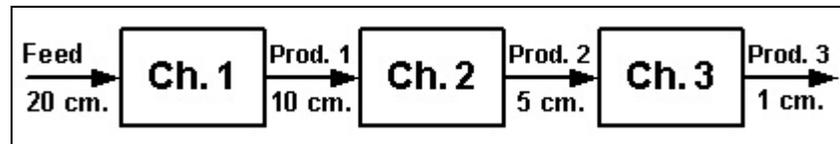
El **Chancador Secundario** toma el producto del chancador primario y lo reduce, en una pasada hasta 3" o 2" de producto. El equipo puede ser Chancador de Cono, de Rodillo, de Martillo o de Impacto.

El **Chancador Terciario** toma el producto del chancador secundario o chancadores intermedios reduciendo el material bajo 1/2" o 3/8". El equipo necesario es el mismo utilizado como secundario.

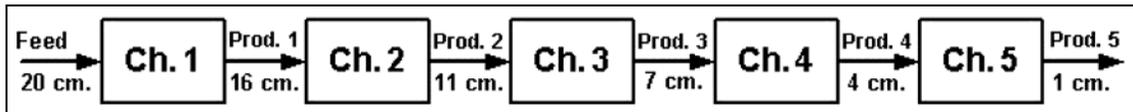
Un proceso de chancado determinado puede realizarse en varias etapas. Por ejemplo, una disminución de 20cm a 1cm puede realizarse en 3 o 5 etapas de chancado.

¹¹ La información relativa a los antecedentes del chancado, ha sido extraída principalmente de: Tapia, 2007.

a) **Alternativa 1:** 3 etapas



b) **Alternativa 2:** 5 etapas



4.2.2 Diseño de la trituración

Antes de que el material se lleve al chancado, se recomienda realizar la selección, operación que consiste en el harneo o selección del tamaño previo, segmentado en diferentes granulometrías. Este proceso aumenta la capacidad del equipo, evita los atascos que provocan los finos en las cámaras trituradoras y reduce el consumo de energía, permitiendo la obtención de un producto final con menos finos. En el diseño de un chancado y en la perspectiva de reducir los costos de operación, se debe tener en cuenta los siguientes puntos.



4.2.3 Localización

Dada la ubicación de la fuente y la planta, el chancador se emplaza en el lugar en que la distancia económica entre estos dos puntos sea mínima. Por aspectos de seguridad, el chancador primario siempre se ha mantenido alejado de la fuente. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el material ya triturado es menos costoso debido al menor volumen e impacto, asimismo es mas continuo que el material que viene de la fuente. Por ello, sería mas conveniente ubicar el chancador primario lo más cerca del yacimiento o dentro de él.

4.2.4 Transporte del material al chancado

El transporte en camiones, a pesar de su flexibilidad, es más costoso que el que se realiza por cintas transportadoras. Sin embargo, se debe tener presente que este último tipo de transporte encuentra su limitante en el tamaño del material. Por lo tanto, un transporte por cintas requiere la trituración o chancado en el yacimiento. Considerando el transporte del material y movilidad de este, se distinguen cuatro tipos de plantas.

➤ **Planta fija o estacionaria**

Permanece en el lugar de la instalación durante gran parte de la vida del yacimiento, esta debe localizarse cerca de él y en un nivel inferior respecto de la zona de extracción, para contar con un transporte descendente de los camiones cargados.

➤ **Planta semi-fija o semi-estacionaria**

Se instalan en faenas de periodos largos en las que se prevé la reubicación de la planta de trituración o chancado, de este modo sus equipos y bases pueden ser desmantelados y transportados

➤ **Planta semi-móvil o semi-portátil**

Se construye por unidades, las que se montan sobre plataformas o bases metálicas, para ser trasladadas con transportes especiales, a los que se les acoplan estas unidades móviles. Requiere de cierta preparación del terreno y origina paralizaciones breves de producción.

➤ **Planta móvil o portátil**

Estas plantas van equipadas con un sistema de transporte integral; la mayoría auto transportables y montadas sobre ruedas con cubierta de goma, zapatas de orugas o raíles. Debido a su excelente maniobrabilidad y su aceptable movilidad de traslado, se localizan junto a la planta para ser alimentadas directamente por el equipo de carga. Como se mueven frecuentemente, necesitan de un sistema adicional de transportadores flexibles que les permitan acoplarse al transporte general de la planta de concentración.

CAPÍTULO V: PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES PRODUCIDOS EN LA INDUSTRIA DEL ÁRIDO¹²

5.1 Efectos medioambientales de las explotaciones de áridos

El aspecto más destacado, en cuanto a las afecciones sobre el medio natural, está relacionado con la alteración o modificación del hábitat en la fase de explotación, debido al impacto visual y a la pérdida de la capa vegetal y de la fauna. Sin embargo, con una adecuada gestión y aplicación de las medidas correctivas existentes, este impacto estará debidamente controlado durante la operación de la explotación y será corregido durante la fase de restauración de los terrenos.

En las plantas de extracción, procesamiento, acopio de áridos y los circuitos de transporte, es de responsabilidad del generador el manejo de toda clase de residuos. El control ambiental requerido se refiere a la selección y separación de las diferentes clases de residuos establecidos en la normativa ambiental y a la determinación del grado de contaminación que pueden generar su evacuación y descargas, lo que implica definir un adecuado manejo.

Los principales efectos negativos producidos en las plantas de extracción y procesamiento de áridos son principalmente el ruido, las vibraciones, las emisiones de partículas, los efluentes líquidos, los residuos mineros e industriales, el impacto visual, el daño a la biodiversidad, entre otros.

5.2 Ruido

La gran mayoría de las operaciones que tienen lugar en las canteras y pozos secos son generadoras de ruido, y muy pocos en los cauces de río. Esto sucede desde las etapas iniciales de trabajo hasta las fases de abandono y restauración, pasando por la extracción, la carga, el transporte, el tratamiento y la expedición de materiales.

El ruido puede ser de tipo permanente o casi permanente (planta de tratamiento) o bien intermitente que es el que se produce por operaciones concretas como las voladuras, el arranque cotidiano de los motores, la carga del material, la descarga en las tolvas de los equipos de

¹² La información relativa a los antecedentes de los efectos medioambientales producidos en las explotaciones de áridos, mediciones y gestión, ha sido extraída principalmente de: MOP, MINVU, CChC, 2001; ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS FABRICANTES DE ÁRIDOS ANEFA, 2005 y de ADASME, 2002.

trituration, etc. Cuando este ruido no se produce en ciclos periódicos, o cuando el intervalo de tiempo entre estos periodos es largo, se le denomina ruido esporádico.

Los daños que la emisión de ruido puede generar en el medio ambiente, son:

- Producir molestias de mayor o menor intensidad a terceros
- Afectar negativamente a la fauna
- Mermar la calidad de entorno natural
- Degradar la calidad de vida

La naturaleza del proceso de producción de áridos, consistente en la trituración y clasificación de rocas, hace difícil reducir significativamente los niveles de ruido introduciendo medidas correctoras. No obstante, la gran mayoría de las empresas de áridos solo emite ruido en horas diurnas. Además, las explotaciones suelen estar a gran distancia de las posibles zonas afectadas, por lo que las molestias originadas a terceros por la actividad generalmente no son excesivas.

5.2.1 Medición del ruido

Se tiene que evaluar el impacto por ruido que produce la planta sobre el medio ambiente y, especialmente, sobre posibles afectados. La toma de datos se realiza por medio de equipos medidores (sonómetros, sonómetros integradores - promediadores) situados:

- En el límite de la explotación para determinar el impacto sobre el medio ambiente.
- En puntos del exterior de la explotación (en un núcleo habitado, en una industria próxima, etc.)
- Para estudiar las posibles molestias a terceros.

Los resultados de las mediciones deben consignarse en un libro registro y no ha de olvidarse tener en cuenta los efectos acumulativos de otras fuentes de ruido externas a la explotación, para determinar cuál es la emisión real de la actividad.

Los niveles aceptables de ruido son los expuestos en el D.S. No. 146 de 1997, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, los cuales son:

Zona	De 7 a 21 hrs.	De 21 a 7 hrs.
Zona I: cuyos usos de suelo permitidos de corresponden a: habitacional y equipamiento a escala vecinal.	55	45
Zona II: cuyos usos de suelo corresponden a los indicados para la Zona I, y además se permite equipamiento a escala comunal y/o regional	60	50
Zona III: cuyos usos de suelo permitidos corresponden a los indicados para la Zona II, y además se permite Industria inofensiva.	65	55
Zona IV: cuyo uso de suelo permitido corresponde a industrial, con industria inofensiva y/o molesta.	70	70

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 10: Niveles Máximos Permisibles De Presión Sonora Corregido

En aquellos casos en que la zona de ubicación de la actividad o instalación no corresponda a ninguna de las establecidas en la tabla, debe aplicarse la más próxima, por razones de analogía funcional o equivalente necesidad de protección acústica.

En las zonas de uso predominantemente terciario, en las que esté permitido el uso residencial, se aplicarán los niveles correspondientes a este último.



5.3 Vibraciones

Las vibraciones pueden tener una influencia sobre el medio ambiente se producen, habitualmente por las voladuras que han de realizarse en las canteras de rocas masivas para fracturar las rocas in situ y, así extraer los materiales útiles.

Además de las generadas por las voladuras, también pueden producirse vibraciones en:

- Los martillos hidráulicos móviles empleados en el arranque mecánico y en la rotura de grandes bloques.
- Las instalaciones de trituración, molienda, clasificación y en las cintas transportadoras y equipos de alimentación, aunque pueden reducirse, en gran medida, con cimentaciones y apoyos adecuadamente concebidos.

Las distancias que normalmente existen entre estos equipos y el exterior de las explotaciones hacen que estas vibraciones no tengan relevancia alguna desde el punto de vista de afección al medio ambiente. Como consecuencia de las voladuras, se producen dos fenómenos, que siempre están presentes en este trabajo, y que pueden incidir negativamente en el entorno:

- Las vibraciones terrestres, debido a que el explosivo está confinado en el barreno, y como consecuencia de la detonación, se genera una gran cantidad de gases a alta presión y temperatura, originando vibraciones al terreno. La transmisión de estas vibraciones depende básicamente del tipo de terreno y de la carga disparada.
- La onda aérea originada por el escape de gases y el empleo de cordón detonante.

La voladura en cantera es causante de molestias para los habitantes de la zona, aunque más desde un punto de vista psicológico que físico. Muy raramente se producen daños estructurales en edificaciones o afecciones medioambientales.

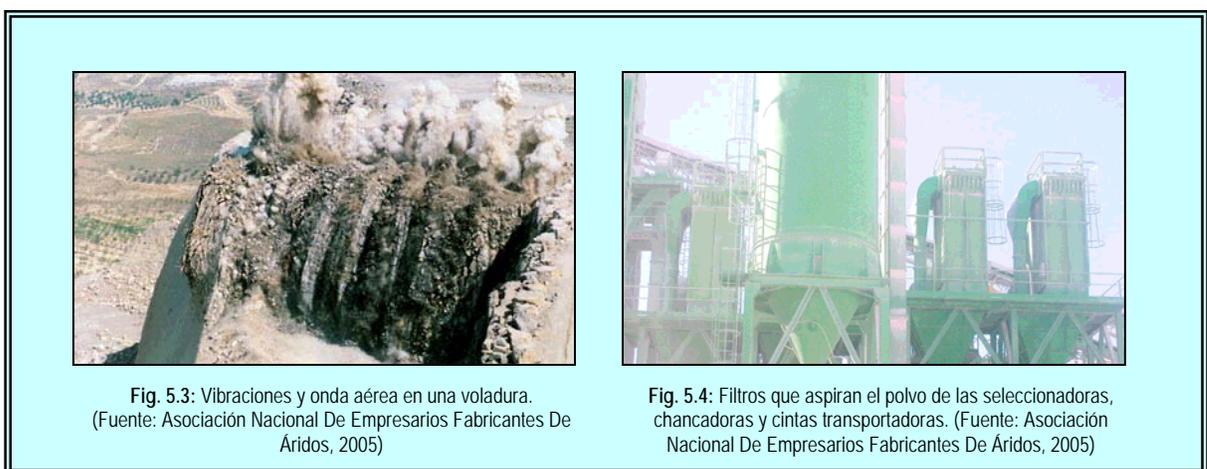


Fig. 5.3: Vibraciones y onda aérea en una voladura.
(Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

Fig. 5.4: Filtros que aspiran el polvo de las seleccionadoras, chancadoras y cintas transportadoras. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

5.4 Emisiones a la atmósfera

Los diferentes procesos que tienen lugar en las explotaciones de áridos suelen producir la emisión de partículas de polvo a la atmósfera. El término polvo se aplica a partículas sólidas, inanimadas y no solubles en agua que se originan a raíz de la disgregación de materiales rocosos o de suelos. La emisión excesiva de polvo puede generar riesgos para la salud de los trabajadores, daños al medio ambiente, incidencias en la producción, así como el deterioro de la imagen de la empresa.

La sedimentación del polvo sobre el suelo, la vegetación, los edificios, los tejados, etc. puede ocasionar los siguientes efectos en el entorno:

- Afectar negativamente a la calidad del paisaje.
- Producir molestias leves a terceros.
- Lentificar el crecimiento de las plantas (dificulta la fotosíntesis).
- Mermar la calidad y la cantidad de ciertos cultivos (viñas, frutales, etc.) y alterar la buena presencia de los vegetales y las frutas.
- Ensuciar las vías públicas.

Por otro lado, el polvo en suspensión puede:

- Reducir la visibilidad en las carreteras y caminos próximos a la explotación, afectando a la seguridad de los usuarios.
- Favorecer la aparición de brumas, lo que también afecta a la visibilidad en el entorno.
- Llegar a afectar a las aguas superficiales y las subterráneas por el arrastre de polvo depositado.

Sin olvidar los daños a la salud de los trabajadores y a la propia calidad de los productos.

La emisión de sustancias contaminantes, como compuestos de azufre, óxidos de nitrógeno o monóxido de carbono, se debe a los vehículos, a los motores de combustión interna, generadores, etc. En cualquier caso, desde el punto de vista industrial, se trata de un problema menor, en comparación con otros sectores, pero que debe tenerse en consideración.

Algunas emisiones máximas de sustancias contaminantes de acuerdo a la resolución N° 1215 de 1978 sobre el sistema de Control y Prevención de la Contaminación Atmosférica son:

Sustancia contaminante	Concentración media anual (en microgr/ m ³ N)	Concentración media de 24 hrs. (en microgr/ m ³ N)	Concentración media de 8 hrs. (en microgr/ m ³ N)	Concentración media de 1 hr. (en microgr/ m ³ N)
Partículas en suspensión (PTS)	75	260 (*)		
Anhídrido Sulfuroso (SO ₂)	80	365 (*)		
monóxido de Carbono (CO)			10000 (*)	40000 (*)
Oxidantes Fotoquímicos (O ₃)				160 (*)
Dióxido de Carbono (NO ₂)	100			
(*) = no pudiéndose sobrepasar este valor mas de una vez por año.				

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 11: Niveles admisibles de emisiones contaminantes a la atmósfera

Por otra parte, en esta actividad no se producen emisiones relacionadas con metales y sus aleaciones, ni con el amianto NO₂ (partículas, fibras).

5.5 Gestión del ciclo de agua

La procedencia del agua que puede encontrarse en una planta es muy variable:

- Aguas de drenaje (subterráneas y pluviales), dependiendo de las características de la explotación (meteorología, naturaleza de los acuíferos)
- Captación de agua subterránea mediante perforación.
- Captación de las aguas superficiales (ríos u otros cursos de agua).
- Red pública.
- Reciclaje de las aguas de proceso en circuito cerrado tras la decantación (balsas, decantadores o espesadores). En este caso, se precisa de aportaciones de agua al circuito, que disminuyen al mejorar la eficacia del proceso.

