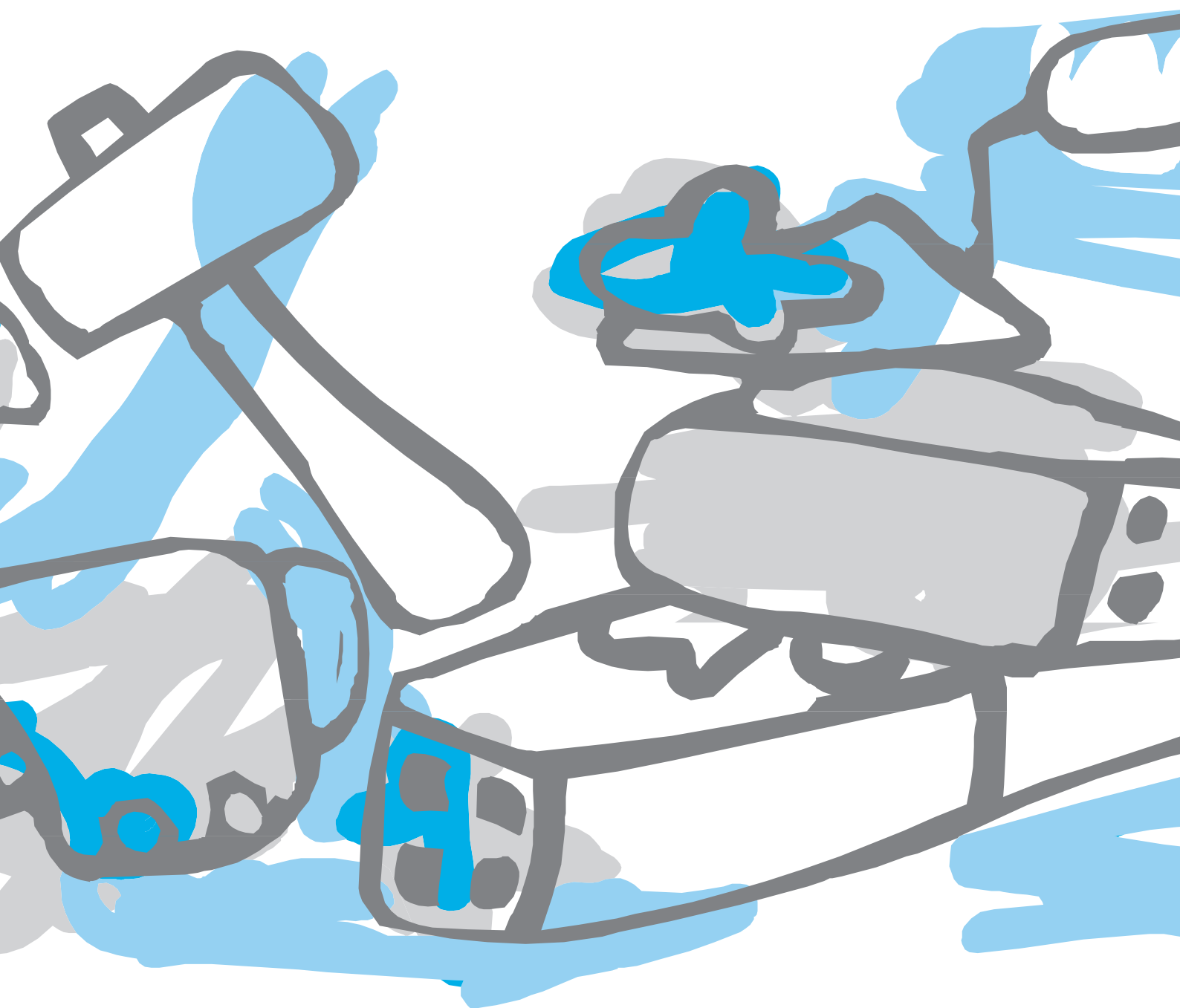


Referentes para la calidad ambiental y la ecoeficiencia del Sector de la Construcción en Murcia



Agradecimientos:

Crema Sierra Puerta, S.L., Áridos del Mediterráneo S.A. (ARIMESA), AZUCHE 88, S.L.

Edita

Región de Murcia
Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente
Dirección General de Calidad Ambiental

Ficha técnica

Documentación y redacción: Consultores Premier

Diseño y producción editorial: Baetica S.L.

Impresión: Lerkoprint S.A.

Deposito Legal: M-24131-2004

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del propietario de los derechos.

Introducción

Con la realización de este proyecto, la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia desea apoyar a las empresas murcianas en la adopción de prácticas de ecoeficiencia, facilitando la orientación de sus actividades hacia el ahorro, la minimización y la eficiencia

Las posibilidades reales de hacer posible el concepto de desarrollo sostenible están ligadas a la capacidad de la humanidad para romper la vinculación existente entre bienestar y consumo de recursos.

La necesidad de buscar soluciones que hagan viable el concepto de sostenibilidad, en el marco de la actual economía de mercado, ha determinado el desarrollo de una nueva forma de afrontar este reto mediante lo que se ha venido a denominar ecoeficiencia.

El concepto de ecoeficiencia entronca directamente con el concepto de rentabilidad empresarial porque, además de la reducción de costes y disminución del gasto material, la puesta en práctica de la ecoeficiencia trae consigo una mejora del comportamiento ambiental, creando valor añadido para la empresa.

La ecoeficiencia representa un potente instrumento para abordar el desarrollo sostenible desde la posición de la empresa y supone una importante herramienta de mejora de la competitividad y el desarrollo tecnológico. En este sentido, la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia, en su línea de formulación de políticas y estrategias tendentes a contribuir al desarrollo sostenible en la Región, ha llevado a cabo una iniciativa en el sector de la agricultura e industria agroalimentaria, dirigida a promover la integración de la ecoeficiencia en empresas murcianas, con el objetivo de:

- ▶ Dar a conocer las oportunidades que ofrece la ecoeficiencia para mejorar su posición competitiva.
- ▶ Difundir las herramientas y las experiencias de éxito existentes.
- ▶ Desarrollar proyectos piloto concretos de demostración en empresas que den lugar a mostrar las ventajas de la producción ecoeficiente y que se constituyan en Referentes para la Calidad Ambiental y la Ecoeficiencia en la Comunidad Autónoma de Murcia.

Sin embargo, la adopción de una estrategia ecoeficiente en la empresa es un proceso gradual que requiere importantes cambios en la cultura empresarial. Por este motivo, los proyectos llevados a cabo se sitúan en la frontera entre la prevención de la contaminación y la ecoeficiencia, pero pueden servir como fuerza impulsora para:

- ▶ Mejorar la competitividad de los productos y servicios ofrecidos por las empresas de los sectores agrícola y de la industria agroalimentaria.
- ▶ Identificar nuevas oportunidades de mercado.
- ▶ Situar a las empresas murcianas a la vanguardia del compromiso con el medio ambiente.

Ventajas de la ecoeficiencia para la empresa

- Permite la obtención de ahorros mediante la optimización del uso de recursos y la disminución de la contaminación
- Reduce los riesgos ambientales y mejora la seguridad de los trabajadores
- Estimula la innovación y la obtención de beneficios a través de un aumento de la eficiencia.
- Permite adelantarse a las necesidades de los consumidores y detectar nuevas oportunidades de negocio
- Refuerza el compromiso de la dirección de la empresa y los trabajadores en un proyecto de mejora continua.
- Aumenta el valor de la empresa y la confianza de las partes interesadas.

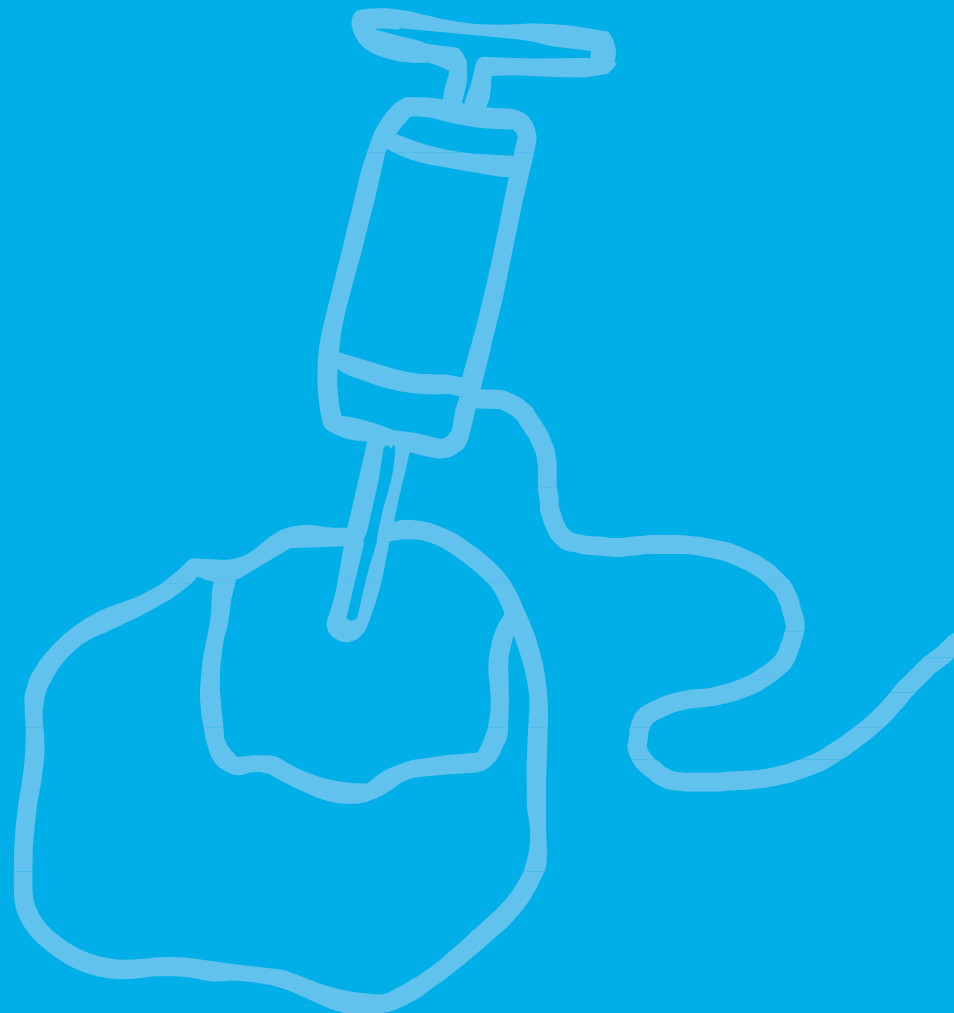
Índice

1. Extracción de piedra ornamental	7
1.1. Introducción al sector	9
1.2. El sector en España	9
1.3. El sector en Murcia	14
1.4. Proceso de extracción	14
1.5. Aspectos medioambientales asociados a la extracción de piedra ornamental	16
1.6. Experiencias de éxito relevantes para el sector	17
1.7. Proyecto de implantación de una mejora de ecoeficiencia en Murcia: el caso Crema Sierra Puerta S.L.	21
2. Talleres de corte, aserrado y pulido de piedra ornamental	25
2.1. Introducción al sector	27
2.2. El sector en Murcia	32
2.3. Aspectos medioambientales asociados a los talleres de piedra ornamental	32
2.4. Experiencias de éxito relevantes para el sector	33
2.5. Proyecto de implantación de una mejora de ecoeficiencia en Murcia: el caso Crema Sierra Puerta S.L.	36
3. Fabricación de áridos	41
3.1. Introducción al sector	43
3.2. El sector en Murcia	45
3.3. Proceso de producción	46
3.4. Aspectos medioambientales	47
3.5. Experiencias de éxito relevantes para el sector	48
3.6. Proyecto de implantación de una mejora de ecoeficiencia en Murcia: el caso ARIMESA	52
4. Construcción	57
4.1. Introducción al sector	59
4.2. El sector en España	59
4.3. El sector en Murcia	60
4.4. Aspectos medioambientales asociados a la construcción	63
4.5. Experiencias de éxito relevantes para el sector	65
4.6. Proyecto de implantación de una mejora de ecoeficiencia en Murcia: el caso Azuche 88	72



Referentes para la calidad ambiental y
la ecoeficiencia del Sector de
la Construcción en Murcia

Extracción de piedra ornamental



1. Extracción de piedra ornamental

>> 1.1. Introducción al sector

La extracción de piedra ornamental es una actividad recogida en el grupo 14.1 "Extracción de piedra" de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas, dentro del sector de extracción de minerales no metálicos ni energéticos. Este grupo engloba las siguientes actividades:

- ▶ Extracción, desbastado y troceado por aserrado de piedras (mármol, granito y otros tipos de piedra) para la construcción.
- ▶ Extracción de piedra caliza, yeso y creta.
- ▶ Extracción de pizarras.

La roca ornamental es también un término genérico que abarca diversas rocas naturales que se emplean principalmente en el sector de la construcción con fines decorativos o estructurales.

Dentro de la gran diversidad de rocas disponibles, las clases comerciales más comunes son los mármoles y las calizas (rocas calcíticas y dolomíticas, serpentinas), los granitos (de origen ígneo que contienen cuarzos, feldespatos, micas, etc. y cuya textura granular implica una alta resistencia y un aspecto cristalino), las areniscas (formadas por granos de arena ligados entre sí por un cemento natural) y las pizarras y esquistos (caracterizados por sus granos muy finos y su lajosidad).

Entre las aplicaciones más habituales de las rocas ornamentales se encuentran nuevas construcciones, reformas y mantenimiento, revestimiento y decoración interior, artes funerarias, diseño, etc. En Europa, diversos factores favorecen el uso de las rocas ornamentales: mercado de elevado consumo y de producción importante, calidades de las tecnologías, mercado de la construcción orientado a la renovación, etc. La piedra natural es considerada en Europa como un material noble que aumenta el prestigio de las viviendas, oficinas y edificios públicos. El uso extendido de las rocas ornamentales en construcciones antiguas, ayuda a promover el mercado y la imagen de calidad de los productos.

En el año 2001, la producción mundial de bloques de piedra ornamental fue de cerca de 69 millones de toneladas de piedra en bruto, mientras que en los países de la Unión Europea fue de 22 millones de toneladas, lo que supone aproximadamente la tercera parte de la producción mundial. Italia y España son los mayores productores, con el 75% de la producción europea, seguidos de Francia, Grecia y Portugal.

Durante la última década, el mercado mundial se está transformando radicalmente debido a la aparición de numerosos productos, principalmente en forma de bloques brutos, procedentes de países no europeos, fundamentalmente de la India, China y Brasil.

>> 1.2. El sector en España

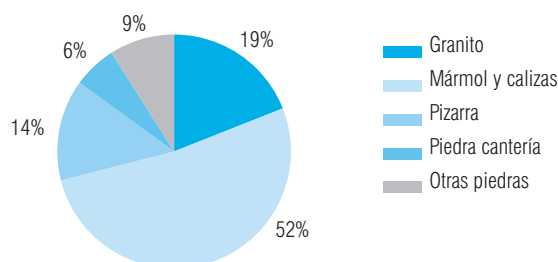
En España el sector de extracción de piedra natural se encuentra fuertemente asociado al sector de la transformación y elaboración de la roca extraída. Se trata de un sector compuesto en origen por las empresas dedicadas a la extracción del material de las canteras: granito, mármol, calizas, areniscas y pizarra, además de piedra de cantería utilizada para la remodelación en ciudades y la rehabilitación y restauración de edificios.

El desarrollo actual de la actividad precisa de la proximidad de las canteras con las plantas elaboradoras por lo que la industria encargada de la extracción y producción del material para su comercialización se encuentra localizada en puntos concretos de la geografía nacional. Dichos núcleos están concentrados en las zonas donde se encuentran los yacimientos de piedra natural, distribuidos en las diferentes Comunidades Autónomas.

Número de canteras

Durante el año 2001 el sector de la piedra ornamental en España siguió creciendo, impulsado por el aumento del volumen de extracción en canteras y con un importante desarrollo de la producción, en cuanto a la elaboración y transformación se refiere. Según datos del año 2001 recogidos en el Informe del Sector de la Piedra Natural 2002 (Federación Española de la Piedra Natural), se calcula que el número total de canteras en explotación alcanza las 747, distribuidas por todo el territorio, de las que se extrae granito, pizarra, mármol y calizas. Si se consideran las explotaciones de piedra de cantería utilizada en el sector de la construcción y en la urbanización de ciudades, la cifra aumenta hasta alcanzar las 874 canteras.

Distribución de canteras por recursos (Total 874)

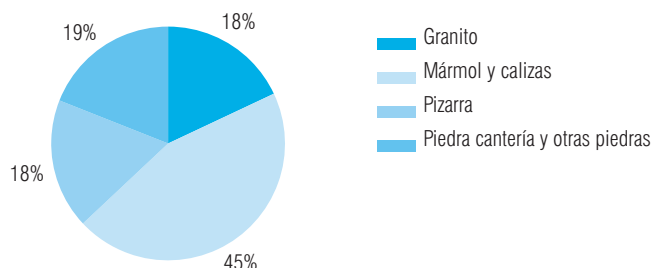


Fuente: Informe del sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

Empresas de extracción y empleo

Las canteras existentes en España están explotadas por 633 empresas, número inferior a la cantidad de canteras en explotación, ya que muchas de estas empresas explotan varias canteras. La distribución de estas empresas según el recurso que extraen es la siguiente:

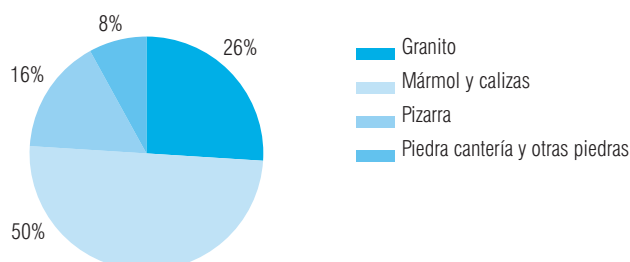
Distribución del Nº de empresas por recursos (Total 633 empresas)



Fuente: Informe del sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

En total estas empresas emplean a 5.804 trabajadores, repartidos de una manera muy desigual, y supone un descenso del 3,2% respecto del total de trabajadores empleados el año anterior.

Distribución de trabajadores por recursos (Total 5.804)



Fuente: Informe del sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

El sector de la piedra natural emplea a una media de 9 a 10 trabajadores por empresa.

Producción en canteras

Según datos aportados por la Federación Española de la Piedra Natural en el Informe del Sector de la Piedra Natural 2002, la extracción en canteras en España ascendió a 7.615.420 toneladas durante el año 2002, lo que supone un descenso sobre la producción del año 2001 que se cifró en 8.769.627 toneladas.

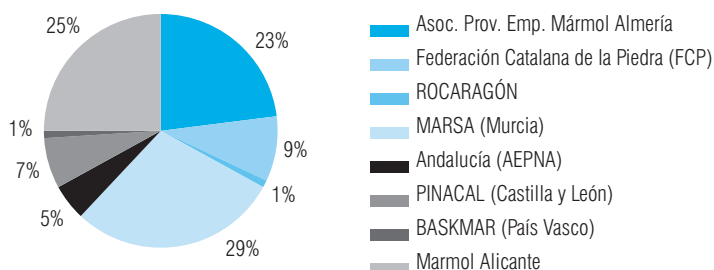
Este descenso estuvo motivado por una menor producción, especialmente de granito en Galicia.