El consumo de agua, en las explotaciones de áridos, puede ser muy variable dependiendo de circunstancias tales como que el proceso de tratamiento se realice en vía húmeda o en vía seca, la climatología de la zona, etc. Las principales actividades que pueden requerir agua son:

- Lavado de los áridos (proceso en vía húmeda).
- Prevención del polvo (pulverización de las instalaciones, riego de las pistas (automático o cisterna móvil), riego de la carga de los camiones, limpieza de la planta y de los camiones).
- Instalaciones auxiliares (laboratorio, talleres, vestuarios).
- Mantenimiento de la vegetación.

El proceso de producción de áridos en vía húmeda se realiza habitualmente en circuito cerrado, por lo que el destino más común de las aguas de proceso es la reutilización. Esta operación se combina con la restauración, rellenando los huecos con los lodos generados.

Pero en ciertos casos algunos residuos líquidos se siguen vertiendo en el alcantarillado, el decreto supremo N° 609 de 1968 del MOP fija la norma de emisión de residuos líquidos industriales a redes de alcantarillado.

Parámetros	Unidad	Expresión	Límite máximo permitido
Aceites y grasas	mg/L	A y G	150
Hidrocarburos totales	mg/L	HC	20
sólidos sedimentables	ml/L 1 h	SD	20
Sulfatos	ml/L	SO ₄ ⁻²	1000
Sulfuros	mg/L	S ⁻²	5
Temperatura	°C	T°	35
sólidos suspendidos totales	mg/L	SS	300

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Tabla 12: Límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúan a redes de Alcantarillado que no cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas

El vertido a redes públicas es prácticamente inexistente y en un pequeño porcentaje de los casos se vierte a cursos de agua, ríos o arroyos, con la debida autorización, controlando los caudales y adoptando medidas para cumplir con los límites de emisión del efluente. Las aguas de escorrentía siguen un procedimiento similar, mientras que las sanitarias se envían a depósitos cerrados que se vacían regularmente.



Fig. 5.5: Aguas de lavado de arena cargadas de lodos
(Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)



Fig. 5.6: Rechazos del proceso esparcidos por el lugar
(Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

5.6 Gestión de estériles, residuos mineros u residuos industriales

5.6.1 Estériles y residuos mineros

En general, el proceso de producción de áridos, debido a las características de los yacimientos explotados, tiene rendimientos elevados en cuanto a la razón materia útil / material estéril, siendo poco importantes los volúmenes de estériles inertes y de material no apto, lodos, etc., respecto al material aprovechable, comparado con otros tipos de minería.

5.6.2 Residuos industriales

Los residuos industriales que se producen en el proceso son de muy variada procedencia, pero en la mayoría de los casos, el volumen generado es poco importante, si bien esto no obsta para que se precise una adecuada gestión, tal y como establece la legislación medioambiental.

Cuando no se gestionan adecuadamente, pueden ser una fuente de afecciones y de problemas de mayor o menor gravedad:

- Impacto visual: el almacenamiento de residuos industriales (chatarras, neumáticos, etc.), en áreas no dispuestas para ello, diseminados y expuestos a la vista, supone una mala imagen.
- Agua y suelo: la potencial contaminación por residuos industriales o derrames puede provocar asimismo la contaminación del suelo y de los acuíferos por sustancias nocivas, hidrocarburos, etc., poniendo en peligro los ecosistemas.
- Aire: la fermentación y descomposición de residuos orgánicos (basuras) produce emanaciones de gases y olores desagradables.

Los residuos industriales se producen en las diferentes etapas del proceso de producción, en áreas muy diseminadas, por lo que debe cuidarse su recogida y gestión:

- En la zona de extracción (leña, piezas mecánicas, embalajes de explosivos, etc.).
- En las instalaciones de tratamiento (piezas mecánicas, componentes eléctricos, bandas de cintas transportadoras, estériles de producción, lodos de lavado).
- En las dependencias auxiliares, talleres, aparcamientos, oficinas, locales de personal, laboratorios, etc. (baterías, envases, trapos, filtros de aceite, grasas, aceites usados, suelos con grasa, lámparas eléctricas, residuos sólidos urbanos, productos químicos, vidrio, etc.).
- En las zonas de almacenamiento (cobertera, vegetales, lodos de lavado, productos de rechazo, equipos viejos, cintas transportadoras, neumáticos).

5.7 Biodiversidad

La industria extractiva de los áridos se encuentra inmersa en un proceso continuo de desarrollo y de mejora de las prácticas encaminadas a compatibilizar las actividades productivas con la protección del terreno vital.

Las propias modificaciones del terreno originadas por el avance de las explotaciones propician, cuando la gestión es adecuada, la aparición de hábitats nuevos y diversificados donde tanto las especies animales como las vegetales encuentran refugio. Un signo de buena práctica medioambiental, en las canteras y pozos secos activos, es la biodiversidad que albergan, muestra de que la extracción de rocas y minerales no solo no es perjudicial para su entorno, sino que puede ser frecuentemente beneficiosa. Es muy frecuente encontrar numerosas especies que permanecen desde el inicio de la explotación o que la han colonizado y que conviven habitualmente con los equipos de trabajo y con las actividades que se desarrollan.



5.8 Impacto visual

El impacto visual supone uno de los mayores desafíos a los que deben enfrentarse las empresas productoras de áridos, no solo por la propia naturaleza subjetiva de este impacto que lo hace arduo de cuantificar, sino por la dificultad para aplicar medidas correctoras en aquellas explotaciones donde no se ha considerado el tema en las fases de diseño.

Este impacto es más claro en las canteras, por la ubicación de los yacimientos y por el tipo de explotación realizada en los pozos secos.

5.9 Restauración

La restauración o reacondicionamiento de los terrenos explotados es la última fase del proceso productivo, y responde a la integración de los aspectos medioambientales en el proceso minero desde su misma concepción.

La devolución del terreno a su entorno se realiza según la legislación vigente, de acuerdo con unas directrices recogidas en el proyecto de abandono y restauración, aprobado por la Municipalidad a través de un EIA.



Por tal motivo, la restauración de los terrenos debe estar planificada en las explotaciones de áridos desde el inicio de los trabajos y su ejecución se encuentra garantizada mediante los avales que toda empresa debe constituir ante la administración.

Sin embargo, las diferencias en los métodos de explotación que se aplican en las plantas, se reflejan normalmente en la intensidad de las actuaciones realizadas.

En este aspecto, es preciso destacar que en las canteras, por la naturaleza del yacimiento, el proceso de restauración es más complejo puesto que, en general no es posible efectuarlo hasta las etapas finales de la vida útil de la explotación, a no ser que en el diseño preliminar de las mismas, se haya previsto esta circunstancia.

Sin embargo, el método de explotación minera que se aplica permite ejecutar, de forma casi simultánea, las labores de extracción con la restauración de las áreas ya explotadas.



5.10 Transporte externo

El transporte externo de los productos, se encuentra altamente condicionado por las características de la infraestructura del país, por lo que el 99% del transporte se realiza por carretera en el caso de los áridos. Por otra parte, como éstos son muy pesados y es preciso transportar grandes volúmenes, suele llegarse a una situación en la que el coste del transporte supera al valor del material y de su producción.

Los principales efectos medioambientales producidos por el transporte por carretera son el ruido, las vibraciones transmitidas al suelo, el polvo, la emisión de gases, los efectos visuales, los accidentes y los riesgos para la seguridad. Dado que la magnitud de estos efectos es directamente proporcional a la distancia de transporte, la proximidad de las explotaciones a los centros de consumo tiene evidentes beneficios medioambientales que deben considerarse.

CAPÍTULO VI: SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES PRODUCIDOS EN LA INDUSTRIA DEL ÁRIDO¹³

6.1 Medidas de control de la contaminación

Hoy en día existen numerosas medidas preventivas que permiten mantener bajo control los diferentes impactos sobre el medio ambiente, las que deberían ser puestas en práctica por las empresas del sector, como lo demuestran los ejemplos prácticos que ilustran estas páginas, estas medidas pueden ser de gran significado para aplacar el daño al medioambiente.

La implantación de estas medidas dependerá de las circunstancias concretas de cada explotación, ya que es difícil hablar de actuaciones universalmente aplicables. Muchas de estas acciones requerirán que previamente, la empresa realice un estudio técnico que determine la efectividad de implementarlas en las condiciones concretas de esa explotación.

6.2 Medidas para controlar el ruido

Dependiendo de la ubicación de la explotación y de la proximidad de posibles afectados (viviendas aisladas, poblaciones, parajes protegidos, etc.), las empresas habrán de adoptar medidas para minimizar los efectos adversos sobre terceros. La emisión de ruido en las explotaciones de áridos es un aspecto que debe ser cuidado por la empresa y sobre el que se puede actuar en diferentes niveles. Las medidas que se citan a continuación podrán ser aplicadas en función de las características de la explotación y de la planta de tratamiento.

6.2.1 Control del ruido en la fuente

El control del ruido en la fuente consiste en actuar sobre él, en el mismo punto donde se produce, puede controlarse en la fuente aplicando las siguientes medidas:

MEDIDAS DE CONTROL DE RUIDO	OBSERVACIONES
Elección del emplazamiento de la planta de tratamiento, considerando la geografía del terreno y la posición de los diferentes afectados (actividades o núcleos habitados próximos) de forma que el ruido sea mínimo para éstos.	
Correcta distribución de los equipos en la planta, mediante un diseño correcto y cuidadoso de las nuevas	

¹³ La información relativa a las soluciones a los efectos medioambientales producidos en las explotaciones de áridos y el control de estos, ha sido extraída principalmente de: MOP, MINVU, CChC, 2001 y de ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS FABRICANTES DE ÁRIDOS ANEFA, 2005.

instalaciones (o modernización o modificación de las actuales) para que las máquinas se distribuyan de manera que se reduzca lo más posible la emisión de ruido.	
Uso de máquinas con bajo nivel de ruido, donde el control de las emisiones de ruido se haya considerado en el diseño del equipo por el fabricante. Estos equipos, hoy en día, se comercializan con marcado.	
Modificación o sustitución de los componentes de los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> • Empleo de revestimientos de caucho en las mallas de las seleccionadoras, en los elementos de desgaste de los equipos de trituración, etc.
Disminución de las alturas de caída libre de los materiales.	
Procesos de trabajo menos ruidosos, cuando esto sea posible.	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el número de equipos (sustitución de camiones tolva por otros de mayor capacidad). • Disminuir la frecuencia de las operaciones (mayores voladuras, menor número de desplazamientos). • Acortar los desplazamientos de los equipos móviles. • sustitución de las voladuras por martillos hidráulicos vibrosilenciosos. • Reducción de los efectos negativos de la circulación (velocidades reducidas, evitar arranques continuados, reducción de pendientes). • Mejora del circuito de circulación, diseño de los accesos.
Realizar los mantenimientos periódicos de las máquinas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Esta es una operación imprescindible que garantiza el buen funcionamiento de todos los dispositivos de control del ruido instalados.	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricar las piezas móviles. • Corregir los defectos de alineamiento. • Sustituir las piezas desgastadas. • Revisar los anclajes de los equipos fijos. • Comprobar que los tornillos están adecuadamente apretados. • Equilibrar las piezas giratorias para evitar vibraciones. • Verificar que las carcacas, revestimientos y cubiertas cierran bien. La eficacia de los cerramientos disminuye con el tiempo sin un buen mantenimiento. • Mantener en buen estado los dispositivos destinados a reducir el ruido que incorporen las máquinas. • Revisar los silenciadores de los tubos de escape y de los motores. • Hacer estas operaciones con la periodicidad indicada por el fabricante o cuando se observe una anomalía de funcionamiento.

Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005

Tabla 13: Medidas de control de ruido

6.2.2 Control del ruido a través del medio de transmisión (aire)

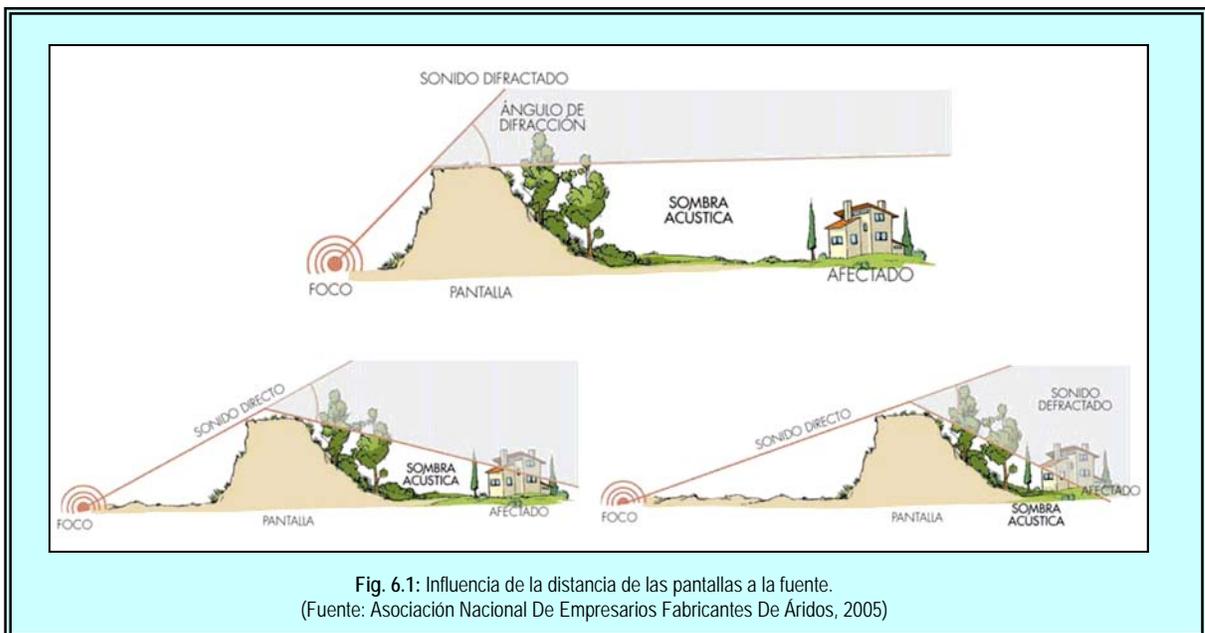
Puede controlarse el ruido actuando sobre el medio de transmisión, del aire, por medio de cerramientos totales o parciales, esto es empleando las técnicas de confinamiento y de apantallamiento.

➤ Confinamiento

El confinamiento de los equipos e instalaciones es un tratamiento pasivo pero muy efectivo. No actúa directamente sobre la fuente del ruido sino que lo amortigua, afectando su propagación. Consiste en el revestimiento o cubierta de los puntos de emisión de ruido.

Con este tipo de dispositivos, se recomienda:

- Estudiar la orientación de las aberturas respecto a los posibles afectados.
- Emplear materiales ligeros y resistentes.
- Revestir completamente las instalaciones de trituración y molienda, ya que en estas fases se produce gran cantidad de ruido.
- Cerrar los elementos giratorios (poleas, correas de transmisión, etc.) para confinar el ruido.
- Habilitar accesos para el control y el mantenimiento.
- Reducir al máximo el tamaño de las aberturas de los equipos.
- Cubrir las cintas, en toda su longitud, con elementos rígidos, semirrígidos o inclusive con lonas.



➤ Apantallamiento

Este método consiste en la colocación de una pantalla entre la fuente y los puntos a proteger (áreas sensibles del entorno, trabajadores, etc.), de forma que se reduzca la propagación del sonido en esa dirección.

Los tipos de pantallas existentes son: pantallas artificiales, edificaciones, pantallas vegetales, cordones de tierra, acopios de áridos o apantallamiento con el mismo terreno.

6.3 Medidas de control de vibraciones

Para minimizar el impacto medioambiental de las vibraciones y de la onda aérea sobre las zonas pobladas próximas a las explotaciones, en el diseño de la voladura o del método de extracción del material, se ha de prestar especial atención a:

- Las propiedades de las rocas.
- Las propiedades del explosivo o de la maquinaria para la extracción de material
- La geometría de la voladura y tiempo de retardo en caso de canteras
- La secuencia de iniciación.