Extracción 2002	Toneladas
Mármol y calizas	
Asociación Provincial de Empresarios del Mármol de Almería	2.169.510
Mármol de Alicante. Asociación de la Comunidad Valenciana	1.809.000
Asociación de Empresarios del Mármol y de la Piedra de la Región de Murcia (MARSAR)	675.000
Asociación de Empresas del Sector de Rocas Ornamentales del País Vasco (BASKMAR)	198.450
Federación Catalana de la Piedra (FCP)	179.200
Asociación de Empresas de la Piedra Natural de Andalucía (AEPNA)	85.314
Asociación de Productores de Piedra Natural de Castilla y León (PINACAL)	82.000
Asociación de Empresas de Extracción, Elaboración, Comercialización y Afines de Aragón (ROCARAGÓN)	30.800
Total	5.229.274
Granito	
Asociación Canteiras de Galicia	825.000
Asociación Extremeña de Granitos (PINAEX)	264.000
Asociación de la Piedra de la Comunidad de Madrid (APCM)	235.000
Asociación de Productores de Piedra Natural de Castilla y León (PINACAL)	85.000
Asociación de Empresas de la Piedra Natural de Andalucía (AEPNA)	21.632
Federación Catalana de la Piedra (FCP)	8.228
Total	1.412.360
Pizarra	
Federación Española de la Pizarra (FEP)	750.000
Asociación extremeña de Granitos (PINAEX)	34.000
Asociación de Productores de Piedra Natural de Castilla y León (PINACAL)	21.000
Federación Catalana de la Piedra (FCP)	16.380
Asociación de Empresas de la Piedra Natural de Andalucía (AEPNA)	5.200
Asociación de empresas del sector de Rocas Ornamentales del País Vasco (BASKMAR)	1.890
Total	828.470
Piedra de cantería	
Asociación de Productores de Piedra Natural de Castilla y León (PINACAL)	108.000
Asociación de Empresas de la Piedra Natural de Andalucía (AEPNA)	30.316
Asociación de Empresas de Extracción, elaboración, Comercialización y Afines de Aragón (ROCARAGÓN)	7.000
Total	145.316
Total extracción	7.615.420

Mármol y calizas

La cifra total de canteras que extraen mármol y calizas asciende a 460, lo que representa el 52,63% del total de las 874 canteras. El reparto de estas canteras, por asociaciones, es el siguiente:

Distribución canteras mármol y calizas (Total 460)



Fuente: Informe del sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

El sector del mármol es el que más canteras explota, más trabajadores emplea y más extracción realiza.

La distribución geográfica de estas canteras presenta su concentración más destacable en las provincias de Alicante (Pinoso, Monforte del Cid y Novelda), Almería (Mácael en la comarca de la Sierra de los Filabres) y Murcia (comarca del noroeste –Caravaca, Cehegín, Jumilla, Tecla y Zarcilla de Ramos). También la extracción de mármol y calizas tiene significación en otras Comunidades como Cataluña, Castilla y León, Andalucía, País Vasco y Aragón.

Estas canteras están explotadas por 284 empresas, y emplean un total de 2.908 personas. Siendo la media de empleados de este tipo de empresas de 10 personas.

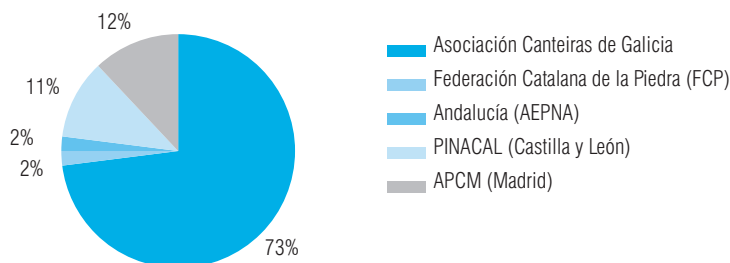
La extracción de mármol y calizas durante el año 2002 ascendió a un total de 5.229.274 t, lo que representa un descenso con respecto al año anterior del 1,5%. La extracción de mármol y calizas supone la mayor cifra de extracción de piedra natural, representando el 68,66 % del total del material extraído.

Granito

En el año 2002 existían 168 canteras de granito, incluidas 8 canteras situadas fuera de España, pero explotadas por empresas pertenecientes a la Asociación de Canteiras de Galicia.

Esta cifra es sensiblemente menor que la registrada en el año anterior, 190 canteras más otras 14 extranjeras de la referida Asociación de Canteiras de Galicia.

Distribución canteras granito (Total 168)



Fuente: Informe del sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

Las canteras de granito se encuentran situadas, en su mayor parte, en Galicia, Madrid y Extremadura. Este recurso también se aprovecha en Castilla y León, Cataluña y Andalucía.

Las canteras de granito son explotadas por 112 empresas, y cuentan con 1.506 empleados. Así, el número de empleados por empresa es de 13 a 14 personas.

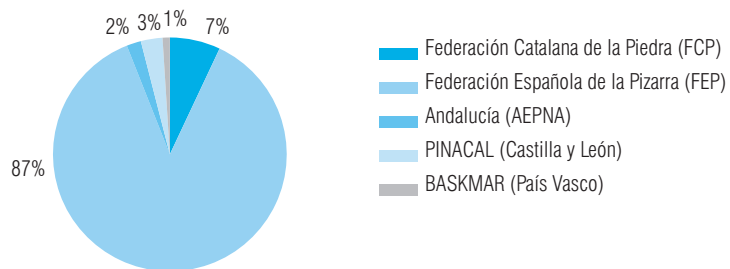
La cifra total de extracción de granito durante el año 2002 ascendió a 1.412.360 t, que es muy inferior a la reflejada como producción del año anterior, debido a la menor producción de granito en Galicia, como se ha señalado anteriormente.

Pizarra

Existen 119 canteras de pizarra, concentradas en las Comunidades Autónomas de Galicia y Castilla y León. Asimismo existen diversas explotaciones en Cataluña, Extremadura y Andalucía.

Principalmente la pizarra se utiliza como material en cubiertas y solados. La distribución de estas canteras es la siguiente:

Distribución canteras pizarra (Total 119)



Fuente: Informe del sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

Son 116 empresas las que se dedican a la explotación de estas canteras de pizarra, con 8 trabajadores como media cada una de ellas, ya que el número total de empleados fue de 943.

La cifra total de extracción de pizarra durante el año 2002 alcanzó las 828.470 t, lo que representa un descenso del 2,1% respecto al año 2001.

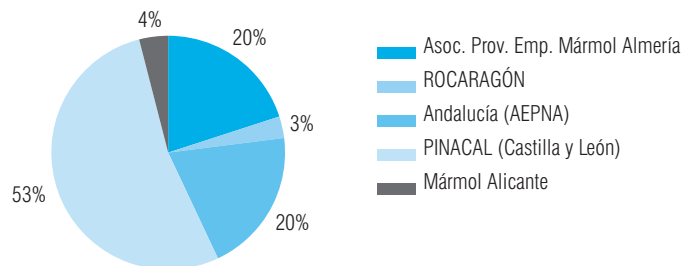
Piedras de cantería y otras piedras

Además de las explotaciones reseñadas de mármol, granito y pizarras, existe otro grupo de canteras dedicadas a la producción de piedras de cantería y otras piedras (principalmente piedra rústica y arenisca).

Los productos obtenidos de estas canteras se emplean en la construcción y restauración de edificios y en la pavimentación de calles.

Existen 127 explotaciones de este tipo de piedras:

Distribución canteras piedra cantería y otras piedras (Total 127)



Fuente: Informe del sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

Existen 56 empresas dedicadas a la extracción de piedra de cantería y 65 empresas dedicadas a la extracción de otras piedras.

El número de trabajadores que participan en la extracción de piedra de cantería es de 330 y en la extracción de otro tipo de piedras participan 117 trabajadores.

La extracción de piedra de cantería, durante el año 2002, ascendió a 145.316 t, lo que supone un incremento del 44,3% respecto del año anterior.

>> 1.3. El sector en Murcia

Según los datos recogidos por la Federación Española de la Piedra Natural correspondientes al año 2002, el 12,9% del total nacional de la extracción de mármol y calizas corresponde a MARSA (Asociación de Empresas del Mármol y de la Piedra de la Región de Murcia), lo que supuso 675.000 t de piedra extraída.

Según los datos correspondientes al año 2003, obtenidos de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Región de Murcia, aproximadamente la mitad de las explotaciones activas del sector minero extractivo se dedican a extracciones de roca ornamental. Este porcentaje alcanza el 56% en términos de empleo, pero, disminuye hasta el 2% si se hace referencia a la producción generada.

	Explotaciones	Explotaciones activas	Producción (kt)	Empleo
Roca ornamental	140	88	488	571
Total sector minero extractivo	259	153	24.053	1.022

Fuente: Consejería Economía, Industria e Innovación de la Región de Murcia. D.G. Industria, Energía y Minas. 2003

>> 1.4. Proceso de extracción

En general las explotaciones mineras de roca ornamental presentan dos tipologías: canteras a cielo abierto y canteras subterráneas.

Las canteras a cielo abierto emplean como métodos más habituales la extracción en ladera, la extracción en foso y la extracción en forma de embudo. En las canteras subterráneas por lo general la extracción se realiza mediante pilares abandonados o mediante diafragmas; la extracción subterránea en Murcia es prácticamente inexistente.

Las etapas básicas de extracción de la roca se pueden resumir en:

- ▶ Preparación del terreno
- ▶ Perforación. Se trata de una operación preliminar necesaria para la fase de aislamiento del bloque. Existen diversas técnicas y máquinas de perforación:
 - Perforación por percusión, en la que se emplean martillos perforadores
 - Perforación por rotación, empleada si se utiliza el corte con hilo diamantado
 - Perforación por rotoperforación, en la que se emplean perforadoras neumáticas e hidráulicas. Ofrece rendimientos superiores a la percusión.
- ▶ Arranque primario. Dependiendo del material que vaya a extraerse y del nivel de desarrollo tecnológico de la empresa, se pueden emplear los siguientes métodos:
 - Corte por hilo diamantado (en la actualidad se trata del método más ampliamente empleado)
 - Corte con rozadoras de cadena
 - Corte mediante explosivos

- Corte con hilo helicoidal
- Corte manual
- ▶ Separación y vuelco de los bloques. Esta etapa se efectúa en las siguientes fases operativas:
 - Examen previo del bloque y elección del equipo y del material
 - Preparación del lecho de amortiguación
 - Colocación del equipo
 - Inicio del vuelco
 - Examen después del primer desplazamiento
 - Fase final del vuelco
 - Preparación y limpieza
 - Calzado del bloque y eliminación de los defectos
 - Colocación de los parapetos
- ▶ Corte y escuadrado de los bloques. Existen numerosas técnicas de corte y escuadrado. La selección de la técnica a emplear va a depender fundamentalmente del tipo de roca que se extraiga. Algunas de las técnicas son:
 - Corte con hilo diamantado
 - Corte con punzones
 - Escuadrado a mano
 - Exfoliación con minas cilíndricas
 - Corte con trituradora de piedras compuesta por tres elementos
 - Corte ligero
 - Corte con sierras de una hoja
 - Corte con fresadora puente con disco diamantado

El corte con hilo diamantado y con punzones son las técnicas empleadas habitualmente que en la actualidad. En el caso del corte con hilo diamantado, la operación se efectúa en las siguientes etapas:

- Examen previo
- Preparación y limpieza
- Marcado
- Colocación del hilo diamantado
- Colocación de los raíles, la máquina y el cuadro de controles
- Cierre del anillo
- Calzado
- Suministro de energía eléctrica y agua
- Inicio del corte
- Acortamiento del hilo
- Separación de las partes cortadas
- Disposiciones finales

En cuanto al punzonado, puede utilizarse únicamente para cortar bloques de pequeñas dimensiones o para abrir posibles defectos. Las etapas de desarrollo son:

- Examen previo
- Calzado
- Ejecución de los barrenos
- Introducción y martilleo de los punzones
- Separación de las partes cortadas
- Disposiciones finales
- ▶ Manipulación y apilamiento de los bloques en la cantera. Esta etapa incluye las siguientes operaciones:
 - Carga de bloques en camión o dumper
 - Carga de escombros en camión o dumper
 - Manipulación de bloques y de escombros

>> 1.5. Aspectos medioambientales asociados a la extracción de piedra ornamental

Ruido y vibraciones

Los principales aspectos medioambientales derivados de esta actividad están asociados a las emisiones de polvo y la generación de ruidos, a las modificaciones o alteraciones del paisaje, al consumo de agua y la generación de vertidos y residuos.

La mayoría de los ruidos producidos por las canteras son ruidos intermitentes, generados en operaciones concretas, principalmente las voladuras, pero también por el arranque diario de los motores, la carga del material en los volquetes, etc.

Pero también existen algunas emisiones sonoras permanentes, como son las de las máquinas cargadoras que operan en los frentes, los captadores de polvo o las cintas transportadoras.

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

También pueden producirse vibraciones en las instalaciones de trituración primaria de gran tamaño y en las instalaciones de cribado.

Emisión de polvo

La emisión de polvo se produce cada vez que se ponen las rocas en movimiento (voladuras, carga, transporte y trituración).

El tamaño de las partículas en suspensión varía desde algunos micrones hasta 3 mm.

Las condiciones climáticas influyen, en gran medida, sobre el nivel de emisión y de dispersión de las partículas finas, generándose más polvo en una cantera situada en una región de clima seco que en regiones húmedas.

Gestión del agua

Las necesidades de captación de agua para el proceso y los vertidos directos a cauce son dos de las principales afecciones que inciden en la calidad de las aguas.

Asimismo, la ejecución de determinadas unidades de obra en áreas cercanas a cursos de agua, como son el movimiento de tierras, trasiego de maquinaria y extracción de áridos entre otras puede ocasionar afección al cauce y su vegetación riparia, así como la alteración de la calidad de las aguas por un aumento de la turbidez y la posibilidad de vertidos accidentales, principalmente cuando se trate de hidrocarburos utilizados en las canteras o las instalaciones.

Impacto visual

Durante la explotación se puede alterar tanto el valor paisajístico como la percepción visual del entorno, al tratarse de explotaciones que pueden llegar a ocupar superficies de hasta 150 hectáreas.

Los cambios que la actividad extractiva produce en el paisaje están muy ligados a la topografía, al tipo de paisaje y a la vegetación existente en la zona.

Generación de residuos

Durante las operaciones de extracción de las rocas se generan dos tipos de materiales: los suelos orgánicos vegetales y los materiales subyacentes duros y rocosos, no valorizables directamente por la propia explotación. Ambos se generan en las labores de preparación previa a la extracción. Con frecuencia, se recomienda preservar y acopiar los suelos vegetales para las labores de restauración posteriores a la fase de explotación.

Además, a lo largo del proceso productivo, pueden obtenerse otros materiales no valorizables, como es el caso de los estériles inertes de la explotación, las gangas, etc. Por último también pueden generarse finos y lodos por el tratamiento de las aguas del proceso, procedentes de las operaciones de lavado, corte, etc.

Los residuos, en particular los lodos, causan un problema específico con un notable impacto ambiental ya que provocan la contaminación de la capa freática y de los terrenos limítrofes.

Además, la fracción aprovechable varía: entre el 30 y el 70% de la roca original termina como producto acabado. El resto, que incluye rocas que no se ajustan a los criterios de calidad requeridos, los estratos sin propiedades ornamentales o, incluso, los residuos producidos en los trabajos de corte, se utilizan en el sector de la construcción para la preparación de bloques artificiales o la fabricación de áridos o en el de los minerales industriales. En el peor de los casos terminan en vertederos.

Biodiversidad

La explotación de una cantera puede suponer la eliminación o la perturbación temporal del hábitat original previo a la explotación. En algunas ocasiones, como consecuencia de las transformaciones del medio se generan nuevos biotopos espontáneamente, aunque lo más habitual es que se haga necesario el desarrollo de proyectos de restauración paisajística que intenten aproximarse, en la medida de lo posible, a las condiciones preexistentes y posibiliten la regeneración del espacio.

>> 1.6. Experiencias de éxito relevantes para el sector

Las medidas ecoeficientes recogidas en las experiencias de éxito están enfocadas a reducir el consumo de agua y a minimizar los efectos en el medio derivados de la actividad, en especial, la valorización de los residuos de inertes generados y la restauración paisajística de los terrenos afectados por las explotaciones.

1.6.1. Empleo de los residuos de extracción de roca ornamental como áridos

La explotación en cantera del mármol presenta un ratio de aprovechamiento de alrededor del 20%, lo que supone la generación de una gran cantidad de residuos pétreos (el 80% del total extraído) que por sus características no son aprovechables, o lo son -en todo caso- como materia prima para áridos.

Antecedentes

Estas grandes cantidades de residuos presentan una afección medioambiental de considerable magnitud, pues plantean la necesidad de disponer de vertederos adecuados para su depósito de dichos residuos y pueden suponer la afectación de terrenos colindantes y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, entre otros impactos.

Una de las posibilidades de minimización de los residuos generados en las explotaciones pasa a veces por su depósito temporal en vertederos para su posterior reutilización y aprovechamiento.

En la actualidad, la principal vía de aprovechamiento de este tipo de estériles es fundamentalmente su empleo en la obra pública. Algunas de las aplicaciones posibles son los rellenos y terraplenes, las obras de carreteras y diques de presas, la fabricación de productos de mármol técnicamente reconstituido, de áridos, de cemento y cales, y de terrazo y mármol artificial.

Descripción del proyecto

Antes de su reutilización, estos residuos han de ser sometidos a un tratamiento previo. Para ello se emplea una planta de trituración (machaqueo) donde los residuos son fragmentados.

La empresa Triturados Reylo, S.A., localizada en el término municipal de Cehegín (Murcia) aplica esta tecnología en sus instalaciones.

La alternativa de tratamiento más viable técnica, económica y medioambientalmente de los residuos de extracción es su machaqueo en planta de trituración.

Las escombreras donde se depositan los residuos, son reducidas por una retro con martillo hidráulico rompedor. El material resultante, llamado "todo-uno", se carga en camiones y se transporta al alimentador de la machacadora de la planta de triturados para el proceso de tratamiento y posterior clasificación. Los costes de este transporte condicionan en gran medida la rentabilidad y la viabilidad del aprovechamiento de estos residuos.

El "todo-uno" procedente del frente de la extracción se vierte en la tolva de recepción, de la que se extrae mediante un alimentador que lo vierte a un precribador. Dicho precribador separa una cierta granulometría de menudos, de tal forma que se consigue segregar los materiales no aptos o subproductos y los materiales de granulometría adecuada que no precisan de trituración primaria y que posteriormente se integran al circuito general. Los subproductos y los no aptos se disponen para su comercialización o tratamiento especial. Todos estos procesos se realizan por vía húmeda para evitar la formación de polvo. Las partes rechazadas por el precribador caen directamente al triturado primario.

Tras la fragmentación, el material es recogido por el transportador primario y conducido a un gran acopio primario, generalmente dispuesto en montón sobre el suelo. Este material es extraído posteriormente para alimentar los grupos de trituración y clasificación hasta obtener las granulometrías finales.

Finalmente se realizan las operaciones de carga del producto final a los camiones de los clientes, ya sea desde los propios silos o por medio de palas.

Beneficios del proyecto

El desarrollo de un sistema de tratamiento que permite la recuperación de los residuos de la industria del mármol, posibilita la obtención de importantes ventajas tecnológicas y medioambientales. Las más destacables son:

- ▶ Recuperación y minimización de los residuos de mármol generados en los procesos de extracción
- ▶ Transformación, mediante machaqueo por vía húmeda, de los residuos en otros productos de distinta granulometría, para su aplicación en obras públicas

Para más información sobre esta experiencia de éxito consultar:

www.oficemen.com/IFUusuarios/pdfs/GPMAIE3.pdf,

<http://www.geoscopio.com/escaparete/vepagina.cgi?idpagina=694&refcompra=NULO> y la "Guía de Buenas Prácticas Medioambientales en la Industria Extractiva Europea: Aplicación al caso español". Dirección General de Política Energética y Minas. Ministerio de Economía. 2002.

1.6.2. Restauración de un ecosistema mediterráneo.

La cantera de Artimes (Grecia), dedicada a la explotación de piedra caliza, está situada en un entorno natural y paisajístico de tipo mediterráneo. Por su valor natural y ser una zona de alto atractivo turístico, se tuvo especial cuidado en el diseño y ejecución del plan de restauración, a fin de preservar el ecosistema y restituir el paisaje original.