Recientemente se han conseguido grandes mejoras en la calidad de los explosivos, de los detonadores de micro-retardo, de los esquemas de voladura y del control electrónico secuencial de los disparos para evitar las vibraciones y los barrenos fallidos que, además, provocan la proyección de piedras y la producción de polvo.

Es muy importante una cuidadosa ejecución de las labores de perforación y de la carga de los barrenos. Para ello, se requiere contar con profesionales cualificados, perforistas y artilleros, que tengan experiencia en estas operaciones.

Para mitigar las molestias producidas por las voladuras y arranque en pozos, se tratará de realizarlas en horas fijas de máxima actividad laboral y dando aviso a los vecinos del horario de trabajo.



Fig. 6.2: Revestimiento de instalaciones para confinar el ruido y el polvo. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

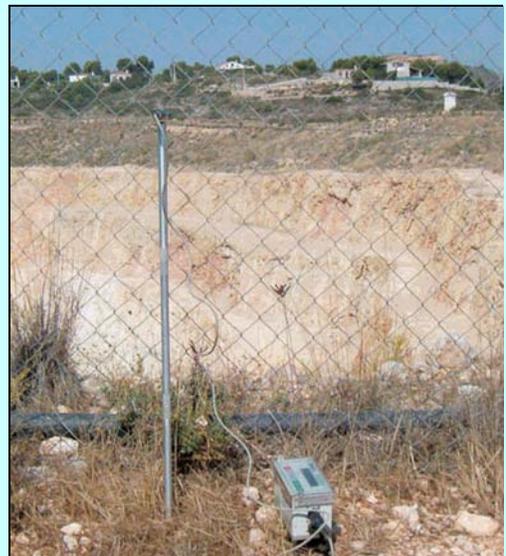


Fig. 6.3: Control de vibraciones en el entorno de la explotación para estudiar la relación carga vibración con objeto de calcular la carga instantánea en la voladura siguiente. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

La creación de pantallas vegetales o de tierra entre la zona expuesta a las voladuras y el área donde éstas se ejecutan puede ser otra medida eficaz para reducir los efectos de la onda aérea.

6.4 Medidas de control del polvo

La prevención y control de las emisiones de polvo se realizan aplicando un importante conjunto de medidas de muy diversa índole, en función de las distintas fases del proceso productivo de los áridos donde se producen. Atendiendo a las fases del proceso productivo, las medidas más frecuentemente aplicadas son las siguientes:

MEDIDAS DE CONTROL DEL POLVO	OBSERVACIONES
Trabajos de retirada de la cobertura (escarificado, rípiado, erosión eólica y rodadura de equipos por superficies desprotegidas).	<ul style="list-style-type: none"> • En periodos secos, riego por aspersión complementando con algún tipo de estabilizador o de fijador. • disposición de alguna barrera perimetral que limite la dispersión del polvo. • Planificación de los trabajos para evitar, en la medida de lo posible, realizarlos en épocas de sequía y de fuertes vientos. • Restricción del paso de maquinaria no necesaria.
Operaciones de extracción (perforación voladura, arranque y carga).	<ul style="list-style-type: none"> • perforación con dispositivos de captación de polvo o con sistemas de inyección de agua • Riego del pie del frente y de la plataforma de trabajo. • Carga de camiones evitando derrames.
Transporte de la zona de extracción a la planta de tratamiento (carga, fuga de materiales de la caja de los camiones, rodadura de los camiones por las pistas).	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y riego de los accesos, las pistas, y las vías de circulación con camiones cubas, aspersores u otros, mejora de las pistas, con asfaltado o con extensión de capas de grava. • Limitación de la velocidad. • Constitución de pantallas vegetales o de tierra a lo largo de las pistas. • Mejora del pavimento de las pistas.
Tratamiento del material (alimentación, transferencia, acción del viento, trituración, selección).	<ul style="list-style-type: none"> • Revestimiento o cierre de las instalaciones mediante edificaciones. • Cubierta de las cintas transportadoras, de áridos finos, expuestas a vientos dominantes, protección de los puntos de alimentación y de transferencia, y estudio de la posición y orientación. • Dispositivos de pulverización de agua para favorecer la sedimentación del polvo o sistemas de eliminación por captación. • Pantallas vegetales o de tierra en torno a la instalación e, incluso, aprovechamiento del relieve del terreno o de edificaciones anejas para reducir la acción de los vientos dominantes.
Almacenamiento de los áridos.	<ul style="list-style-type: none"> • Barreras en los puntos de vertido de materiales finos. • pulverización de agua y riego de los apilamientos. • Barreras o revestimiento parcial de los acopios de finos. • Almacenamiento en silos, tolvas, hangares, etc. • También se pueden adoptar medidas similares a las de la planta de tratamiento para limitar la dispersión de los materiales pulverulentos.
Operaciones de carga en apilamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y riego del parque de áridos, limitación de la velocidad, pantallas cortavientos.
Transporte de los áridos al exterior (fuga de materiales finos o de fillers, rodadura de camiones por las pistas).	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas para la limpieza de los camiones y de las ruedas. • Riego de la carga. • Recubrimiento de las cargas con lonas. • Mantenimiento, riego y limpieza de las pistas y de los accesos a las vías públicas. • Accesos a las vías públicas pavimentados. • Limitación de la velocidad en las pistas no pavimentadas. • Separación de las pistas de circulación de maquinaria de las previstas para coches de clientes y de trabajadores.

Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005

Tabla 14: Medidas de control de polvo



Fig. 6.4: Planta de tratamiento cubierta, con solera de hormigón y acopios encapsulados. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)



Fig. 6.5: Riego por rocío en distintos puntos del proceso como en la descarga, cintas, seleccionadores, chancadoras. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

6.5 Medidas de control de otras emisiones a la atmósfera

Las medidas de prevención y control aplicadas para la emisión de gases de combustión interna, pueden resumirse en:

- o Un dimensionado cuidadoso del transporte interno, eligiendo camiones tolva de dimensiones y características adecuadas, las necesidades de carga, las distancias y a las pistas.
- o La adquisición de equipos de trabajo con marcado control de calidad.
- o La realización de mantenimiento preventivo para conservar las características originales de estos equipos.

6.6 Medidas para la gestión del agua

La gestión del agua en el proceso de producción de áridos puede realizarse con alguno de los siguientes sistemas:

TECNICA	ESPECIFICACIONES TECNICAS	OBSERVACIONES
SISTEMAS DE RECOGIDA	Redes perimetrales de drenaje. Sistemas de bombeo	Pueden diseñarse para que operen por gravedad. El bombeo requiere energía eléctrica.
	Deposito hermético	Aguas sanitarias. Retirada regular por bombeo.
SISTEMAS DE DECANTACION	Los sólidos en suspensión se decantan en balsas o pequeñas presas (de menos de 2m de altura).	Es el sistema mas empleado del sector. Requieren un cuidadoso estudio de los volúmenes para su dimensionado.
	Los sólidos en suspensión se decantan en tanques de decantación (con floculantes).	Requieren un cuidadoso estudio de los volúmenes para su dimensionado.
SISTEMAS DE RECICLADO	Circuito cerrado con desplazamiento a depósitos desde donde se bombea	Reciclado del agua. Disminución del consumo específico de agua nueva por tonelada.
SISTEMAS DE DESHIDRACION	Deshidratación de lodos decantados con filtros presa los cuales forman unas tortas para su eliminación o revalorización.	Contenido de humedad \approx 25%
	Filtros banda- prensa	Poco utilizado. Consumo floculante muy elevado. Coste de mantenimiento más alto.

SISTEMAS PARA LA PREVENCIÓN DE VERTIDOS	depósitos protegidos para hidrocarburos y otros materiales lubricantes, etc.	Cubetas de retención para vertidos accidentales.
	Área protegida para trabajos de mantenimiento, de lavado y de abastecimiento de combustible.	Separador de hidrocarburos
TRATAMIENTO	Tratamiento químico de las aguas en caso de alteración de su calidad	No es frecuente, por no darse habitualmente ese problema
SUSTITUCIÓN DE SUSTANCIAS	Reemplazo de sustancias peligrosas lubricantes tradicionales por otras biodegradables.	Cada vez más habitual. Impulsado por los fabricantes de equipos

Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005

Tabla 15: Medidas de gestión de aguas

Otros aspectos a tener en cuenta son: el estudio de la ubicación del punto de vertido en su caso, y el control regular de la cantidad de agua (proceso y vertido).



6.7 Medidas para la gestión de estériles, residuos mineros y residuos industriales

6.7.1 Estériles y residuos mineros

➤ Gestión de los materiales de cobertera

En la primera etapa del proceso, que consiste en la descubierta de las zonas superficiales no explotables, se retiran selectivamente y acopian por separado los materiales reutilizables para el reacondicionamiento de los terrenos: cubierta vegetal, estériles y rocas alteradas. La cubierta vegetal, de mayor riqueza orgánica, se almacena en cordones de pequeño volumen (de uno a dos metros de altura), para conservar sus características. Este sirve como relleno de áreas ya explotadas o se acumula en cordones o escombreras, temporales o definitivas.

Estos materiales no aptos para la venta son reutilizados dentro del propio proceso productivo para las labores de restauración de los terrenos, no generándose apenas residuos

mineros. En cualquier caso, todos ellos se gestionan de acuerdo con el proyecto aprobado por la Municipalidad.

➤ **Gestión de los lodos**

Los lodos que se generan en aquellas explotaciones que procesan el material en húmedo tienen por destino la restauración de los terrenos como rellenos, dentro de un ciclo cerrado de agua. El tipo de depósito más común en estos casos es la balsa de lodos, creada en huecos del terreno, por lo que la posibilidad de vertidos es prácticamente inexistente.

Menos del 5% de las explotaciones cuentan con presas de lodos, siendo en estos casos de alturas reducidas, generalmente por debajo de 2 metros.

➤ **Gestión de los materiales de rechazo del proceso**

Generalmente el rendimiento del proceso es elevado, rechazándose como estéril o inerte una pequeña parte del material extraído. Estos materiales pasan en la mayoría de los casos, a ser utilizados en las etapas de restauración bien directamente, o bien tras almacenarlos temporalmente en escombrera.

6.7.2 Residuos industriales

➤ **La gestión de los residuos industriales en plantas de extracción y procesamiento de áridos**

Los principios básicos que se aplican a la gestión de residuos en las explotaciones de áridos son los siguientes:

TECNICA	ESPECIFICACIONES TECNICAS	OBSERVACIONES
REDUCCION DE LA GENERACION	Productos con poco embalaje	Materiales a granel
	Técnicas mas limpias	Separador de hidrocarburos
	Organización del trabajo	Procedimientos para sensibilizar a los trabajadores. Con instrucciones precisas
RECOGIDA SELECTIVA	En recipientes y lugares de almacenamiento	Adecuados al tipo de residuo y al lugar donde se produce (a granel, en bidones, en contenedor, etc.). Señalizados.
SEPARACION	Por tipos de residuos	Contenedores y papeleras en lugares accesibles y próximos a los puntos donde se generan los residuos y organizando su recogida sistemática. Sin mezcla. En lugares poco visibles o con algún tipo de barrera visual.
INVENTARIO	Fichas de identificación y gestión	Tipo y naturaleza del residuo, estado físico. Precauciones a adoptar. Cantidades producidas.

		Objetivos de reducción.
GESTION	Deposito, reciclado o reutilización. Procedimiento para realizar una correcta gestión interna.	Responsable de la gestión. Medidas para evitar accidentes medioambientales (vertidos, derrames, etc.) con aceites, grasas, combustibles, etc. Definición de indicadores para evaluar la eficacia de la gestión. Entrega a gestores autorizados, estableciendo contratos para favorecer una correcta gestión.

Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005

Tabla 16: Medidas de gestión de residuos industriales

6.7.3 Residuos de construcción y demolición

Recientemente se están empleando en determinados casos, residuos inertes externos, en ningún caso peligrosos, del tipo de residuos de construcción y demolición (RCD) o vaciados de obras, procedentes de la construcción, de la demolición de estructuras y edificaciones o de la obra civil, para el relleno de huecos en explotaciones, mediante vertido controlado, con objeto de cooperar a la resolución del problema medioambiental que representa para la sociedad la falta de vertederos adecuados.

Esta solución requiere un estricto control de la admisión de RCD, para rechazar aquellos lotes que contengan sustancias peligrosas, además de ser imprescindible adoptar todas las medidas que establece la legislación para el acondicionamiento del hueco y prevenir daños al medio ambiente.

En ciertos casos, puede ser posible la realización de labores de reciclado de los RCD mencionados, para obtener áridos reciclados aptos para ser consumidos, siempre y cuando cumplan con los requisitos de calidad exigibles para cada una de las diferentes aplicaciones, de acuerdo con las normas armonizadas (hormigones, morteros, carreteras). Para ello es necesario realizar modificaciones en la planta de tratamiento.

6.8 Medidas de protección a la biodiversidad

La vegetación presenta un enorme potencial a la hora de mejorar el aspecto de las explotaciones, que debe ser aprovechado al máximo.

Constituye un elemento indispensable para poder mostrar unas instalaciones bien integradas medioambientalmente, siempre y cuando se adopten medidas para proteger, mantener,

potenciar y valorar este capital que ofrece la naturaleza y que constituye uno de los principales componentes del paisaje.

No debe obviarse las características meteorológicas, morfológicas y de escasez de suelo orgánico que definen la aridez de una parte del territorio nacional, lo que sin duda supone una seria dificultad para obtener y mantener un adecuado nivel de vegetación.

Entre las medidas que se están aplicando en el sector para la conservación de la biodiversidad, cabe destacar:

- El acopio y la conservación del suelo orgánico.
- La definición de zonas no extractivas dentro de la propia explotación, para la conservación del territorio vital.
- El establecimiento de elementos divisorios entre las áreas explotadas y las que no están afectadas.
- El respeto de las limitaciones en cuanto al ruido, el polvo y las vibraciones.
- La elección de especies vegetales resistentes y adaptadas al clima existente en la zona, árido o húmedo.

La vegetación, ya sea anterior a la explotación, plantada por la empresa o de generación espontánea a lo largo del tiempo, cumple con un relevante papel medioambiental, limita el impacto visual y ayuda a reducir la erosión superficial.

Por ello es muy importante efectuar labores regulares y eficaces de mantenimiento y conservación de la vegetación, aplicando los siguientes procedimientos:

- Desbrozado para eliminar la vegetación no deseada (hierbas, arbustos, brotes de árboles) por razones de uso del terreno, de seguridad (visibilidad) o para propiciar el crecimiento de una vegetación más interesante.
- Segado, operación habitual y de periodicidad, al menos anual, para mantener un buen aspecto de las praderas o de los sembrados, o incluso para sanear las zonas donde se hayan plantado árboles jóvenes. Este tipo de mantenimiento se emplea igualmente en taludes, cordones de tierra, perímetros de protección, fosos, áreas de tránsito y entre los diferentes equipos e instalaciones fijas.

- Desherbado, acción destinada a eliminar de forma duradera la vegetación de ciertas superficies tales como plataformas, parque de áridos, pistas, vías de circulación, etc. Antes de optar por una determinada técnica, mecánica o química (herbicidas), es necesario considerar su impacto ambiental inmediato.
- Poda de árboles y arbustos para eliminar los brotes que parten de la base de los troncos, las ramas muertas o enfermas y, en definitiva, sanear las plantaciones existentes.
- Riego regular de las plantaciones más recientes, por inundación, goteo, aspersión, adecuando el método elegido a la disponibilidad de agua.
- Protección de los árboles y las plantas frente a los efectos del polvo, los golpes, la compactación del suelo producida por el paso de vehículos en su proximidad, la cercanía de los apilamientos de áridos e incluso la acción de los roedores. Han de adoptarse una serie de precauciones relativas a: distanciamiento suficiente de pistas, vías de circulación y apilamientos, protección de los troncos cuando sea necesario y empleo de protectores contra roedores (conejos, ratas, etc.) e insectos.