Características del proyecto

Para ello, se transportaron, en primer lugar, 400.000 toneladas de materiales inertes hasta las proximidades de la planta de tratamiento, para formar unos montículos de entre 10 y 12 metros de altura y unos 1.500 metros de longitud. Dichos montículos se recubrieron de tierra fértil y, sobre ellos, se efectuó una plantación de especies arbóreas (acacias, eucaliptos, etc.). Estas barreras vegetales fueron erigidas para proteger el entorno más próximo contra el ruido y como medida de mejora de la calidad paisajística de la explotación.

La técnica de extracción de la cantera, a cielo abierto, generaba frentes de arranque con bancos de unos 10 metros de altura y 6,5 metros de profundidad. La excavación cerca de la superficie topográfica se realizaba por medio de dispositivos mecánicos, sin voladuras, para evitar las perturbaciones que pudieran producirse en los suelos y en las zonas de plantaciones.

Los suelos más superficiales, previamente retirados para permitir el acceso a los yacimientos de caliza, se han reutilizado y se disponen a lo largo de los frentes escarpados para formar pendientes más suaves y propicias al tránsito de las aguas de escorrentía y a su retención al pie de los frentes.

Asimismo, se instaló un vivero, con una capacidad de producción de 40.000 a 50.000 plantas al año, con objeto de revegetar los nuevos frentes recubiertos de suelos. Se instaló un sistema de riego automático en estos frentes plantados y se procedió a la fertilización del terreno. Las plantas fueron entutoradas durante un periodo de 4 años.

Principales logros

La variedad de especies empleadas en la revegetación así como el empleo de suelos autóctonos ha permitido que la plantación se haya desarrollado con éxito y la recuperación de la biodiversidad local, pudiendo contabilizarse más de 11 especies vegetales, 6 variedades específicas de flores y 15 especies de aves y animales terrestres.

Para más información sobre esta experiencia de éxito consulta:
 "Guía de Buenas Prácticas Medioambientales en la Industria Extractiva Europea: Aplicación al caso español". Dirección General de Política Energética y Minas. Ministerio de Economía. 2002.

1.6.3. Suministro de caliza a una unidad de desulfuración húmeda de una central térmica de carbón

El proyecto de elaboración de una Guía Técnica para el suministro de caliza a la unidad de desulfuración de una central térmica convencional de carbón se ha desarrollado en la comarca del mármol almeriense. Financiado con fondos europeos FEDER, tuvo una duración de dos años (1999-2001) y en él participaron el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla, el Departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Almería, CLARIANACAR y ENDESA (Central Térmica Litoral de Almería).

Este proyecto se centra en el análisis de los procesos de desulfuración por vía húmeda, que son los más usados actualmente. En concreto, plantea una modificación del proceso clásico de lechada de caliza, mediante el uso de agua de mar y de productos residuales con alto contenido en caliza.

La potencial utilización de los residuos del mármol como materia prima para la producción de caliza es del máximo interés habida cuenta del valor añadido que adquirirían, así como de su impacto en el coste de operación en una unidad industrial. Se pretende elaborar unos procedimientos que optimicen la producción de caliza y su control. Además, se proporcionará al operador de planta una serie de criterios fiables y particularizados para la selección de la caliza óptima.

Objetivos del proyecto

Los principales objetivos del proyecto son:

- Desarrollar una Guía Técnica que describa la metodología de producción de caliza, teniendo en cuenta su uso posterior en una unidad de desulfuración industrial.
- Optimización del funcionamiento de la unidad de desulfuración húmeda de la Central Térmica Litoral de Almería.
- Creación y dotación de un centro independiente vinculado a la Universidad de Almería para el control de la calidad de suministros de caliza.
- Reducción del impacto ambiental originado por el sector de la piedra natural en la Comarca del Mármol Almeriense, mediante recuperación y valorización de residuos.

Principales actuaciones realizadas

Dentro del proyecto las actividades que se han realizado son las siguientes:

- Caracterización de residuos y calizas. La Universidad de Almería fue la encargada de desarrollar esta tarea.
- Elaboración de una Guía Técnica para el suministro de caliza a la unidad de desulfuración de la Central Térmica Litoral de Almería (CTLA).
- Realización de ensayos de reactividad en una planta piloto, que sea representativa del funcionamiento básico de la unidad industrial. Esta planta se desarrolló en las instalaciones del departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla.
- Caracterización del funcionamiento de la Planta de desulfuración de CTLA. Desarrollo de un modelo empírico.

Resultados obtenidos

El proyecto se ha llevado a cabo con éxito y cumplió sobradamente sus objetivos iniciales, que eran el desarrollo de procedimientos y métodos de ensayo capaces de determinar el comportamiento de absorbentes cálcicos en una unidad de desulfuración industrial, la elaboración de procedimientos de cálculo técnico-económico de unidades de desulfuración en función del tipo de absorbente empleado y la caracterización y ensayo de diferentes tipos de absorbentes residuales de la industria del mármol, procedentes concretamente de Almería.

Desde un punto de vista práctico, esos tres objetivos se han traducido en:

- Una planta piloto de desulfuración por vía húmeda, con tamaño semi-industrial y todos los sistemas auxiliares y de monitorización y control necesarios para realizar el ensayo, en condiciones reales, de cualquier tipo de absorbente, ubicada en las instalaciones de la Escuela de Ingenieros de Sevilla.
- Una aplicación informática que determina el efecto, sobre el rendimiento y el coste de operación de una central térmica, del empleo de absorbentes de diferentes características.
- La caracterización y ensayo en la planta piloto de diversos residuos de la industria del mármol.

En la actualidad, y tras la finalización del proyecto, la planta piloto resultante está siendo empleada para el ensayo de absorbentes alternativos a los de diseño de plantas de desulfuración, de procedencia diversa, a través de proyectos de I+D de financiación privada.

Para más información sobre esta experiencia de éxito consultar:
<http://www.esi2.us.es/IQA/proy/lides.htm> y
http://investigacion.us.es/sisius/sis_showpub.php?idpers=3092

>> 1.7. Proyecto de implantación de una mejora de ecoeficiencia en Murcia: el caso Crema Sierra Puerta



Crema Sierra Puerta, S.L. es una empresa dedicada a la extracción de mármol para su posterior tratamiento y venta como piedra ornamental. Además de la cantera cuenta con un taller propio donde se somete la piedra a tratamiento para su venta con carácter ornamental.

El centro de producción, con una plantilla de 43 empleados, se localiza en el término municipal de Cehegín, provincia de Murcia y ocupa una extensión de 6.200 m². La producción anual de piedra asciende a 350.000 m²/año.

La empresa cuenta con un sistema de calidad certificado según norma ISO 9001:2000.

En una cantera a cielo abierto típica de mármol, el ciclo de producción consiste en el corte y manipulación de bloques de roca, de volumen cada vez más reducido, hasta alcanzar los tamaños comerciales que requiere la industria de elaboración y transformación.

El ciclo comienza con la independización primaria del macizo rocoso en un gran bloque, con forma y dimensiones que facilite la labor de los equipos de corte y carga. Este bloque primario es sometido a subdivisiones, hasta obtener una serie de bloques secundarios manejables, para su escuadrado y obtención de tamaños requeridos por la industria manipuladora.

Las principales operaciones dentro del ciclo básico de operación son las siguientes:

a) Apertura del banco de explotación.

Las explotaciones a cielo abierto se llevan a cabo por banqueo descendente. Antes de comenzar la fase de producción, es preciso retirar la capa de material de recubrimiento mediante el uso de excavadora o pala. Las rocas alteradas de la superficie se extraen seguidamente mediante la perforación y voladura, para la separación del macizo del gran bloque, cuyo volumen medio oscila alrededor de los 150 m³, abriéndose las caras laterales mediante el uso de hilo diamantado o por perforación.

Proceso de extracción

b) Corte horizontal con rozadoras de brazo.

Consiste en la separación primaria del macizo rocoso de un bloque de unas dimensiones aproximadas de 8,00 x 1,60 x longitud de la bancada. Esta operación se realiza mediante la utilización de rozadoras de cadena, mediante una espada de dimensiones aproximadas de 3,20 m de longitud. La velocidad de corte puede alcanzar los 10 m²/h, requiriendo un caudal de agua de 10 l/m, para refrigerar la cadena y al mismo tiempo eliminar los detritus producidos por el corte.

c) Perforación con barrenos verticales.

Se utilizan perforaciones laterales y traseros para introducir el hilo diamantado y así realizar los cortes.

d) Cortes verticales con hilo diamantado.

El hilo diamantado pasa a través de las perforaciones y es guiado por medio de poleas motrices. El resultado es el corte de la superficie de roca delimitada por las dos perforaciones realizadas.

El hilo diamantado, está formado por un cable trenzado de hilos de acero, de 5 mm de diámetro, sobre el cual están insertados varios anillos diamantados, denominados perlinas, con un diámetro de entre 10 y 11 mm y separados entre ellos por muelles. La velocidad de corte es de 8 a 15 m²/hora, requiriendo un caudal de agua de 20 l/m, para refrigerar los hilos de corte y al mismo tiempo eliminar los detritus producidos durante el corte.

e) Vuelco del bloque primario.

A continuación se procede al vuelco del bloque primario sobre el piso de la cantera, donde se dispone de un lecho de tierra que amortigua la caída, mediante empujadores hidráulicos o una pala con implemento de empuje, para llevar a cabo la subdivisión secundaria del bloque.

f) Preparación de bloques secundarios.

Para los cortes secundarios se suele emplear martillos perforadores y cuñas, o también, aunque menos usual mediante un pequeño equipo de hilo diamantado, obteniéndose los bloques con las dimensiones comerciales, sin necesidad de escuadrado. Los equipos de perforación están constituidos por uno o varios martillos neumáticos.

g) Vertido a escombreras.

Los materiales estériles producidos en la explotación son depositados en escombrera. El procedimiento de vertido se suele realizar mediante volquete, y auxiliado por palas para el empuje de los materiales. Estas escombreras suelen ser de tipo permanente, aunque ocasionalmente pueden ser retiradas en función del aprovechamiento de la explotación.

h) Actividades auxiliares.

Una actividad ligada a las canteras es el mantenimiento de la maquinaria. Para ello las explotaciones suelen contar con una nave de trabajo, donde se realiza el mantenimiento y reparación de la maquinaria de cantera, que incluyen una serie de operaciones tales como: cambio de aceite, cambio de baterías, limpieza de motores, cambio de líquidos de freno, reparación mecánica y sustitución de piezas.

Uno de los principales problemas medioambientales detectados en el proceso de extracción de mármol en cantera a cielo abierto es el elevado volumen de residuos de inertes generados, al aprovecharse únicamente un 20% del material extraído. Dichos residuos se componen básicamente de:

- ▶ Cobertura vegetal: suelo de naturaleza orgánica que se almacena en escombreras próximas a la cantera y que se reutiliza en la operación de restauración paisajística de la zona de cantera una vez finalizada su vida útil.
- ▶ Materiales pétreos: Materiales que por sus dimensiones o sus características físicas no pueden emplearse en el proceso de transformación aunque es una magnífica materia prima para áridos de construcción.

Mediante la instalación del equipo de machaqueo se consigue uniformizar el residuo pétreo y destinarlo como áridos para la construcción.

Principales aspectos medioambientales del nuevo proceso

- ▶ Efluentes con partículas sólidas disueltas: proceden del agua de recuperación de los equipos de corte. En este caso el agua de refrigeración de los equipos de corte se recoge en un pozo donde se produce la sedimentación de partículas finas reutilizándose el agua para las operaciones de refrigeración de maquinaria y riego de la plataforma de frente de cantera, por lo que éste tipo de residuo se encuentra gestionado correctamente.

El proyecto de ecoeficiencia propuesto se centra en la valorización de los residuos pétreos generados en la explotación, empleando para ello un equipo de machaqueo.

Los aspectos medioambientales derivados de la instalación de la planta de machaqueo se resumen en:

- Consumo de energía eléctrica: Con la instalación del equipo se produce un incremento del consumo de energía eléctrica estimado en 237.500 kWh.
- Generación de residuos pétreos: Tras el machaqueo de los residuos, el 40% se vende a fábricas de áridos de construcción localizadas en áreas próximas a la cantera. El 60% restante se deposita en el vertedero de inertes de la propia cantera.

Evolución de los indicadores de ecoeficiencia

Una vez implantada la mejor propuesta, la empresa Crema Sierra Puerta obtendría los siguientes indicadores:

Datos tras la implantación de la empresa

Indicador	Unidad	Valor
Coste energía eléctrica	€/kWh	0,08
Consumo de electricidad	kWh/año	237.500
Coste anual energía eléctrica	€	19.000
Valor producto terminado procedente del machaqueo	€/t	0,75
Producción anual de residuos inertes	t/año	130.664
Coste horario oficial 1º	€/h	8,11
Residuos inertes pétreos tratados	t/año	130.664
Residuos inertes pétreos tratados y valorizados	t/año	52.265
Residuos inertes pétreos tratados y depositados en vertedero	t/año	78.398

La solución adoptada provoca las siguientes modificaciones en los indicadores de ecoeficiencia del nuevo proceso:

Comparativa de Indicadores de ecoeficiencia

Indicador	Unidades	CSP (antes de mejora)	CSP (después de mejora)
Porcentaje de residuos inertes pétreos tratados	%	0	100
Porcentaje de residuos inertes pétreos tratados y valorizados	%	0	40
Porcentaje de residuos inertes pétreos depositados en vertederos	%	100	60
Consumo de electricidad	kWh/año	17.000	254.500

Justificación económica

El equipo de machaqueo se ha diseñado para tratar un total de 400.000 t/año, dado que puede recibir residuos generados en otras canteras próximas.

Atendiendo al análisis económico efectuado, la inversión inicial necesaria para implantar el equipo de machaqueo es de 355.514,68 €. Los gastos de mantenimiento anual previstos ascienden a 6.980 €. Se han contemplado asimismo unos gastos de explotación y de personal que alcanzan los 19.000 y 33.737,6 € anuales respectivamente. Los gastos globales anuales ascienden por tanto a 59.717,6 €.

Por otro lado, la venta del 40% de los residuos pétreos tratados arroja una ingresos de 120.000 € anuales.

Los criterios aplicados para valorar la rentabilidad de la inversión han sido el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR). Se ha considerado a su vez un interés bancario del 5% (constante a lo largo del tiempo) para comparar las ganancias que el dinero invertido generaría con dicho tipo de interés.

El valor obtenido para el VAN ha sido de 74.672 (para un 5% de interés y un "flujo de caja" de 60.282,4 €). Asimismo, la Tasa Interna de Rentabilidad resultante de los cálculos realizados es del 8,57%, superior al tipo de interés bancario considerado. Por tanto, se considera que la inversión es económicamente rentable.

El tiempo en que se recuperaría el desembolso inicial (Periodo de Retorno de la Inversión) para la nueva instalación es de 6,84 años.

Conclusiones

En resumen se pueden destacar las principales mejoras derivadas de la aplicación de esta actuación:

- Se consigue una valorización de 160.000 toneladas de residuos pétreos al año, evitando su acopio en vertedero
- El tratamiento del resto de residuos pétreos producidos anualmente (240.000 toneladas) facilita notablemente su gestión final, transporte y depósito en vertedero. Asimismo, prolonga la vida útil del vertedero al disminuir los volúmenes y cantidades depositadas.
- Disminución de los costes de gestión de los residuos pétreos.
- Obtención de unos beneficios económicos anuales del orden de 59.000 euros, gracias a la venta del 40% de los residuos tratados.

Como se puede apreciar la incorporación de esta medida en la empresa no sólo le reporta ventajas medioambientales sino también ventajas económicas, por lo que cumpliría con las premisas necesarias para valorar un proyecto como ecoeficiente.

2<

Referentes para la calidad ambiental y
la ecoeficiencia del Sector de
la Construcción en Murcia

Talleres de corte, aserrado y pulido de piedra ornamental



>> 2.1. Introducción al sector

En España el sector de la piedra natural está fundamentado en la extracción de la piedra y en su transformación y elaboración.

Los bloques de piedra, una vez extraídos y seleccionados, son trasladados a las plantas de elaboración para el corte, la preparación y la elaboración propiamente dicha del material. Esta segunda fase del proceso se ha constituido en un pilar fundamental en la evolución del sector en nuestro país, pues si hace unos años la industria era fundamentalmente extractora tiene, en la actualidad, el valor añadido de la elaboración.

La industria encargada de la extracción y producción del material para su comercialización se encuentra localizada en puntos concretos de la geografía nacional; estos núcleos están concentrados en las zonas donde se encuentran los yacimientos de piedra natural, distribuidos en las diferentes Comunidades Autónomas. El desarrollo de la actividad precisa de la proximidad de las canteras a las plantas elaboradoras.

Se ha producido una evolución en el sector tanto en el aspecto tecnológico como en la preocupación de las empresas por ofrecer un producto competitivo. Con los nuevos sistemas productivos y la moderna maquinaria adaptada a éstos se ha conseguido que la industria de la piedra natural dedique parte de su esfuerzo a ofrecer al mercado nacional e internacional el material que demanda, ya sean nuevos acabados o nuevas aplicaciones constructivas.

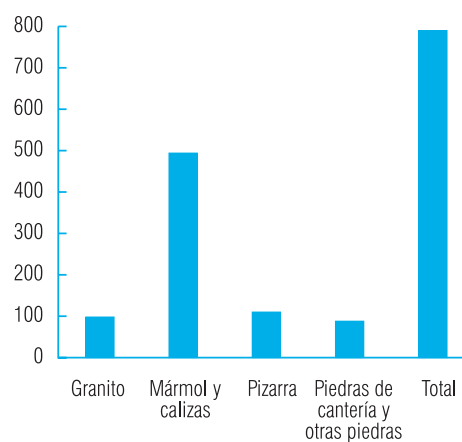
De otro lado debe señalarse la existencia de un conjunto de empresas marmolistas que se abastecen de la industria transformadora de piedra natural y que agrupan en sus actividades a miles de empresas de pequeño tamaño.

Tras la extracción de los recursos en canteras se desarrolla el proceso de elaboración de la piedra natural. De los datos obtenidos en el Informe del Sector 2002 (FEP), se puede concretar en una cifra de 790 el número de fábricas que elaboran piedra natural, correspondiendo el 62% a la transformación de mármol y calizas.

El promedio de trabajadores empleados en cada una de ellas asciende a 44. Esta cifra es variable en función de la Asociación que se considere. La Asociación Provincial de Empresarios del Mármol de Almería tiene una media de 22 trabajadores, en tanto que la Federación Española de la Pizarra cuenta con unos 47 trabajadores por fábrica.

El 62% de las fábricas de elaboración de piedra natural se dedica a la transformación de mármol y calizas

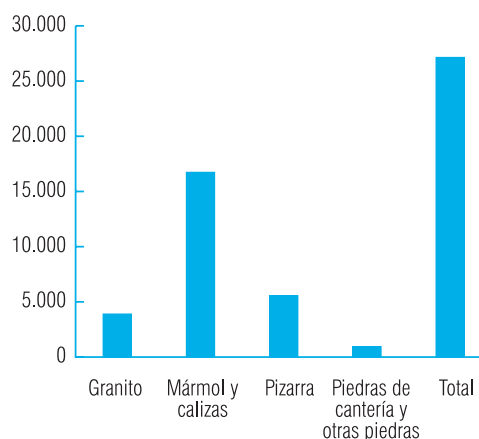
Nº de fábricas por recursos



Fuente: Informe del Sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

Este sector tiene una gran importancia, ya que emplea a 27.145 trabajadores (esta cifra no incluye los trabajadores que se encuadran en empresas de la Asociación de la Piedra de la Comunidad de Madrid), que según el tipo de recurso se distribuyen de la siguiente manera:

Nº de trabajadores en fábrica



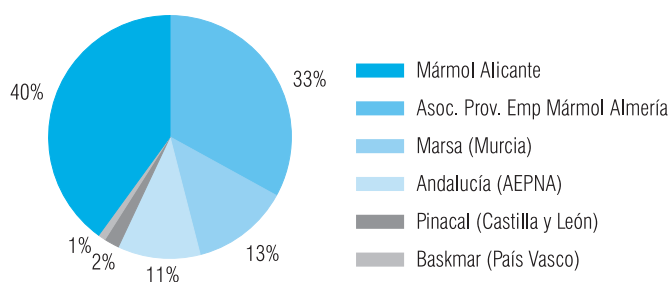
Fuente: Informe del Sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

Como se observa, es la elaboración de mármol y calizas la que emplea la mayor parte de trabajadores, ya que en este recurso trabajan 16.738 trabajadores, lo que representa el 62% del empleo total.