Fig. 6.8: Áreas recuperadas en explotación
(Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)



Fig. 6.9: Humedal de gran riqueza ecológica, en pozo de explotación. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)



Fig. 6.10: En las explotaciones de áridos bien gestionadas la fauna es un elemento siempre presente (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)



Fig. 6.11: Desarrollo de la vegetación. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

6.9 Medidas contra el impacto visual

La principal medida para reducir el impacto visual consiste en su consideración durante el diseño de la explotación, siempre que el tipo de yacimiento lo permita, o que sea viable económicamente plantear un método de explotación de menor impacto.

La mayoría de las Plantas de extracción tienen una vida media muy extensa, varias décadas, y muchas de las que hoy están en activo iniciaron sus trabajos cuando las exigencias medioambientales eran muy diferentes de las actuales, por lo que es un problema de difícil solución a medio plazo.

El impacto visual de las escombreras es generalmente poco importante, por ser éstas poco numerosas y por encontrarse ubicadas, normalmente, en los huecos de explotación.

Las actuaciones más destacadas de las empresas para reducir estos impactos son:

- o La creación de pantallas vegetales.
- o La aplicación de otras técnicas paisajísticas que saquen partido de los distintos elementos topográficos y naturales existentes en el entorno. Un ejemplo de esto último es la utilización del hueco de explotación para ocultar la planta de tratamiento.
- o La integración visual de los edificios, empleando pinturas que reduzcan el impacto visual.
- o La limitación de alturas de las estructuras de la planta.
- o El acondicionamiento de accesos e instalaciones y en menor medida, la ocultación de escombreras transitorias o definitivas.
- o La reducción de la superficie total afectada por la explotación mediante una rápida restauración de las zonas donde la extracción ya ha concluido.



Fig. 6.12: Pantalla vegetal y edificios de color verde para reducir el impacto visual de la planta (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)



Fig. 6.13: Envejecimiento natural del frente, desarrollo de la vegetación (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

6.10 Medidas aplicadas en la restauración

El entorno existente en las proximidades de la explotación, tanto desde el punto de vista paisajístico como humano, es un elemento decisivo a la hora de plantear los usos futuros del terreno.

Actualmente, la gran mayoría de las restauraciones que se efectúan, o que están previstas, tiene por finalidad la recuperación del paisaje y de la flora y fauna autóctonas. Un porcentaje menor prevé un uso agrícola (cereales, viticultura, frutales).

Un bajo porcentaje de los casos contempla un uso final para ocio o deporte, pesca, senderismo, golf, áreas de escalada, etc., o bien será restituido para usos urbanos o industriales, siendo posible la combinación de diversas alternativas.

En algunas ocasiones la restauración prevé dejar al descubierto estructuras geológicas de gran valor, mientras que en otras, se aprovechan los nuevos espacios creados para usos culturales, tales como auditorios o cines al aire libre, como se hace en países como Suiza o Inglaterra.

6.10.1 Accesos, y protección de accesos inadvertidos

Uno de los aspectos que debe tenerse en cuenta a la hora de plantear la restauración de una explotación es la señalización de los distintos puntos de acceso, especialmente si está previsto mantener frentes que puedan resultar peligrosos al producirse la entrada inadvertida de personas o de animales.

Por este motivo, cuando proceda, han de aplicarse medidas para el cercado de la periferia de la explotación y / o para señalar la presencia de la misma mediante señales clásicas (propiedad privada - prohibido el paso; prohibición de caza/pesca; etc.)



Fig. 6.14: Reforestación con especies nativas, suavizado de taludes (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)



Fig. 6.15: Vista general de un área restaurada. (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

Además, pueden ser necesarios dispositivos que limiten el acceso a los frentes o que impidan la caída de piedras y bloques.

6.10.2 Medidas para la consolidación de los frentes

Dentro de los trabajos de restauración, tienen una especial relevancia los relacionados con la conformación y consolidación de los frentes de explotación, ya que una vez finalizada la fase de abandono, ésta evolucionará de forma natural. La estabilidad de los taludes finales es un aspecto al que debe otorgarse gran importancia ya que de ella dependerá el uso seguro del área restaurada.

Un adecuado diseño permite efectuar un adecuado recorte de las cabezas de los bancos de forma que los taludes definitivos sean más tendidos y estables.

Puede ser recomendable la división de los frentes demasiado altos o, incluso, el mallado y la colocación, debajo de los frentes, de dispositivos para retener las rocas desprendidas.

6.10.3 Integración paisajística de los frentes

Para la restauración de los frentes de explotación pueden ser de aplicación las siguientes técnicas:

- Revegetar, eligiendo especies adaptadas a las condiciones climáticas del lugar, de forma que puedan conservarse sin cuidados externos una vez finalizada la fase de abandono.
- Propiciar la colonización espontánea por especies autóctonas, creando el suelo necesario para ese fin.
- Envejecer artificialmente la roca para limitar el impacto visual lejano de los frentes, aplicando una mezcla de óxidos, de ácidos húmedos o de fijadores proyectados.

6.10.4 Acondicionamiento de las bermas

La remodelación y/o reconfiguración de las bermas tiene entre otros fines, el permitir que se puedan llevar a cabo plantaciones. Básicamente puede actuarse según dos procedimientos:

- Ensanchamiento de la berma, creando una pendiente ascendente para retener el agua (condiciones climáticas secas) o descendente para favorecer el flujo de las aguas (en las regiones lluviosas).
- Modelado por disposición de los materiales creando pendientes ascendentes o descendentes, como en el caso anterior.

6.10.5 Restauración de la explotación

Cada tipo de uso previsto da lugar a necesidades de restauración diferentes, por lo que los problemas a tener en cuenta para el acondicionamiento de la planta están relacionados con la reconstitución de un suelo apto para el uso futuro del área. En cualquier caso, las siguientes técnicas son de frecuente aplicación:

- Modelado topográfico para reconstruir el suelo, prestando atención a su permeabilidad y a la evacuación del agua de escorrentía.
- Esponjamiento de los terrenos con un escarificador.
- Disposición de un espesor suficiente de estériles.
- Extendido de la tierra vegetal.
- Siembra de especies vegetales, si procede.

6.10.6 Restauración de las instalaciones

El acondicionamiento de esta zona requiere de una limpieza completa, con retirada de todas las estructuras metálicas y de hormigón o fábrica que no sirvan al uso futuro del terreno. Puede ser necesaria la descontaminación del suelo si se diese el caso, en las zonas de repostado o de almacenamiento de lubricantes.

La mayoría de las veces, esta zona así como la zona de almacenamiento se revegeta. Para ello, se precisa una reconstitución del suelo, como la descrita en la restauración de una plaza.

6.10.7 Depósitos de estériles

La recuperación de los depósitos de estériles se realiza con la aplicación de las técnicas siguientes:

- Modelación específica del talud del depósito para prevenir deslizamientos y evitar la acción erosiva de las aguas de escorrentía.
- Revegetación, aplicando además de las técnicas tradicionales, las siguientes: Siembra hidráulica con camión (riego de los materiales a tratar con una mezcla de agua, de semillas, de una argamasa celulósica, de un fijador de suelo, de agentes estabilizadores y de fertilizantes.) colocación manual de rollos de telas de fibras naturales biodegradables presembradas que protegen el suelo de la erosión y restablecen la cubierta vegetal (La

descomposición de la tela permite, además, la fertilización del suelo.) Siembras con especies resistentes que requieran poca cantidad de agua y poco mantenimiento son una forma rápida de recuperar taludes de poca pendiente, aunque de coste más elevado.

6.11 Medidas medioambientales para el transporte externo

Para reducir los efectos que produce el flujo de camiones en las proximidades de las plantas, numerosas explotaciones están desarrollando grandes esfuerzos para:

- Acondicionar los accesos, asfaltándolos y señalizándolos.
- Disponer de medios para evitar ensuciar las calzadas: piscinas para ruedas, limpieza a presión de los camiones, riego de la carga y empleo de lonas para los envíos de materiales finos.

Algunas empresas de áridos que subcontratan el transporte externo empiezan a imponer por contrato, el cumplimiento de medidas destinadas a reducir los efectos del transporte sobre las poblaciones y las vías de comunicación vecinas:

- Trayectos alternativos.
- Aparcamiento en zonas limitadas.
- Limitación de la velocidad en travesías.
- Empleo de lonas.
- Limitación de la carga.

En caso de necesidad, algunas empresas han procedido al estudio de alternativas para descongestionar el tráfico de las vías afectadas.



Fig. 6.16: Accesos a la explotación asfaltados o pavimentados (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)



Fig. 6.17: Sistema de lavado de ruedas y parte baja del camión por agua a presión (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2005)

6.12 Otros aspectos de la gestión medioambiental

6.12.1 Eficiencia energética

La mejora de la gestión energética de las explotaciones de áridos es un objetivo que, además de la vertiente medioambiental que supone la reducción del consumo de materias primas, puede reportar a las empresas importantes beneficios económicos.

En las plantas de extracción, el consumo de energía se produce por dos vías principales:

- Energía eléctrica procedente de la red o generada en la propia explotación (generadores) para la planta de tratamiento y dependencias auxiliares.
- Combustibles fósiles (gasolinas y gasóleos) para los equipos móviles y, en su caso, para los generadores.

Con objeto de mejorar la eficiencia energética, en la planta, se aplican medidas tales como:

- Mejoras en el diseño de la extracción para que el tamaño de esta se adecue a las características de la planta.
- Selección de la materia prima en el frente evitando el aporte de estériles a la planta. instalación de sistemas de preselección en la alimentación de la planta.
- Disminución de las recirculaciones de material, ajustando convenientemente los equipos de clasificación.
- Optimización de los caudales de material que circulan, mediante la mejora del control del proceso, para prevenir sobre-trituraciones y moliendas excesivas.
- Regulación automática de la alimentación de los equipos para que trabajen en los rangos de rendimiento más adecuados. instalación de stocks intermedios para asegurar un flujo continuo y uniforme, sin picos ni valles.
- Regulación automática de bombas, motores y de los ventiladores de los equipos de captación de polvo.
- Diseño adecuado de la instalación eléctrica y de la alimentación de la planta.
- Estudio de las características del consumo (auditorías energéticas) y mejoras en el suministro de energía. Mejora del factor de potencia (conectando capacitores).

En cuanto a la mejora de la eficacia energética en los equipos móviles, puede actuarse directamente sobre éstos, sobre los métodos de trabajo o sobre los lugares de trabajo donde desarrollan sus actividades.

- Dimensionado de los equipos de acuerdo con las cargas a manipular y a transportar y con los trayectos a efectuar.
- Mantenimiento periódico según las instrucciones del fabricante.
- Empleo de equipos adaptados a las condiciones del terreno en el que han de desenvolverse.
- Mejora de las pistas (pendientes, etc.) y de las superficies de rodadura evitando irregularidades, baches, roderas, blandones, etc.
- Diseño de un circuito de transporte más racional y si es posible, más corto.
- Instrucciones de trabajo, formación (conducción eficiente) y sensibilización del personal.
- Sustitución de equipos móviles de transporte por equipos fijos, si es posible.

6.12.2 Orden y limpieza en la explotación y la planta de tratamiento

Las explotaciones deben estar libres y despejadas de todos aquellos elementos que, no estando directamente relacionados con el desarrollo del proceso productivo, puedan alterar el buen funcionamiento de equipos e instalaciones o causen un cierto deterioro de la imagen medioambiental de la empresa.

En consecuencia, las empresas realizan esfuerzos importantes en relación con:

- Recoger las herramientas y equipos relacionados con las tareas de producción, retirando las piezas inservibles.
- Mantener las vías de circulación limpias de polvo, material desprendido de los vehículos, etc.
- Conservar los paneles de señalización en buenas condiciones.
- Evitar la acumulación de material (áridos, piezas de repuesto, etc.) sobre las plataformas de trabajo o en las proximidades de los equipos de la planta.
- Cuidar la limpieza general así como la pintura de los elementos metálicos, realizando un mantenimiento periódico de las instalaciones para eliminar la oxidación.

- Prestar atención al estado de plataformas de trabajo, barandillas, escaleras, pasarelas, etc.
- Mantener adecuadamente los equipos móviles.

6.12.3 Patrimonio arqueológico

La compatibilidad de la actividad extractiva con la preservación del patrimonio arqueológico e histórico local, dentro de los terrenos de la explotación, aunque requiere una gestión cuidadosa de las circunstancias, está dando lugar al desarrollo de soluciones efectivas.

Cuando se descubre una construcción o algunos objetos antiguos, las autoridades competentes han de recibir siempre la información oportuna y apropiada. En ocasiones, los descubrimientos llevan a las empresas a informar a los trabajadores y técnicos sobre las medidas más adecuadas para la preservación del patrimonio arqueológico.

6.12.4 Sistemas de gestión medioambiental

La implantación voluntaria de sistemas de gestión medioambiental reporta importantes ventajas de cara a una más efectiva protección del entorno, y tiene repercusiones positivas en otros ámbitos de las empresas. Cuando estos sistemas están integrados a su vez, con la gestión de la calidad y de la prevención de riesgos laborales, las asociaciones que se producen redundan en una mejor eficiencia de las operaciones.

Algunas empresas del sector elaboran informes de sostenibilidad donde se recogen, entre otros aspectos, el compromiso con los principios del Desarrollo Sostenible y las actuaciones en relación con éstos.

6.12.5 El papel de los trabajadores en la protección del medioambiente

Las empresas de áridos son conscientes del importante papel que desempeñan los trabajadores en la aplicación de las estrategias medioambientales en las explotaciones, pues son los más directamente implicados en la ejecución y puesta en práctica de la mayoría de las medidas establecidas.

La formación, motivación y sensibilización de los trabajadores es un factor decisivo para alcanzar los objetivos fijados por la empresa para la mejora de la gestión medioambiental de las plantas.

Debe ponerse especial énfasis en:

- Explicar la importancia que tienen las medidas para la empresa y para los trabajadores.
- Impartir formación que explique por qué, cómo y con qué medios deben realizarse las actuaciones relacionadas con la mejora del medio ambiente.
- Elaborar instrucciones por escrito para la ejecución de las acciones: procedimientos de trabajo y acciones correctoras.
- Establecer algún tipo de incentivo para los trabajadores que se involucren activamente y algún sistema de sanción para aquellos que descuiden estos aspectos.

Entre las actuaciones de formación e información a los trabajadores destacan:

- Cursos de impacto ambiental y restauración del espacio natural afectado por las actividades mineras para técnicos y responsables de explotaciones mineras.
- Realización de simulacros de emergencia medioambiental.
- Jornadas de sensibilización medioambiental.
- Entrega de fichas de actuación y prevención de accidentes potenciales y situaciones de emergencia medioambiental.

Guía de condiciones medioambientales a considerar en el diseño de una planta de extracción y tratamiento de áridos¹⁴

La industria del árido es una actividad altamente contaminante y molesta para los trabajadores y vecinos no por los materiales procesados, sino por la mala calidad del trabajo de extracción, las instalaciones y maquinarias. Por eso que el respeto por la calidad paisajista, los aspectos económicos, sociales y medioambientales son componentes esenciales para la integración de esta actividad extractiva en su entorno.

Las recomendaciones que aquí se recogen pueden servir como base para ir creando y cimentando una imagen de empresa moderna, adaptada a las necesidades actuales y comprometidas con el Desarrollo Sostenible, a través de actuaciones concretas en materia de medio ambiente, seguridad y calidad. Son iniciativas voluntarias que no harán sino mejorar todos los ámbitos de la actividad.

Existen cuatro tipos de plantas de extracción, desde banco arenoso, desde cauce de río, canteras y pozos secos. Para las dos primeras, las medidas contra la contaminación son menores por su carácter de renovables (Estos se renuevan anualmente gracias a la corriente, quedando como si no tuviera intervención), por esto pondremos más énfasis a la que visiblemente son más dañinas para los ecosistemas.

Para mayor comprensión, la normativa referente a cada ítem en estudio, se encuentran en los anexos de la guía.