Mármol y calizas

La elaboración de mármol y calizas alcanzó en el año 2002 la cifra total de 53.559.800 m², un 3,7% más que en el año 2001. La distribución de esta elaboración total responde a la siguiente representación:

Elaboración mármol y calizas (Total 53.559.800 m²)



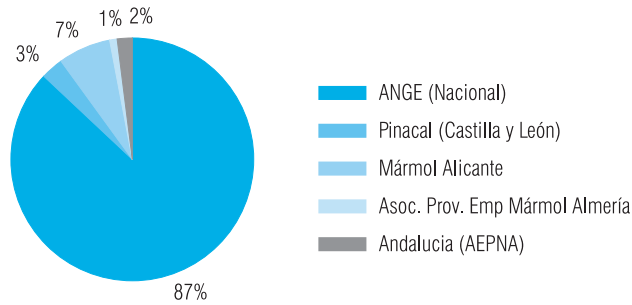
Fuente: Informe del Sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

	Producción Interior (m ²)	Producción Exterior (m ²)
Mármol de Alicante. Asociación de la Comunidad Valenciana	22.000.000	-
Asociación Provincial de Empresarios del Mármol de Almería	17.745.000	-
Asociación de Empresas de la Piedra Natural de Andalucía (AEPNA)	5.779.800	-
Asociación de Empresarios del Mármol y la Piedra de la región de Murcia (MARSa)	6.750.000	-
Asociación de Productores de Piedra Natural de Castilla y León (PINACAL)	886.000	-
Asociación de Empresas de Rocas Ornamentales del País Vasco (BASKMAR)	399.000	63.000
Total mármol y calizas	53.559.800	63.000

Granito

En el año 2002 se elaboraron 26.797.000 m² de granito, lo que representa una disminución del 0,67% respecto de las producciones del año anterior que totalizaron 26.978.020 m².

Elaboración granito (Total 26.797.000 m²)



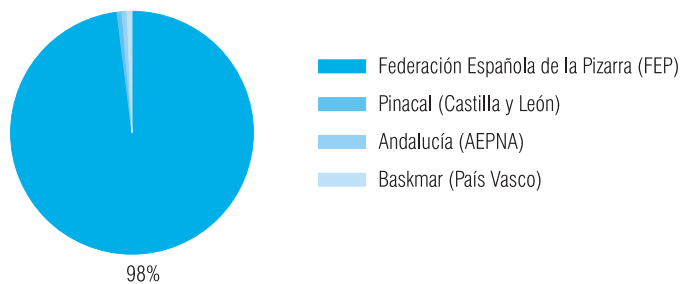
Fuente: Informe del Sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

	Producción Interior (m ²)	Producción Exterior (m ²)
Asociación Nacional de Graniteros Españoles (ANGE)	23.150.000	-
Mármol de Alicante. Asociación de la Comunidad Valenciana	2.000.000	-
Asociación de Empresas de la Piedra Natural de Andalucía (AEPNA)	632.000	-
Asociación de Productores de Piedra Natural de Castilla y León (PINACAL)	625.000	110.000
Asociación Provincial de Empresarios del Mármol de Almería	200.000	80.000
Total granito	26.607.000	190.000

Pizarra

La elaboración total de pizarra durante el 2002 se sitúa en magnitudes del mismo orden que las correspondientes al año anterior pues se han producido 762.090 toneladas frente a las 786.925 toneladas del año 2001. Ello representa, en cuanto a producción interior se refiere, una disminución del 3,2%.

Elaboración pizarra (Total 762.090 Toneladas)



Fuente: Informe del Sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

	Producción Interior (t)	Producción Exterior (t)
Federación Española de la Pizarra (FEP)	750.000	-
Asociación de Productores de Piedra Natural de Castilla y León (PINACAL)	5.000	-
Asociación de Empresas de la Piedra Natural de Andalucía (AEPNA)	5.200	-
Asociación de Empresas de Rocas Ornamentales del País Vasco (BASKMAR)	1.890	-
Total pizarra	762.090	-

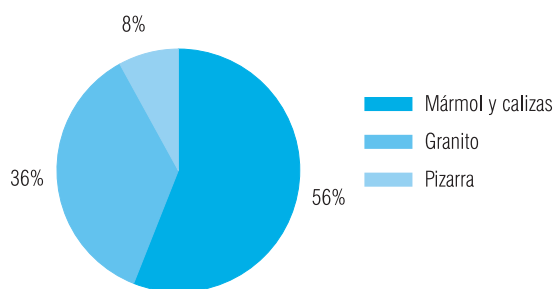
Piedras de cantería

La elaboración de piedras de cantería alcanzó un valor total de 740.000 m² producidas por empresas de la Asociación de Productores de Piedra Natural de Castilla y León (PINACAL).

Durante el año 2002 la facturación del sector de la piedra natural ascendió a 3.711,194 millones de euros:

Facturación del año 2002 (miles de euros)	
Granito	
Asociación de la Piedra de la Comunidad de Madrid (APCM)	21.000
Asociación Nacional de Graniteros Españoles (ANGE)	1.280.610
Asociación Canteiras de Galicia	46.280
Total	1.347.890
Pizarra	
Federación Española de la Pizarra (FEP)	300.000
Total	300.000
Mármol, calizas, areniscas y otras	
Mármol de Alicante. Asociación de la Comunidad Valenciana	691.164
Asociación Provincial de Empresarios del Mármol de Almería	540.910
Asociación de Productores de Piedra Natural de Castilla y León (PINACAL)	216.364
Federación Catalana de la Piedra (FCP)	240.000
Asociación de empresarios del Mármol y de la Piedra de la Región de Murcia (MARSAR)	220.000
Asociación de Empresas de la Piedra Natural de Andalucía (AEPNA)	127.896
Asociación de Empresas del Sector de Rocas Ornamentales del País Vasco (BASKMAR)	31.553
Asociación de Empresas de Extracción, elaboración, Comercialización y Afines de Aragón (ROCARAGÓN)	5.237
Total	2.073.124
Total facturación	3.721.014

Participación de cada piedra en la facturación (Total 3.721.014 miles de euros)



Fuente: Informe del Sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

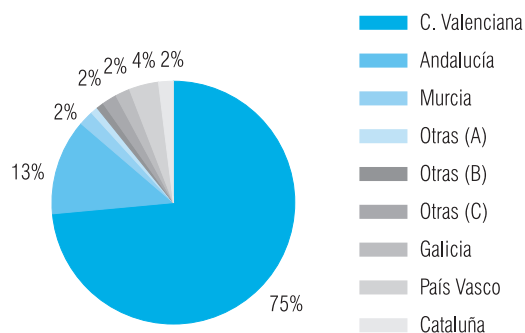
Los mayores volúmenes de facturación corresponden a las empresas productoras y elaboradoras de mármol y calizas con un total de 2.073,124 millones de euros, que representan el 56% del total facturado por el sector de la piedra natural.

Por su parte la facturación del granito ha descendido desde valores de 1.349 millones de euros en el pasado año hasta valores de 1.338,07 millones de euros en el año 2002 (descenso del 0,81%), con lo que su peso relativo en este año 2002 es del 36%.

En tercer lugar, en cuanto a su contribución a la facturación total, se encuentran las empresas que trabajan con pizarra cuya facturación total ha supuesto 360 millones de euros en el año 2002, lo que supone un descenso del 16,7% respecto al año 2001. Su peso relativo en la facturación total del sector de la piedra natural es del 8%.

Por lo que se refiere a las exportaciones de mármol elaborado, las mayores exportaciones se producen desde la Comunidad Valenciana (61%) y Andalucía (21%):

Exportación de Comunidades Autónomas mármol elaborado. Año 2002 (Total 267.895)



Otras (A): Asturias, La Rioja, Ceuta y Melilla. No han exportado mármol elaborado

Otras (B): Cantabria, Castilla y León, Baleares, Extremadura y Canarias: 1.174 t

Otras (C): Navarra, Aragón, Madrid y Castilla-La Mancha: 5.405 t

Fuente: Informe del Sector de la Piedra Natural 2002. Federación Española de la Piedra Natural

Comunidad Autónoma	Año 2001 (t)	Año 2002 (t)	Variación (%) 2002/2001
Galicia	2.619	4.076	55,6
Asturias	63	0	-
Cantabria	0	21	-
País Vasco	10.054	10.539	4,8
Navarra	1.956	1.581	-19,2
Aragón	297	1.435	383,2
Cataluña	5.279	5.700	8
Castilla y León	142	513	261,3
La Rioja	0	0	-
Madrid	916	1.450	58,3
Castilla-La Mancha	1.528	939	-38,5
Comunidad Valenciana	189.449	199.417	5,3
Baleares	110	271	146,4
Extremadura	135	183	35,6
Andalucía	26.487	35.466	33,9
Murcia	10.584	6.118	-42,2
Canarias	43	186	332,6
Ceuta	0	0	-
Melilla	0	0	-

>> 2.2. El sector en Murcia

Según los datos recogidos por la Federación Española de la Piedra Natural, en el Informe del sector correspondiente al año 2002, el 13% del total nacional de la elaboración de mármol y calizas corresponde a MARSA (Asociación de Empresas del Mármol y de la Piedra de la Región de Murcia), con 6.750.000 m² de piedra elaborada.

Durante el año 2002, MARSA facturó 220 millones de euros.

En cuanto a las exportaciones, la Región de Murcia exportó 6.118 t de mármol elaborado durante el año 2002, lo que supuso un descenso del 42,2 % respecto al año anterior.