Normativa aplicada a la extracción de áridos

Cuando se planifica una planta de extracción y tratamiento de áridos, lo primero es obtener los permisos de la autoridad competente:

Cuando es de cauce de río o banco de sedimentación:

- Se investiga la factibilidad de la creación de una planta en la Unidad de Defensas Fluviales del MOP y en caso de obtener una respuesta positiva, se presentará la documentación solicitada por la Unidad.
- Cuando la Unidad de Defensas Fluviales aprueba la solicitud de extracción, pudiendo modificar la localización los volúmenes de extracción, el municipio correspondiente otorga el permiso de extracción, quien establece el pago de una patente.
- Los entes encargados de velar por el buen funcionamiento de la planta son:

Gobernación Marítima, Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, CONAMA, los Municipios y el Servicio Nacional de Salud.

Cuando es de cantera o pozo seco:

- Cuando es un bien fiscal, la municipalidad concede el terreno para que se instale una planta de extracción. Cuando es un bien de propiedad privada, el dueño tiene el derecho de poder utilizar el suelo si cumple con los requisitos pertinentes.
- El permiso municipal no se niega si el proyecto cumple con los requisitos relacionados con el medioambiente y del uso del suelo.
- Los que velan por el buen funcionamiento de estas plantas son el SAG, el Municipio, la CONAMA y el Servicio Nacional de Salud.

La Imagen de la Planta de Explotación y Tratamiento



Fig. 7.1: Accesos poco atractivos muestran falta de orden, de organización y de profesionalismo (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

La imagen que ofrece una explotación es clave a la hora de su integración en su entorno. Mejorar la apariencia es mejorar las perspectivas de futuro de la empresa, mostrándola como lo que realmente debe ser: una actividad desarrollada con criterios profesionales.

La primera imagen que se percibe desde el exterior de la explotación se relaciona con el aspecto de las instalaciones y la parte visible al público. Cuando la primera impresión sea negativa, será difícil que las personas ajenas acepten de buen grado la actividad extractiva y transmitir una imagen empresarial, profesionalismo, compromiso medioambiental, etc.

El mantenimiento de la explotación

El orden, la limpieza y el mantenimiento reflejan la profesionalidad y la visión empresarial de la empresa, revalorizando la imagen de la actividad. Con objeto de obtener resultados positivos en el buen mantenimiento de la explotación, la empresa ha de implicar y sensibilizar en esta tarea a todos los trabajadores.



Fig. 7.2: Acumulación de materiales de desecho (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)



Fig. 7.3: Vegetación natural no significa falta de mantenimiento (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

Medidas para mantener el equilibrio en cauces de ríos y bancos de sedimentación



Fig. 7.4: Cauce de río explotado
(Fuente: BOUSO, 2002)

Una de las razones de por qué se extrae de los cauces, es para facilitar los escurrimientos de las aguas y evitar los costosos trabajos de encauzamiento de un río.

Otro es que las plantas de extracción desde cauce de río o banco de sedimentación no tienen un desmedido impacto visual. No se produce grandes cantidades de polvo, ruido ni vibraciones, son ideales ya que no son contaminantes. La normativa referente al uso del agua está expuesta en el Anexo III: Normativa asociada al agua.

Las plantas de extracción desde cauce de río o banco de sedimentación son menos dañinas al impacto visual, al medio ambiente y a la salud humana.

Se debe considerar algunas medidas para mantener el equilibrio entre el aporte de sedimentos que entrega el río y el material a explotar, para evitar los efectos sobre el fondo del cauce y los daños de erosión que se pudieran producir en los retrocesos del río.

- los áridos provenientes de estas excavaciones, solo pueden ser excedentes de arrastre.
- las excavaciones no pueden superar en profundidad las cotas normales del fondo y pendiente del cauce, con el fin de evitar los procesos de erosión.
- la explotación en islas laterales (adyacentes a las riberas) se debe llevar a efecto en sus centros y en los bordes, próximos al eje del cauce. No se debe extraer material del borde ribereño, ya que debilita la compactación.
- las excavaciones tienen que realizarse en franjas paralelas al eje del cauce, evitando el caso de ser orientadas en dirección transversal a él.
- todo material pétreo no aprovechable para uso o comercialización, se debe destinar al reforzamiento de las riberas.
- no se permite la formación de embarques artificiales, tanto en el centro como en los bordes del lecho.
- deben respetarse ciertas zonas de protección como son las cercanías a puentes o pasarelas donde no se pueden realizar trabajos en distancias menores a 300m aguas arriba o abajo o hasta donde lo indique la autoridad pertinente. En el caso de estaciones fluviométricas esta distancia llega a un mínimo de 800m aguas arriba o abajo.
- las excavaciones no deben vulnerar ni amenazar a las obras de encauzamiento y defensas (enrocado o gaviones) existentes. Tampoco deben localizarse a distancias inferiores a 100m de dichas obras.



Fig. 7.5: Extracción desde un banco arenoso.
(Fuente: BOUSO, 2002)

Orden y limpieza en la Explotación y en la Planta de Tratamiento



Fig. 7.6: Cartel ilegible por falta de mantenimiento (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

La explotación debe estar libre y despejada de todo aquello que sea inútil para el funcionamiento del proceso productivo, que altere el buen funcionamiento de equipos e instalaciones y que impida mostrar una actividad preocupada por su aspecto. Se debe hacer un esfuerzo por:

- Recoger las herramientas y equipos relacionados con las tareas de producción.
- Mantener las vías limpias de polvo, material desprendido de los vehículos, etc.
- Conservar la señalización en buenas condiciones.
- Evitar la acumulación de material sobre las plataformas de trabajo o cerca de los equipos de la planta.
- Realizar mantenimientos periódicamente las instalaciones para eliminar la oxidación.
- Prestar atención al estado de plataformas de trabajo, barandillas, escaleras, etc.

Frentes de Explotación y Plataformas de Trabajo

Los frentes de explotación deben mostrar que se está procediendo a las labores de extracción de acuerdo con el proyecto de explotación y con una buena gestión medioambiental. Esto ha de traducirse en un aspecto ordenado, con las limitaciones que imponen tanto la legislación vigente, como las debidas a las peculiaridades de cada yacimiento.

La buena apariencia de los frentes de explotación va a depender de:

- Un adecuado diseño de bancos y plataformas, incluyendo las alturas apropiadas y los taludes de seguridad.
- La realización de un mantenimiento y saneo sistemáticos de los frentes.
- El diseño de un sistema de drenaje eficaz.
- Controlar el diseño de las voladuras en las canteras.

Las plataformas de trabajo deben ser lo suficientemente amplias para permitir que



Fig. 7.7: Frentes bien conformados y saneados (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

la maquinaria maniobre con facilidad y no se aproximen mucho al borde del banco. Una plataforma con la superficie irregular ofrece un aspecto descuidado, y además puede comprometer la estabilidad de la maquinaria. Por ello se ha de proceder al mantenimiento periódico. La normativa referente al uso del suelo esta expuesta en el Anexo IV: Normativa asociada al suelo.

Zonas de Extracción

En las zonas de extracción, es importante reflejar que se trabaja conforme a las fases definidas en el proyecto de explotación:

- Retirada selectiva (de la vegetación, de la cubierta vegetal y de los distintos niveles de estériles).
- Apilamiento por separado.
- Gestión diferenciada para cada elemento.

La zona de explotación ha de mostrar un aspecto ordenado y despejado en cuanto a la definición de pistas de circulación y de zonas de acopios, evitando la diseminación de materiales (rocosos, equipos, repuestos, etc.).

La normativa referente al uso del suelo esta expuesta en el Anexo IV: Normativa asociada al suelo.



Fig. 7.8: Áreas de descubierta bien definidas. Trabajos ordenados de acuerdo con el proyecto de explotación. (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

Mantenimiento de las Infraestructuras



Fig. 7.9: Instalaciones muy bien conservadas, el cierre de los elementos ayuda a la limpieza y el orden. (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

El mantenimiento de las distintas infraestructuras que componen la explotación y la planta de tratamiento es una obligación legal que se recoge en distintas disposiciones relacionadas con la seguridad de los trabajadores, la seguridad industrial y la imagen de una empresa preocupada por su entorno

Los aspectos importantes a considerar son:

- Limpieza y mantenimiento de las instalaciones.
- Conservación de la pintura de todos los elementos
- Conservación de las vías de circulación, pistas, estacionamientos, acopios, etc.
- Establecer una red de drenaje si es que se origina en la explotación, acopios, vías, etc.
- Mantener, en su caso, las balsas de lodos y pozos, saneo y desbrozado regular de las balsas de decantación y escombreras.
- En caso de extracción en cauces, cuidar y mantener el estado de las riberas limitantes.

Estructuras y Equipos

Por tratarse de actividades que se desarrollan al aire libre, los equipos de trabajo están expuestos a la acción de las condiciones atmosféricas, lo que favorece, por ejemplo, la oxidación de los elementos metálicos.

Las propias características del proceso, consistente en la trituración de grandes volúmenes de materiales pétreos, que además del desgaste de la maquinaria e instalaciones, la producción de polvo y otros efectos perjudiciales a la vegetación y al suelo. Por ello, debe realizarse un mantenimiento sistematizado de los diferentes elementos de la instalación, además de adoptar las medidas ya descritas.



Fig. 7.10: Instalación oxidada
(Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

Mantenimiento de los equipos móviles

Para una gestión medioambiental adecuada, es importante mantener adecuadamente los equipos móviles de la explotación, siendo necesario:

- Realizar el mantenimiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Cuidar la limpieza y la pintura de los elementos metálicos, para evitar el oxido que puedan generar.
- Retirar piezas inservibles de la planta.
- Realizar los trabajos de cambios de aceite en zonas con medidas contra derrames.
- Verificar que cuentan con las medidas de seguridad legalmente exigibles y que estén operativas.
- En especial, dotar de resguardos las partes móviles accesibles y verificar que se encuentran en posición cuando los equipos estén en funcionamiento.
- Existe normativa referente al transporte de este tipo de materiales. Para mas información remítase a anexo VI: Normativa asociada a transporte



Fig. 7.11 y 7.12: Mantener los equipos es evitar la contaminación de los suelos y las napas subterráneas.
(Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)



Pistas de Transporte

En el diseño de las vías, hay que considerar los aspectos relacionados con:

- El trazado y perfil adaptados a los equipos móviles de trabajo (pendientes y radios).
- Las características de la superficie de rodadura y la capacidad de control de los vehículos (estabilidad, frenado, etc.)
- Las pendientes transversales permitirán la evacuación del agua de escorrentía.
- La anchura de los caminos en función del tránsito de peatones y del riesgo de desprendimiento o de deslizamiento.
- La posibilidad de caída o vuelco (topes o señales).

Las vías y accesos de circulación han de ser sometidos a un mantenimiento sistemático y periódico, de forma que:

- Estén libres de obstáculos y señalizados.

- Se examinen los drenajes existentes para evitar encharcamientos.
- Se revise periódicamente de la superficie de rodadura, eliminando baches y roderas.
- Se retiren las piedras sueltas de los taludes y materiales caídos de los camiones.
- Existe normativa referente al transporte de este tipo de materiales. Para más información remítase a anexo VI: Normativa asociada a transporte



Fig. 7.13: Pistas amplias con rocas dispuestas a modo de muro como protecciones de seguridad (Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)

Parque de Áridos

El parque de áridos es el "mostrador" donde se despachan los productos elaborados. Es recomendable que se cuiden con esmero, adoptando, las siguientes medidas:

- Diferenciación y separación de acopios evitando mezclas no deseadas.
- Planificación de la ubicación de los acopios para optimizar las operaciones de carga de camiones.
- Colocación de soleras, para evitar la degradación del producto.
- Creación de pantallas, en acopios de finos, para luchar contra el polvo. Implantación de sistemas de riego, cuando se precisen.
- Identificación de las granulometrías de cada acopio con carteles y planos de ubicación.
- Recogida de los materiales derramados.
- Conservación de las superficies de circulación de equipos móviles.
- Ojala usar acopio encapsulado.

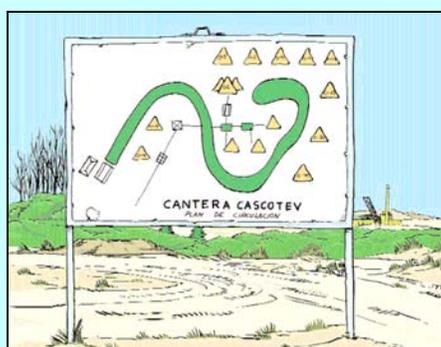


Fig. 7.14: Ejemplo de plano de circulación, con indicaciones para la ubicación de los diferentes acopios. (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

Gestión de los Residuos



Fig. 7.15: Residuos y materiales ya utilizados
(Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

Cuando los residuos no se gestionan adecuadamente, pueden ser fuente de afecciones de gravedad:

- **Afección visual:** el almacenamiento de residuos industriales en áreas no dispuestas para ello, suponen una mala imagen.
- **Afección del Agua y del suelo:** la potencial contaminación por residuos industriales o derrames puede provocar la contaminación del suelo y los acuíferos, poniendo en peligro los ecosistemas
- **Afección del Aire:** la fermentación y descomposición de residuos orgánicos, produce emanaciones de gases y olores desagradables.

¿Dónde se producen los residuos en una planta de extracción de áridos?

- **En la zona de extracción:** leña, piezas mecánicas, embalajes, cables, etc.
- **En las instalaciones de tratamiento:** piezas mecánicas, componentes eléctricos, bandas de cintas transportadoras, estériles, lodos de lavado, residuos de otras actividades de producción, etc.
- **En las dependencias auxiliares (talleres, estacionamientos, oficinas, locales de personal, laboratorios, etc.):** baterías, envases plásticos, trapos, filtros de aceite, grasas, aceites usados, residuos sólidos urbanos, detergentes, productos químicos, vidrio, etc.
- **En zonas de almacenamiento:** vegetales, lodos de lavados, productos rechazados, equipos viejos, estructuras antiguas, neumáticos, etc.



Fig. 7.16: Residuos contaminantes esparcidos y sin cuidado
(Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

Es obligatorio, según la vigente legislación, adoptar las siguientes medidas:

- Establecer contratos con gestores de residuos autorizados para favorecer una correcta gestión.
- Evitar a toda costa los vertidos de aceites, grasas, combustibles, etc.
- Evitar la diseminación de los residuos, recogiendo el material obsoleto y la chatarra, los bidones, etc.
- Recoger los residuos, disponiendo de recipientes o de puntos de almacenamiento y vertido adecuados y señalizados.
- Colocar contenedores y papeleras en lugares accesibles y próximos a los puntos donde se generan los residuos y organizar su recogida sistemática.
- Ubicar estas áreas en lugares poco visibles.
- Disponer algún tipo de barrera visual.

Control del polvo

El control del polvo es una obligación tanto del punto de vista medioambiental como el de la salud de los trabajadores. La presencia de polvo supone un efecto muy negativo para la limpieza de la explotación, para la vegetación y el paisaje.

¿Dónde se produce el polvo y cual son las medidas mas adecuadas?

El polvo puede producirse en las distintas fases que constituyen el proceso productivo de los áridos. Para más información sobre prevención y reducción de niveles contaminantes dirigirse a Anexo I: Normativa asociada al aire.

• **Trabajos de retirada de la cubierta:**

(escarificado, ripado, erosión eólica y rodadura de equipos por superficies desprotegidas) y áreas descubiertas:

1. En periodos secos, efectuar riego por rocío complementando con algún tipo de estabilizador o de fijador.
2. Procurar disponer de alguna barrera perimetral que limite la dispersión del polvo.
3. Evitar, en la medida de lo posible, realizar estos trabajos en épocas de sequía y de fuertes vientos.
4. Limitar el paso de maquinaria no necesaria.

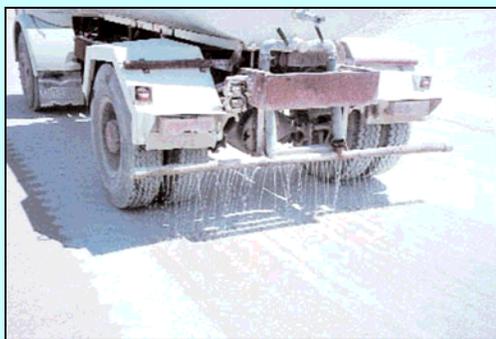


Fig. 7.18: Riego de pistas con camión cuba
(Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)



Fig. 7.17: Barreras laterales en acopio de finos.
(Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)

• **Operaciones de extracción:**

1. Realizar la perforación con dispositivos de captación de polvo o con sistemas de inyección de agua.
2. Regar el pie del frente y la plataforma de trabajo.

• **Transporte de la zona de extracción a la planta de tratamiento:**

1. Efectuar un adecuado mantenimiento y riego de los accesos, las pistas, y las vías de circulación con camiones cubas, regadoras u otros.
2. Limitar la velocidad.
3. Para reducir la dispersión, situar pantallas vegetales o de tierra a lo largo de las pistas.

• **Tratamiento del material** (alimentación, acción del viento, trituración, selección):

1. Cubrir cintas transportadoras.
2. Dispositivos de pulverización de agua o las cámaras de niebla para favorecer la sedimentación del polvo o la eliminación por captación.
3. Revestimiento o cierre de las instalaciones mediante edificaciones.
4. Para reducir la dispersión, situar pantallas vegetales o de tierra en torno a la instalación e incluso, aprovechar el relieve del terreno para reducir la acción del viento.
5. La ubicación de los edificios anejos puede ser útil para limitar el efecto del viento.



Fig. 7.19: Cintas con cubierta.
(Fuente: Asociación Nacional De
Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)



Fig. 7.20: Dispositivos de riego de cargas en camión. (Fuente: Asociación Nacional De
Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)

• **Almacenamiento de los áridos:**

1. Barreras en los puntos de vertido de materiales finos.
2. Pulverización de agua y riego de los apilamientos, cuando no se altere la calidad de los productos.
3. Almacenamiento en silos, tolvas, etc.

• **Operaciones de carga en apilamiento:**

1. Mantenimiento y riego del parque de áridos, limitación de la velocidad, pantallas cortavientos

• **Transporte de los áridos al exterior** (fuga de materiales finos):

1. Medidas para la limpieza de los camiones y de las ruedas.
2. Riego de la carga, cuando no altere la calidad del producto.
3. Recubrimiento de las cargas con lonas.
4. Mantenimiento, riego y limpieza de las pistas y de los accesos a las vías públicas.
5. Pavimentar los accesos a las vías públicas.
6. Limitar la velocidad en las pistas no pavimentadas.
7. Separar las vías de circulación de maquinaria de las previstas para coches de clientes y de trabajadores.



Fig. 7.21: Protección de la caída del material en el acopio.
(Fuente: Asociación Nacional De
Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)

Control del Ruido

El ruido es la principal molestia de los vecinos de las plantas de extracción. Dedicar esfuerzos a reducir los niveles sonoros hará que la explotación sea mejor percibida desde el exterior, por parte del entorno, sin mencionar los efectos beneficiosos sobre la salud de los trabajadores propios. Para más información sobre prevención y reducción de niveles de ruido dirigirse a Anexo II: Normativa asociada al ruido.

Se puede actuar en cuatro niveles, de acuerdo con las características de la explotación y de la planta de tratamiento:

• Sobre la propagación:

1. Apantallar con los apilamientos o con barreras de tierra.
2. Estudiar la ubicación de las fuentes sonoras, en relación con los posibles afectados.
3. Crear pantallas vegetales.
4. Orientar las aberturas y accesos de los edificios, tanto de los que contengan fuentes de ruido como de los posibles afectados (oficinas).
5. Instalación de puertas o cortinas sonoras de cierre, ventanas y respiraderos.
6. Diseño horizontal de las instalaciones (más fácil de apantallar).

• Sobre las fuentes fijas:

1. Control de todas las fuentes sonoras
2. Empleo de revestimientos de caucho en las mallas de las seleccionadoras, en elementos de desgaste de los equipos de trituración, etc.
3. Disminución de las alturas de caída libre de los materiales.

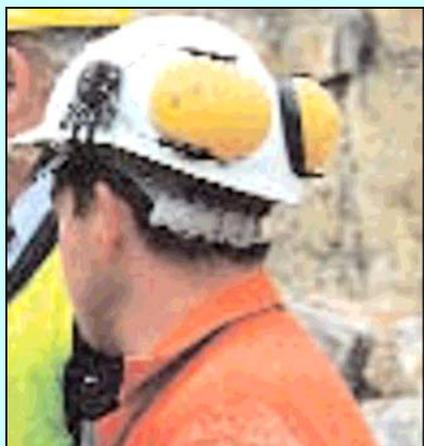


Fig. 7.24: El uso de equipos de protección individual es otro signo de compromiso
(Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

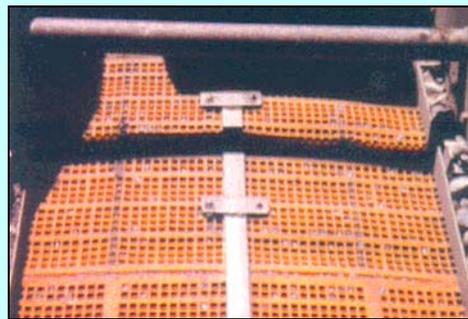


Fig. 7.22: Sustitución de componentes por otros que producen menos ruido (malla de goma) (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2005)



Fig. 7.23: Mantenimiento intensivo de la maquinaria.
Reduce el ruido y prolonga la vida útil
(Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2005)

• Sobre los edificios que alberguen actividades ruidosas:

1. Elección del revestimiento de los equipos (parcial, completo) y del tipo de material de recubrimiento.

• Sobre las fuentes móviles:

1. Mantenimiento intensivo.
2. Mejora del circuito de circulación, diseño de los accesos.
3. Reducción de los efectos negativos de la circulación (velocidades reducidas, evitar arranques continuados, reducción de las pendientes).
4. Cubierta de los motores ruidosos.
5. Revisión de los silenciadores de los tubos de escape y de los motores.

Conservación de la vegetación

La vegetación constituye un elemento indispensable para poder mostrar unas instalaciones bien integradas medioambientalmente, siempre y cuando se adopten medidas para proteger, mantener, potenciar y valorar este capital que ofrece la naturaleza y que constituye uno de los principales componentes del paisaje.

La empresa ha de considerar que la vegetación es uno de sus aliados más importantes para mejorar la apariencia de la explotación. La normativa referente al uso del suelo y a la flora y fauna esta expuesta en el Anexo IV: Normativa asociada al suelo y la referida a la flora y fauna en Anexo VII: Normativa asociada a la flora y fauna.



Fig. 7.26: la agricultura es aliada para recuperar terrenos
(Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2007)

La vegetación, cumple con un relevante papel medioambiental, limita el impacto visual y ayuda a reducir la erosión superficial. Es muy importante efectuar labores de mantenimiento y conservación de la vegetación, aplicando los siguientes procedimientos:

- **Desbrozado** para eliminar la vegetación no deseada para propiciar el crecimiento de una vegetación más interesante.
- **Segado**, operación habitual para mantener un buen aspecto de las praderas o de los sembrados.
- **Desherbado**, acción destinada a eliminar de forma duradera la vegetación de ciertas superficies tales como plataformas, parque de áridos, pistas, vías de circulación, etc.
- **Poda de árboles y arbustos** para eliminar los brotes que parten de la base de los troncos, las ramas muertas o enfermas.
- **Riego** regular de las plantaciones más recientes, por inundación, goteo, rocío, adecuando el método elegido a la disponibilidad de agua.



Fig. 7.25: Vista general de áreas recuperadas.
(Fuente: Asociación Nacional De Empresarios Fabricantes De Áridos, 2002)

Los métodos de preparación del suelo vegetal y de plantación se deben estudiar para la zona en que se encuentra la planta de extracción, tomando cuidado en: el acopio y la conservación de suelo orgánico y la elección de especie vegetales autóctonas, resistentes al clima de la zona.



Fig. 7.27 y 7.28: Recuperación del suelo en un río español, el territorio fue restaurado y convertido en un campo de golf (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2007)



Depósitos de Inertes

- **Escombreras:** Son almacenamientos transitorios, de materiales que pueden ser reutilizados en la restauración de los terrenos. Se debe evitar y prohibir los vertidos de elementos extraños y los residuos industriales. La creación de cordones, pantallas o barreras (visuales o acústicas) es una posibilidad a no obviar. En estos casos, las tareas de revegetación permitirán mejorar sustancialmente el aspecto del conjunto.

- **Cordones de suelo vegetal:** La conservación del suelo vegetal ha de ser una prioridad a la hora de realizar las labores de descubierta, siendo preciso:

1. La retirada selectiva del mismo.
2. Su acumulación en cordones o acopios de escasa altura, para favorecer la conservación de las características edáficas.
3. Evitar la mezcla con otros materiales.

- **Depósitos de Lodos y Balsas de Aguas Claras**

Entre las condiciones que han de reunirse, es conveniente que dispongan de algún tipo de pantalla vegetal, de señalización y de vallado perimetral. Evidentemente, es importante evitar el vertido incontrolado de residuos industriales o urbanos.



Fig. 7.29: Escombrera de estériles inertes revegetada con hidrosiembra, usada como pantalla visual y acústica (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2005)

Áreas Restauradas

Esta Guía no tiene por objetivo abordar los aspectos de restauración de los terrenos, pero sí que es preciso considerar la importancia de ir integrando las áreas ya restauradas dentro del contexto de la explotación.

Las áreas restauradas han de protegerse debidamente para impedir que la propia actividad de las zonas en explotación afecte negativamente a los trabajos realizados. Es preciso comprender que las fases de restauración ya finalizadas son un perfecto ejemplo del compromiso medioambiental de la empresa. Hay, entonces, que conservarlas en las mejores condiciones que sea posible.



Fig. 7.30 y 7.31: Las áreas restauradas permiten explicar a los visitantes y clientes, los trabajos realizados y dar una buena imagen empresarial (Fuente: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2002)

Anexos

Anexo I: Normativa asociada al aire

NORMA	INDICA
Resolución N° 1215 de 1978 sobre sistema de Control y Prevención de la Contaminación Atmosférica. Ministerio de Salud.	Fundamentos técnicos y administrativos para el control de la contaminación atmosférica. Señala normas de calidad del aire fijando concentraciones máximas de PTS, SO ₂ , CO, O ₃ y NO ₂
DS N° 32/90 (*), Ministerio de Salud.	Establece restricciones de funcionamiento a fuentes estacionarias puntuales y grupales, emisoras de contaminantes atmosféricos en situaciones de emergencia. En algunos casos la autoridad sanitaria puede decretar la paralización de fuentes.
DS N° 4/92, Ministerio de Salud.	Establece la norma de emisión y concentración de material particulado para fuentes estacionarias. En extracción de áridos, es aplicable a buzones seleccionadores, chancadoras silos, domos u otra actividad o proceso que tenga asociado emisión de gases o partículas.
DS N° 100/90 (*), Ministerio de Agricultura (DO 28.08.90).	Prohíbe el empleo de fuego para destruir la vegetación en la Región Metropolitana en el periodo que se señala, la quema de neumáticos y otros elementos contaminantes.
DS N° 812/95, Ministerio de Salud.	Establece compensaciones de emisiones de fuentes nuevas.
Resolución 15.027 de 1994 del Servicio de Salud del Ambiente de la Región Metropolitana.	Fija el procedimiento para la declaración de emisiones de fuentes fijas.
Plan de Prevención y Descontaminación Ambiental de la Región Metropolitana (PPDADS 16/98, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.)	Tiene como propósito la protección de la salud de la población mediante el cumplimiento de normas primarias de calidad del aire. Se busca reducir los niveles de emisión de la RM mediante la implementación de metas globales y actualizaciones periódicas del plan.
DS N° 745/93, Ministerio de Salud.	Condiciones sanitarias y ambientales básicas para lugares de trabajo, referente a emisiones de contaminantes, acumulación, disposición y tratamiento de residuos industriales.
DS N° 55/94, Ministerio de Transporte y telecomunicaciones.	Establece la norma de emisión para vehículos motorizados pesados. Define los niveles máximos permitidos de emisiones provenientes del escape de motores diesel y gasolina.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Anexo II: Normativa asociada al ruido

NORMA	INDICA
DS N° 146/97, Ministerio Secretaría General de la Presidencia.	Establece normas de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas, elaborada a partir de la revisión de la norma de emisión contenida en el DS N° 286/84 del Ministerio de Salud.
DS N° 745/92, Ministerio de Salud.	Establece límites máximos permitidos en lugares de trabajo.
Norma Chilena N° 1619/97	Establece posible reacción de la comunidad en relación al nivel de evaluación sonora.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Anexo III: Normativa asociada al agua

NORMA	INDICA
Ley 11.402 sobre obras en riberas y cauces de ríos, lagunas y esteros, contenida en el DFL 850 MOP.	Establece que la extracción de ripio y arena en los cauces de los ríos y esteros deberá efectuarse con permisos de las municipalidades, previo informe favorable de la Dirección General de Obras Públicas del MOP.
DS N° 665/40, Reglamento sobre Higiene y Seguridad Industrial.	Regula las faenas de construcción, instalación, reparación y conservación de obras públicas o privadas, servicios eléctricos, de gas industrial, agua potable, desagües, etc., y prohíbe arrojar a cursos o masas de aguas en general los materiales sólidos provenientes de dichas faenas.
Ley N° 3.133 de 1916 y DS N° 351/92 MOP (Reglamento de la Ley).	Dispone regulaciones de funcionamiento de establecimientos industriales o de cualquier especie, los que no podrán vaciar en los acueductos, cauces artificiales o naturales, que conduzcan aguas o en vertientes, lagos, lagunas, etc., los residuos sólidos y líquidos de funcionamiento, sin previa neutralización o depuración.
DFL N° 725, Código Sanitario	Se ocupa de regular la evacuación de desagües, aguas servidas y residuos industriales.
DFL N° 1.122, Código de Aguas y Modificaciones Posteriores.	Dispone que las modificaciones a cauces naturales o artificiales con motivo de la construcción de obras públicas, urbanizaciones, edificaciones y otras en general, no pueden realizarse sin aprobación previa de la Dirección General de Aguas o la Unidad de Obras Fluviales de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, según corresponda.
Norma Chilena N° 1.333 of. 1978 aprobada por DS N° 867/78 MOP (DO 22.05.78).	Establece límites de calidad del agua para diferentes usos.
DS 90/2000, MOP (DO 07.03.2001).	Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
DS N° 609 de 1968 MOP.	Fija las normas de emisión de residuos líquidos industriales a redes de alcantarillado.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Anexo IV: Normativa asociada al suelo

NORMA	INDICA
Ley N° 11.402 sobre DL N° 3.557 de 1980.	Establece disposiciones sobre protección agrícola. Establece la obligación de mantener la limpieza y buen estado de los cursos de aguas, protegiendo así el sistema agrícola. Prohíbe el vertimiento de desechos, sustancias u otros objetos que puedan afectar la calidad de las aguas.
Resolución N° 20 del 06.10.94, Intendencia de la RM.	Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago.
Ley N° 19.283 de 1994.	Ley Orgánica del SAG, establece la participación del SAG en el trámite de cambio, de uso del suelo.
Circular N° 510 del 20.09.99 del SAG.	Establece Pauta de Procedimiento para Autorización de Cambio de Uso del Suelo.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Anexo V: Normativa asociada a Monumentos Nacionales

NORMA	INDICA
Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales y su reglamento DS N° 484/92.	Indica la prohibición de destrucción y de ocasionar perjuicios en los monumentos nacionales o en los objetos o piezas que se conserven en ellos o en los museos. No se permite cambiar la ubicación de monumentos públicos sin la autorización previa del Consejo de Monumentos Nacionales.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Anexo VI: Normativa asociada al transporte

NORMA	INDICA
DS N° 75/87, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.	Establece la obligatoriedad del recubrimiento en zonas urbanas, de la carga asociada a transporte de materiales, escombros, áridos, cemento, yeso, etc.
Ley N° 18.290 de 1994 (DO 07.02.84)	Establece ley de tránsito.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

Anexo VII: Normativa asociada a flora y fauna

NORMA	INDICA
DL N° 701 de 1974 contenido en el DL N° 2.565 DE 1979.	Somete los terrenos forestales a las disposiciones de corta y reforestación.
Ley NC 18.378 de 1984.	Establece distritos de conservación de suelos, bosques y aguas.
DS N° 379 de 1985.	Reglamento sobre requisitos mínimos de seguridad para el almacenamiento y manipulación de combustibles líquidos derivados del petróleo, destinados a consumos propios.

Fuente: MOP, MINVU, CChC, 2001

¹⁴ La información referente a las soluciones y medidas de precaución a los problemas medioambientales, ha sido extraída principalmente de: MOP, MINVU, CChC, 2001 y de ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS FABRICANTES DE ÁRIDOS ANEFA, 2002.

CAPÍTULO VIII: ANÁLISIS CRÍTICO A PLANTA DE ÁRIDOS: PLANTA DE ARIDOS CHUMPULLO, DE VALDICOR.

8.1 Antecedentes De La Empresa

- **Nombre de la Empresa:** Valdikor Ltda.
- **Dirección:** Av. Balmaceda 6450, Valdivia.
- **Misión de la Empresa:** Impulsar iniciativas tendientes a generar proyectos para el desarrollo del equipamiento y mejoramiento urbano, contribuir a la inversión pública y privada con un rol proactivo en la gestión y ejecución de programas de desarrollo urbano por medio de equipamiento y servicios comunitarios. (VALDICOR, 2007)

- **Descripción del Proyecto:** El proyecto corresponde a la extracción mecanizada de extracción de material integral del río Calle Calle en Valdivia, con un volumen a explotar cerca de 100.000 m³/año, para posteriormente realizar su procesamiento en la planta fuera del cauce, ubicada en el área industrial Collico de la misma ciudad.

Con la explotación de áridos en el tramo, se mejoran las condiciones de escurrimiento del río. En efecto, el sistema de extracción de áridos que utiliza este proyecto mejora las condiciones de escurrimiento del río y disminuye las solicitaciones en las riberas, minimizando las socavaciones que desestabilizan los taludes de las riberas. Lo anterior permite mantener una pendiente uniforme en todo el tramo con sección también uniforme, y disminuye el riesgo de crecidas inesperadas. De este modo, la extracción pasa a ser un elemento de ordenamiento del cauce, mejorando la capacidad hidráulica al tener una mayor sección de escurrimiento a lo largo de todo el tramo.

- **Entrevista y Entrega de datos de la empresa:** Visita a terreno guiada por Jefe de Patio, Sr. Rubén Fontanilla y consultas vía e-mail con el Ingeniero Constructor a cargo de la planta de Áridos Valdikor, Sr. Daniel Bertrán.

La visita fue realizada el día Martes 3 de Febrero del 2009 (esta época del año, es una de las con mas movimiento en la empresa, ya que es una estación donde la actividad de la

construcción demanda mucho material, y el río todavía tiene mucho material traído de los arrastres producidos en el invierno anterior).



Fig. 8.1: Vista aérea e la planta de áridos Chumpullo de Valdicor (Fuente: Valdicor, 2007)

Fig. 8.2: extracción de áridos desde el cauce del Río Calle Calle (Fuente: Valdicor, 2007)

8.2 Identificación del lugar de trabajo

- **Tipo de planta de extracción:** Extracción desde el cauce del río Calle Calle, extracción mecanizada desde una fuente renovable.
- **Personal:** 35 personas.
- **Productos:** Del río se extrae naturalmente arena y ripio integral. Este último se procesa para producir arenas, gravas, gravillas y bolones, o se mantiene como material integral. Los usos más frecuentes para estos productos son: gaviones, rellenos, bases, sub-bases, asfaltos, morteros y hormigones para el uso en obras civiles, caminos, pavimentos, mejoramiento de caminos, pastelones, panderetas, etc.
- **Producción Anual:** De 100.000 m³ hasta 120.000 m³
- **Época de producción:** La planta de Áridos Chumpillo de Valdicor, extrae material mayormente desde el mes de Octubre hasta el mes de Abril, etapa del año donde ya está depositado el material fluvial arrastrado en las épocas de otoño e invierno. Las faenas de extracción se efectuarán solo en días hábiles, en horario desde las 08:00 horas y hasta las 20:00 horas como máximo en días lunes a viernes y hasta las 13:00 horas el día sábado. Debido a la manutención de acopios, la empresa tiene stock de material el año entero.
- **Método de extracción:**

1. Lo primero que se deben tomar en cuenta a la hora de extraer material fluvial desde el cauce de un río, es que hay que seguir ciertos criterios regulatorios para mantener el equilibrio entre el aporte de sedimentos y el material a explotar para evitar los efectos que pudieran producirse sobre el fondo del cauce y en los bienes públicos y privados. Estos criterios regulatorios están expuestos en la Pág. 78, bajo el título: “Medidas para mantener el equilibrio en cauces de ríos y bancos de sedimentación”.
2. El material se extrae desde el río con la ayuda de dragas y cargado directamente a una embarcación de carga llamada falucho. La draga utilizada es de tipo succionadora, con un sistema ciclónico de extracción en combinación con un equipo de bombeo para el transporte directo del material.
3. Al terminar de cargar el falucho, la embarcación es remolcada hasta la planta de áridos, donde se descarga el material con ayuda de excavadoras.
4. Estas excavadoras descargan el material en buzones de carga, que a su vez lo va colocando en cintas transportadoras, que conducen el material a un harnero seleccionador.



Fig. 8.3: Transporte del material hasta la planta a bordo de Faluchos. (Fuente: Elaboración Propia)



Fig. 8.4: Procesamiento del material en la planta de tratamientos Chumpullo de Valdicor (Fuente: Elaboración Propia)



Fig. 8.5: Al llegar el falucho al muelle, el material es descargado con excavadoras y puesto en un buzón de carga (Fuente: Elaboración Propia)



Fig. 8.6: Desde el buzón de carga es transportado hasta el seleccionador que lo separará en tamaños (Fuente: Elaboración Propia)

5. El primer harnero seleccionador de la planta separa el material en 4 productos: arenas, gravillas, gravas y bolones. Estos 4 productos son conducidos por cintas transportadoras a su correspondiente acopio.
6. La cinta transportadora que conduce los bolones, los lleva hacia otro buzón de carga que los dispone en otra cinta transportadora, la que los coloca en una chancadora de cono que produce el material chancado necesitado.
7. En su lugar de acopio al aire libre, es almacenado para finalmente ser distribuido a diferentes obras.

8.3 Cumplimiento de la normativa en la empresa

Valdicor es una empresa líder en el mercado y una de las más importantes en la Región de los Ríos, tanto por su producción como por sus estándares de calidad demostrados, cumpliendo la normativa y desarrollando actividades para el mejoramiento urbano y de servicio comunitario.

Para que una empresa pueda realizar la extracción de material desde un cauce, es necesario tener una concesión municipal para su explotación, además de todos los permisos e informes técnicos favorables, que debe aprobar el Departamento de Defensas Fluviales del MOP y los demás organismos estatales que controlan el medio ambiente.

La empresa además debe llevar un registro de extracción diaria, que incluye los siguientes datos:

- Método de extracción, maquinaria y equipo
- Patente de los camiones que movilizan los áridos
- Numero de viajes realizados
- Metros cúbicos realizados
- Horario de extracción
- Lugar de disposición en la obra

La empresa envía semanalmente al Inspector Fiscal un resumen del registro indicado, quien mantiene un registro de toda la extracción realizada por el proyecto. En la planta, se conserva un libro de control de extracción en el cual se indican las observaciones del personal del MOP en sus fiscalizaciones.

La Planta de Áridos Chumpullo, es inspeccionada periódicamente por diferentes organismos del estado, como CONAMA y la COREMA, el Servicio Nacional de Salud y en especial por la Gobernación Marítima de la Región de los Ríos que vela por el buen uso que hace la empresa del cauce del río Calle Calle. (VALDICOR, 2007)



Fig. 8.7: En el seleccionador se separa en arenas, gravillas, gravas y bolones, que luego se acopian
(Fuente: Elaboración Propia)

Fig. 8.8: El material es acopiado al aire libre, donde luego se retira con la venta (Fuente: Elaboración Propia)

8.4 Problemas Medioambientales Producidos por la Planta

Los principales agentes contaminantes observados en la planta de áridos fueron:

- **Imagen de la Planta de Explotación y Tratamiento:** La primera imagen que se percibe desde el exterior de la planta, enseña que la empresa se preocupa por la presentación y por la impresión que produce en los clientes y visitas. Se encuentra uno al entrar, con una serie de pequeñas construcciones pertenecientes a Valdicor y a Ready Mix (empresa concretera, que obtiene sus materias directamente de la Planta Chumpullo de Valdicor). Valdicor presenta ordenadas, limpias y acogedoras oficinas para el personal y para el recibimiento de clientes y visitas.
- **Equilibrio del Río Explotado:** La actividad no muestra señal de alteraciones a la calidad del agua o alguna modificación del cauce, desde el inicio de la extracción. El río Calle Calle presenta un gran escurrimiento de material fluvial en las épocas de otoño e invierno, por lo que no existe el problema de otros ríos en que el exceso de extracción de material del cauce produce: aumentos de inestabilidad de las laderas y de inestabilidad de escarpe ribereño.

- **Ruido:** como la planta extrae material desde el río, no existe el problema de ruidos molestos producidos por maquinaria al extraerlo. Lo único que se puede clasificar como ruido molesto es el chancado del material en la chancadora de cono existente en la maquinaria, pero este proceso no se realiza con mucha frecuencia.
- **Vibraciones:** por ser un trabajo de extracción desde el cauce de un río, no se perciben vibraciones. Se detectan pequeños movimientos en el proceso de chancado de material, pero imperceptibles fuera del lugar.
- **Emisiones a la Atmósfera:** la industria del árido en general genera grandes cantidades de polvo y otras emisiones similares, este problema es más notorio cuando el acopio es al aire libre, como aquí ocurre, ya que con el viento las arenas y las partículas vuelan con más facilidad. El transporte del material desde el cauce del río hasta la planta es limpio de polvo, ya que al extraerse el material húmedo, este no genera emisiones. Como la planta se encuentra cerca de la ribera del río, se observa que corre una brisa que produce que el material se eleve, ensuciando el aire, las instalaciones y el resto de material. Los camiones y todo transporte se encuentran sucios con polvo, además estos no se recubren al salir de la planta y con el movimiento en la ciudad, sueltan partículas al andar.
- **Gestión del ciclo del agua:** como el material se extrae desde el río, no se necesitan grandes cantidades de agua para el lavado de material. Se ocupa sí en el lavado de arenas, que es tirado directamente al suelo o al río produciéndose un lodo limoso en el muelle de la planta. Se observa también que las aguas provenientes del lavado de maquinarias son tiradas directamente al suelo. La producción del material es muy limpia y no son necesarios los sistemas de recogida de agua ni de reciclado.
- **Gestión de estériles, residuos mineros u otros residuos industriales:** como es extracción de cauces, no es necesario un cordón de tierra vegetal, ni son muchos los escombros producidos. Ahora bien, se debe aclarar que estos últimos no tienen un lugar definido en la planta, ya que hay diferentes puntos donde se pueden encontrar basuras que se extraen del río, de material no utilizado y de envases de combustibles o aceites. Se observa una gran preocupación de los depósitos de aceites y líquidos contaminantes.

- **Biodiversidad:** la planta de áridos en Chumpullo esta ubicada en un sector industrializado de la ciudad, por lo que no se encuentran grandes focos de flora y fauna, siendo el único problema el polvo que se acumula encima de los arbustos que circundan el lugar. El río se aprecia limpio en el sector donde se descarga el material. Tiene el cerco definido y bien cuidado para evitar el ingreso de animales o personas al lugar.

La extracción desde el cauce del río no ha mostrado signos de alteración de las comunidades faunísticas ni del valor paisajístico en las riberas del río.

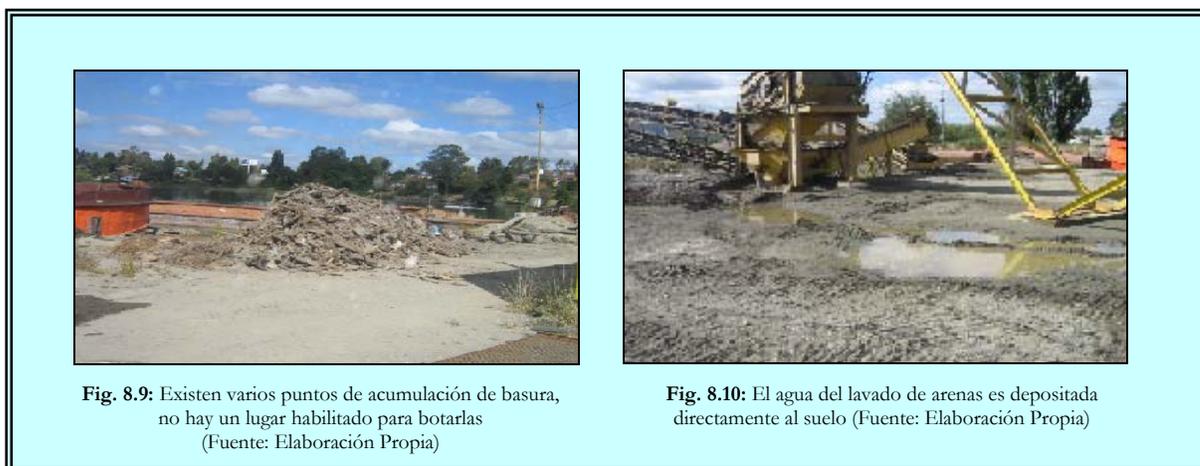
El lugar de emplazamiento de la planta Valdicor, gracias a la belleza natural del paisaje, que tiene una gran capacidad de absorción del impacto producido al desarrollo de las actividades de la planta, tanto como a las demás industrias que se encuentran en el lugar.

- **Impacto Visual:** aunque esto no es directamente un daño medioambiente, perjudica la imagen de la empresa en el exterior. Se observa en las instalaciones varios puntos de acumulación de basuras, no existiendo ningún lugar de recolección de desechos ni basureros. Las pistas de circulación no están bien definidas y falta señalización, la infraestructura de la planta se encuentra en buen estado y los acopios están bien definidos y protegidos de contaminación.

- **Restauración:** como las plantas de extracción desde cauce de río son generalmente renovables como esta, no necesitan restauración, incluso esta actividad puede ser un beneficio al río, ya que al dragar el material desde el cauce, se llega a excavar hasta 5 mt. de profundidad anuales. Esta excavación del río ayuda a que en invierno no se desborde más allá de los límites considerados, a que su caudal no se desvíe y siga su camino natural, y ayuda también al profundizarlo a que pueda ser navegable. La planta de tratamiento no produce erosión ni mayor contaminación en el terreno.

El área donde se extrae material en el cauce del río, se encuentra alejado de las poblaciones humanas y de las principales obras hidráulicas y civiles de la ciudad, por lo que no se han detectado deterioros a la infraestructura hidráulica y de la infraestructura vial. Tampoco existe alteraciones en las formas de relieve de los lugares ni redistribución espacial de la población.

- **Transporte:** a las pistas de circulación le faltan definición y señalización pero se encuentran limpias y sin estorbos. Existe en la planta una bodega de combustibles y estacionamientos para los camiones en buen estado. Falta limpieza y mantenimiento exterior de camiones, estos sueltan muchas partículas al transitar en la ciudad.



8.5 Soluciones a los Problemas Medioambientales producidos en la Planta Chumpullo

La Planta de Áridos Chumpullo, propiedad de Valdicor, muestra una buena aplicación de las leyes laborales y medioambientales, además de ser una planta que se encuentra bajo el alero de la Gobernación Marítima de la Región de los Ríos, la que controla e inspecciona su funcionamiento. Es una empresa respetada tanto por su contribución económica y social a la ciudad de Valdivia.

Las recomendaciones para que la planta funcione en condiciones medioambientales óptimas son:

- **Imagen de la Planta de Explotación y Tratamiento:** es recomendable mantener el orden y limpieza vista en las oficinas y en la planta desde el exterior.
Hacer una mantención exterior de la maquinaria y equipos, ojala pintarse estos y las oficinas de un color institucional o que represente a la empresa, para mostrar una imagen de empresa profesional y de calidad.
- **Equilibrio del Río Explotado:** Mantener el cuidado que se da para no modificar el cauce y la calidad del agua del río.

Realizar anualmente estudios hidrológicos y sedimentarios para tener claro la cantidad admisible de material a extraer. Seguir con el cuidado de la estabilidad de las laderas y del escarpe ribereño.

- **Ruido:** la empresa no es una gran generadora de ruidos en esta zona, por lo que es recomendable que mantenga esta condición y que en caso de ocurrir, se adopten medidas para minimizar los efectos adversos sobre terceros, como por ejemplo, revestir y confinar la chancadora, que es la mayor productora de ruido.
- **Vibraciones:** al extraer áridos de un río no existe fuentes de vibraciones, por lo que no es necesario tomar ninguna precaución.
- **Polvo:** revestir y cubrir todas las instalaciones que emitan polvo, como las cintas transportadoras y la chancadora, mantener el acopio de árido encapsulado con domos, tolvas o silos y controlar el polvo por sedimentación en vía húmeda (pulverización, creación de nieblas, etc.).

Tener especial cuidado con el transporte de áridos, implementando piscinas para las ruedas y cubriendo el material para que no se produzca polvo en el camino.

- **Otras Emisiones a la atmósfera:** hacer un cuidadoso mantenimiento a los camiones y otros medios de transporte de la empresa para evitar emisiones de gases, y en el futuro adquirir equipos de trabajo con un marcado control de calidad.
- **Gestión del Agua:** la planta no produce grandes vertidos de agua, por lo que no se necesitan sistemas de recogida o de reciclado. Se recomienda la creación de depósitos de aguas utilizadas o cubetas de retención de vertidos para eliminar el agua del lavado de maquinaria y material.
- **Gestión de Estériles, Residuos Mineros y Residuos Industriales:** es recomendable hacer una recogida selectiva de los distintos puntos en que se encuentran basurales dentro de la planta y gestionarlo para depositarlos en vertederos, reciclarlos o reutilizarlos. Disponer basureros o contenedores próximos a los puntos donde se generan los residuos. Los aceites depositarlos en cubetas especiales para hidrocarburos para evitar derrames.

El material de rechazo puede ser utilizado en la reparación y construcción de taludes en las riberas de los ríos para evitar el desmoronamiento de estas.

- **Biodiversidad:** Mantener cercada la planta para evitar que animales o personas puedan ingresar, regar la vegetación cercana para evitar que se cubran de polvo, dañando su crecimiento. Proteger el cauce del río y evitar vertidos de líquidos y materiales extraños a las aguas.

Tratar de mantener el paisaje y la vegetación autóctona del lugar, que con su belleza absorbe la intervención de las industrias puestas en el lugar y disminuir el daño visual.

Proteger las comunidades faunísticas del río y de los alrededores de la planta y el valor paisajístico de las riberas del río.

- **Impacto Visual:** Evitar nuevas acumulaciones de basura en la planta, implementación de contenedores de basura.

Definir las vías de circulación señalizándolas y delimitándolas con vallas, troncos, veredas, etc. Se recomienda limpiar y pintar las instalaciones y maquinarias de colores neutros para dar una buena imagen a la planta, hacer mantenimientos a la maquinaria.

Ver la posibilidad de crear acopios encapsulados (silos, tolvas, domos, etc.).

- **Restauración:** no es necesario hacer una restauración de la planta, ya que el material en el río se renueva cada año. Hacer anualmente estudios hidrológicos y sedimentarios para tener claro la cantidad de material que se puede permitir extraer para evitar la erosión, el deterioro de las formas de relieve, la inestabilidad de las laderas y del escarpe ribereño.

Proteger las obras hidráulicas y civiles cercanas que pudieran deteriorarse. Prevenir todo tipo de daño a la infraestructura vial y a las poblaciones humanas.

- **Transporte:** es recomendable definir las vías de circulación señalizándolas y delimitándolas con vallas, troncos, veredas, etc.

Seguir manteniendo el cuidado y reparación de los camiones y las bodegas de almacenamiento de aceites y combustibles.

Crear piscinas para las ruedas, cubrir los áridos y crear nieblas para evitar que las partículas de material salgan del camión.

- **Otros Aspectos de la Gestión Medioambiental:** es aconsejable que en forma voluntaria se implanten sistemas de gestión medioambiental en toda actividad que intervenga directamente en la naturaleza o provoque algún daño al medioambiente. Lo anterior aporta claras ventajas en todos los ámbitos de la empresa, aun más cuando están integrados además a su gestión la calidad y la prevención de riesgos laborales. El papel de los trabajadores es muy importante en la protección medioambiental, ya que son los que están en contacto con los materiales, la ejecución de maniobras y ponen en práctica la mayoría de las medidas establecidas. Es necesaria la formación, motivación y la sensibilización para alcanzar los objetivos fijados por la empresa para la mejora de la gestión medioambiental.



Fig. 8.11: Generador eléctrico de la planta
(Fuente: Elaboración Propia)



Fig. 8.12: Los combustibles son perfectamente guardados, sellados y almacenados en bodega (Fuente: Elaboración Propia)



Fig. 8.13: El material es acopiado por separado, evitando mezclas indeseadas (Fuente: Elaboración Propia)



Fig. 8.14: Estacionamiento de camiones tolva
(Fuente: Elaboración Propia)

CONCLUSIONES

La industria del árido, es una actividad de gran presencia en el país, con miles de pequeñas empresas de orden local que extraen material desde cauces o pozos. Los áridos son una materia prima necesaria en la construcción de edificios e infraestructuras de cualquier país y son la segunda materia prima más consumida, después del agua. Este crecimiento explosivo de la industria genera a través de sus plantas de extracción y tratamiento de áridos, grandes daños al medioambiente, a la salud humana y a la visión como empresa profesional y de calidad que el exterior tenga de ella.

Los grandes problemas producidos en esta actividad, están directamente relacionados con la flora y fauna del lugar, una mala infraestructura produce problemas de ruidos molestos, vibraciones en los sectores aledaños, polvo y emisiones tales como monóxido de carbono y ozono, una mala gestión de los residuos produce contaminación del agua, la vegetación y de los suelos. Esto ahuyenta tanto a la fauna del lugar como a las poblaciones humanas que pudieran establecerse en las zonas aledañas, al producirse estos daños a la biodiversidad del lugar, causa un impacto visual negativo y dañino para la imagen empresarial que el entorno tiene de la planta. Pero sin duda el principal problema de estas plantas de extracción y tratamiento de áridos es la poca o nula actividad de recuperación al terminar de explotar los frentes. Toda planta debe tener un plan de abandono que contenga las medidas a seguir para mitigar el impacto producido al medioambiente, lo que generalmente no es respetado por los administradores, debido a que las autoridades no castigan debidamente a los infractores. Es necesario darle soluciones prácticas a estos problemas, desde la planificación y estudio técnico de la planta, calculando la posibilidad de reducir los niveles de contaminación con la integración de capotajes, aspiradores de polvo, maquinaria en buen estado, riego de ducha para el transporte de material etc., además de incentivar y enseñar a los trabajadores de las medidas que deben aplicar para reducir los niveles de contaminantes

En el país existe una normativa ambiental que regula las cantidades permisibles de contaminantes, como ruido, polvo, emisiones a la atmósfera, residuos líquidos, etc., que a su vez están controladas por servicios públicos como la CONAMA y COREMA que administran el

Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental a nivel nacional, coordinan el proceso de generación de estas normas de calidad ambiental y determinan los programas necesarios para su cumplimiento. Además los municipios se encargan del cumplimiento de los criterios de planificación comunal e intercomunal, ponen los límites donde el suelo puede explotarse y asignan el pago de las patentes pertinentes. En caso de que la explotación sea desde un cauce, el MOP con la Unidad de Defensas Fluviales y la Gobernación Marítima son las encargadas de velar por la adecuada utilización de las riquezas del río.

La presente investigación y tesis presenta una guía práctica de las principales medidas que se deben tomar a la hora de administrar una planta con una adecuada gestión medioambiental y de la normativa a considerar a la hora de diseñar una planta de este tipo, guiando al lector de los pasos que debe seguir para la diseñar e implementar una planta de extracción y tratamiento de áridos, en función de una buena gestión medioambiental, que no genere grandes repercusiones al medioambiente y no cauce una mala imagen de la empresa al exterior, enseñando que medidas tomar en caso de que se produzca un daño o para prevenirlo, sea en caso de pozo o cauce de río. Estas medidas no eliminan los problemas en forma definitiva, pero disminuyen considerablemente los daños. Se debe tener en cuenta que las medidas mostradas en esta guía no son obligatorias, sino una ayuda para quien quiera explotar una planta de manera ética y adecuada, y para quienes noten que una empresa con una ordenada gestión medioambiental y una visión empresarial profesional y de calidad puede generar más ganancias de lo presupuestado.

BIBLIOGRAFIA

- ARREDONDO, F.; J. L. ESCARIO; J. FRANQUIN; C. GASCUÑANA; J. L. DE LA GUARDA; F. MACAU; M. SEMINARIO; A. VIRELLA. 1967. Los áridos en la construcción; extracción, preparación y utilización. Barcelona, España. Editores Técnicos Asociados.
- MOP; MINVU; CChC. 2001 dic. Industria del Árido en Chile: Sistematización de antecedentes técnicos y ambientales. Santiago, Chile. Ediciones de la Corporación de Desarrollo Tecnológico: Comisión Nacional de Áridos. Tomo I.
- MOP; MINVU; CChC. 2001 dic. Industria del Árido en Chile: Régimen Legal. Santiago, Chile. Ediciones de la Corporación de Desarrollo Tecnológico: Comisión Nacional de Áridos. Tomo II.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS FABRICANTES DE ÁRIDOS ANEFA. 2005. Explotaciones de Áridos y Medioambiente. Madrid, España. Ediciones ANEFA. 72 p.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS FABRICANTES DE ÁRIDOS ANEFA. 2006. Gestión Medioambiental en Canteras y Graveras. Madrid, España. Ediciones ANEFA. 105 p.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS FABRICANTES DE ÁRIDOS ANEFA. 2002. Áridos: Guía de Buena Apariencia en Canteras y Graveras. Madrid, España. Ediciones ANEFA. 90 p.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS FABRICANTES DE ÁRIDOS ANEFA. 2008. Integración de los Sistemas de Gestión en Canteras y Graveras. Calidad, Medioambiente y Seguridad y Salud de los Trabajadores. Madrid, España. Ediciones ANEFA. 74 p.
- BOUSO A., J.L. 2002 abr. Soluciones Medioambientales para las Plantas de Tratamiento de Áridos Vía Húmeda. II Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción. La Habana, Cuba. 14 p.
- TAPIA Q., J. 2007. Preparación Mecánica de Minerales. Iquique, Chile. Ediciones Universidad Arturo Prat. Cap 5 15 p.
- SERNAGEOMIN; SONAMI; BGR. 2003. Guía de Buenas Practicas Ambientales para la Pequeña Minería: Manejo de Combustibles. Santiago, Chile. Ediciones Sernageomin. 13 p.
- SERNAGEOMIN; SONAMI; BGR. 2003. Guía de Buenas Practicas Ambientales para la Pequeña Minería: Cierre de Faenas Mineras. Santiago, Chile. Ediciones Sernageomin. 12 p.
- EBENSPERGER M., L. 2001 jun. Fabricación y Uso Eficiente de Arenas Manufacturadas. Revista BIT (Chile). Vol. 22. 10-12.
- EBENSPERGER M., L. 2003 may. Los Áridos en la Construcción. Revista BIT (Chile). Vol. 30. 26-29.
- UNIVERSIDAD SANTA MARIA LA ANTIGUA. 1999 jul. Extracción Minera de Recursos Marinos. Panamá. (Disponible en <http://html.rincondelvago.com/extraccion-minera-de-recursos-marinos.html>. Consultado en: 22 de Junio del 2008).

- SERNAGEOMIN. 2007. Guía Metodológica de Seguridad para Proyectos Mineros de Rajo Abierto. Santiago, Chile. (Disponible en: http://www.sernageomin.cl/pdf/guias_manuales_formularios/guia_metodologica_seguridad_proyectos_minero_rajo_abierto.pdf. Consultado en: 27 de Junio de 2008).
- ADASME, C. 2002 nov. Simposio Internacional de Geología Ambiental para Planificación del Uso del Territorio: Consideraciones ambientales y de Uso del Territorio o Relacionados con Actividades Extractivas de Áridos. Puerto Varas, Chile. (Disponible en: http://www2.sernageomin.cl/pto_varas/Biblioteca/Articulos.pdf/ADASME.pdf. Consultado en: 15 de Abril de 2008).
- CODELCO: 2008. Proceso Productivo, Chancado y Molienda. Chile. (Disponible en: <https://www.codelcoeduca.cl/proceso/chancado/t-basica.html>. Consultado en: 20 de Octubre de 2008).
- BRAVO, B.; BURKART, A.; CAMACHO, F.; GARCES, J.; GONZALEZ, E.; GONZALEZ, C.; HERRERA, F.; SOTO, V.; 2007. ¿Es posible extraer áridos sin dañar el suelo? Santiago, Chile. (Disponible en: http://agronomia.uchile.cl/web/manuel_casanova/remares/2006%20Aridos.pdf. Consultado en: 15 de Abril de 2008).
- URBAR INGENIEROS S.A. 2004. Grupos Compactos para Lavado de Arena por Hidrociclón. Madrid, España. (Disponible en: <http://www.urbar.com/es/pdf/Gru-lav.pdf>. Consultado en: 20 de Octubre de 2008).
- HUBER TECHNOLOGY. 2004. Planta de Lavado de Arenas COANDA ROSF4. Madrid, España. (Disponible en: www.huber.es/FOLLETOS/RoSf%204_es. Consultado en: 20 de Octubre de 2008).
- GOSAG. 2004. Grupos de Lavados de Arena. Madrid, España. (Disponible en: <http://www.gosag.com/static/media/pdf/grupos-lavado.pdf>. Consultado en: 20 de Octubre de 2008).
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAISO; GRUPO DE HORMIGÓN. 2008. Terminología. Valparaíso, Chile. (Disponible en: <http://icc.ucv.cl/hormigon/terminos.htm>. Consultado en: 2 de Agosto de 2008).
- TORREJON, J.: 1999. ¿Cómo lograr una extracción de áridos acorde al desarrollo sustentable del país? Santiago, Chile. (Disponible en: http://www.revistabit.cl/body_articulo.asp?ID_Articulo=239. Consultado en: 15 de Mayo de 2008).
- REGISTRO CDT. 2008. Áridos para Morteros y Hormigones: Pétreos. Santiago, Chile. (Disponible en: http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado_fichas/fichas/c02/PETREOS_aridos/index.htm. Consultado en: 15 de Mayo de 2008).
- REGISTRO CDT. 2008. Áridos para Morteros y Hormigones: Lafarge. Santiago, Chile. (Disponible en: http://www.registrocdt.cl/fichas%20especificas/listado_fichas/fichas/c02/MELON_lafarge_aridos/index.htm. Consultado en: 15 de Mayo de 2008).
- VALDICOR. 2007. VALDICOR Empresas. Valdivia, Chile. (Disponible en: <http://www.valdcor.cl>. Consultado en: 15 de Febrero de 2009).