>> 2.3. Aspectos medio- ambientales asociados a los talleres de piedra ornamental

Los principales aspectos medioambientales asociados a las industrias dedicadas a la transformación de piedra ornamental, son los siguientes:

Ruido y vibraciones

Un aspecto relevante es el relativo a la generación de ruido, que puede llegar a ser molesto para los trabajadores, la población cercana y la fauna. Se generan ruidos de carácter permanente y ruidos de carácter intermitente. Los ruidos permanentes son poco importantes y menos habituales, proceden de las máquinas cargadoras, los captadores de polvo y las cintas transportadoras. Los ruidos intermitentes son más importantes y se producen principalmente en las canteras.

En los talleres de piedra no se producen las vibraciones más significativas de la empresa, ya que estas se generan en el momento de la voladura en las canteras.

Emisión de polvo y otras emisiones atmosféricas

El polvo se produce en distintas fases de las operaciones, en el momento de la carga, en el transporte y en las operaciones de aserrado de los bloques y elaboración. Las condiciones climáticas influyen en gran medida sobre el nivel de emisión y de dispersión de las partículas finas, generándose más polvo en un clima seco como el de la Región de Murcia que en las regiones húmedas y lluviosas.

En las operaciones de tratamiento superficial del mármol pueden producirse COV's. Los procesos de corte en húmedo reducen las emisiones de partículas.

Consumo de agua y generación de aguas residuales

Probablemente el mayor problema que se puede atribuir a las actividades de tratamiento de la piedra en el taller es el alto consumo de agua para la refrigeración en el proceso de corte. Las aguas utilizadas en proceso suelen ser reutilizadas tras ser sometidas a un espesamiento en el que se generan lodos con alto contenido en humedad y baja concentración de sólidos en suspensión. La gestión posterior de estos lodos puede provocar importantes impactos ambientales dado su elevado volumen y grado de humedad.

Generación de residuos

En los talleres se generan diversos tipos de residuos:

- ▶ Residuos pétreos: restos del material de entrada en taller que no son aptos para la elaboración de producto final, restos de operaciones de corte y material no conforme con las inspecciones de calidad del producto.
- ▶ Residuos asimilables a urbanos: papel, cartón, madera, palets, envases no contaminados, plásticos, etc.
- ▶ Residuos peligrosos: resinas, disolventes usados, aceites, restos de combustible, fluidos hidráulicos y lubricantes, baterías, filtros de aceite, trapos contaminados, envases contaminados con productos o residuos peligrosos, etc.
- ▶ Lodos de corte de piedra.

>> 2.4. Experiencias de éxito relevantes para el sector

Uno de los principales problemas de este tipo de procesos radica en el elevado consumo e agua

Las medidas ecoeficientes recogidas en las experiencias de éxito están enfocadas a reducir el consumo de agua, recuperar subproductos para su utilización en el proceso, reducir la generación de emisiones y residuos y, en menor medida, a sensibilizar medioambientalmente a los trabajadores.

2.4.1. Gestión del agua de proceso e tratamiento del mármol: Mármoles Torremar S.L.

La empresa MARMOLES TORREMAR, S.L., fundada en el año 1.979, se dedica a la extracción de mármol en cantera, elaboración de todo tipo de productos y acabados de mármoles para la construcción, y comercialización nacional e internacional.

MARMOLES TORREMAR, S.L. con sede en Cehegin (Murcia), es proveedor de las principales empresas constructoras del país, cubriendo también con su red comercial los mercados de Europa, Asia y América.

En su planta de elaboración de piedra marmórea, que posee una extensión de 50.000 m², la empresa ha puesto especial énfasis en la gestión medioambiental de los lodos procedentes de la depuración de aguas de proceso.

Las actuaciones para la adecuación medioambiental del sector del mármol, en relación con la gestión de este tipo de residuos, consisten básicamente en la instalación de filtros prensa en todas las plantas, en la recirculación del agua en circuito cerrado y en el acondicionamiento de balsas en las empresas. Además, es preciso disponer de un vertedero adecuado para el depósito de lodos y realizar acciones encaminadas a buscar mercado para la reutilización de estos lodos.

Para solucionar el problema del elevado consumo de agua se instaló un sistema de circuito cerrado con decantadores estáticos, en los que se consigue, con la ayuda de polímeros, reutilizar el agua de forma continua gracias a su poder de decantación y depuración de las aguas tratadas.

En este proceso, el principal contaminante del agua está formado por las partículas en suspensión procedentes del corte de la piedra y las aguas de lavado de la maquinaria.

Por ello, las medidas que se han adoptado pasan por aprovechar el agua pluvial y la implantación de sistemas de circuito cerrado que, una vez clarificadas, pueden volver a ser utilizadas como agua de proceso, medida que minimiza y racionaliza el elevado consumo de agua del sector.

El indicador de ecoeficiencia de la medida implantada es el consumo de agua:

Indicador	Unidad	Valor inicial	Valor final
Consumo de agua	l/min	8	6

Se consigue un ahorro de agua, al poder reutilizarse en las distintas etapas de la elaboración de mármoles, gracias a la instalación del circuito cerrado.

El menor consumo de agua conseguido también supone un ahorro en los costes económicos.

Para saber más sobre esta experiencia de éxito consultar www.oficemen.com y "Guía de Buenas Prácticas Medioambientales en la Industria Extractiva Europea: Aplicación al Caso Español" (C. Luaces Frades; Noviembre 2002)

2.4.2. Aprovechamiento de residuos de corte el mármol: AITEMIN

El proyecto está encuadrado dentro del esquema comunitario CRAFT (Proyectos de Cooperación para PYMES de la Comisión Europea) y en él participa de forma principal la empresa VISEMAR. El proyecto está coordinado por AITEMIN, que es la Asociación para la Investigación y Desarrollo Industrial de los Recursos Naturales, constituida en 1976.

Con este proyecto se pretendía solucionar el problema de los lodos originados en las plantas de elaboración de piedra natural, utilizándolos como un subproducto o materia prima en otros sectores industriales, y así establecer finalmente la base para una nueva industria de reciclaje.

También se esperaba eliminar la importante degradación ambiental producida en las extensas áreas de estas fábricas de piedra natural y aumentar el empleo, creando puestos de trabajo en las plantas de reciclaje.

Los países implicados en este proyecto fueron España (responsable de los estudios relativos a los residuos de mármol), Portugal (se ocupó de los residuos de granito) e Italia (encargada del resto de las piedras, como el basalto).

El proyecto se inició en enero de 1999, y tuvo una duración de 24 meses.

Se desarrollaron las siguientes actividades:

- ▶ Caracterización de los lodos.
- ▶ Estudio de las aplicaciones de reutilización.
- ▶ I+D de las tecnologías de reciclado.

Los trabajos de AITEMIN han ido encaminados hacia el estudio de la posible utilización de los residuos de mármol como sustituto del carbonato cálcico comercial. Para ello se han analizado varios tipos de lodos, tanto de mármoles unitarios como de mezclas, desde el punto de vista mineralógico, químico, granulométrico y de blancura, y se han estudiado sus posibles aplicaciones en sectores como los del cemento, la pintura, los plásticos y los polímeros, el papel, la cerámica y el vidrio.

Posteriormente se realizaron pruebas a escala semi-industrial, fabricándose 1.500 ladrillos de color salmón, con resultados positivos en cuanto al color obtenido y a las características tecnológicas del producto.

Una vez determinada la viabilidad técnica de esta aplicación, se estudiaron los requisitos necesarios en el tratamiento de los lodos, donde el problema fundamental a resolver era la eliminación de su alto contenido en humedad, trabajo que debía realizarse antes de su transporte. Según las pruebas realizadas, esta operación puede hacerse al aire libre, sin necesidad de utilizar secaderos industriales.

En conclusión, se ha comprobado que los lodos de mármol pueden utilizarse en la fabricación de ladrillos cara vista de color salmón, no siendo necesarias para su reutilización inversiones importantes. Esta aplicación puede suponer un consumo importante (25% de adición del lodo, dependiendo de la arcilla roja utilizada), lo que contribuye a resolver el problema medioambiental generado por dichos residuos.

El objetivo es utilizar, como subproductos, en otros sectores industriales, los lodos generados en plantas de elaboración de piedra natural

Indicadores de ecoeficiencia

Los indicadores de ecoeficiencia de las medidas desarrolladas en el proyecto son:

- ▶ Utilización de residuos de mármol como sustituto del carbonato cálcico.
- ▶ Utilización de lodos de mármol en la fabricación de ladrillos.

Con estas medidas se consigue solucionar el problema de los residuos originados en el proceso de corte de bloques de piedra natural, ya que se éstos se utilizan como un subproducto o materia prima.

Además, la utilización de residuos como un subproducto o materia prima reduce los costes de la empresa.

Desde el punto de vista técnico, las aplicaciones con más posibilidades resultaron darse en los sectores de fabricación de cementos, pinturas y materiales cerámicos.

En lo referente al mercado, se determinó que las mayores posibilidades de viabilidad económica se daban en la fabricación de productos cerámicos, por razones de precios, tratamientos previos necesarios en la materia prima, y regularidad en las características del suministro.

Para saber más sobre esta experiencia de éxito consultar www.aitemin.es

2.4.3. Procesado de residuos con el método de molienda seco: S.A. REVERTÉ

S.A. REVERTÉ PRODUCTOS MINERALES, empresa fundada en 1958, tiene su principal centro de producción en Castellet i La Gornal (Barcelona), donde produce carbonato de calcio micronizado, por vía húmeda, a partir de creta, mármol blanco y calcita. Posee una cantera de creta del Mioceno (cantera Clariana Blanc), cercana a la fábrica, con reservas para unos 25 años.

La fábrica tiene una capacidad total de 500 000 t/año, de las que el 30% corresponden a "slurries" ultra-micronizados por vía húmeda.

La implantación en las factorías de S.A. Reverté de un Sistema de Gestión Mediambiental aplicando la Norma ISO 14001, sus actuaciones en la minimización de los impactos ambientales, así como la monitorización y control on-line del nivel sónico y de la emisión de partículas, la han situado como líder en su sector en cuanto al cuidado y atención al medioambiente.

La producción de S.A. REVERTÉ PRODUCTOS MINERALES en el 2002 fue de 700.000 t. El 40% de su producción se exportó a más de 40 países, siendo el restante 60% destinado al consumo doméstico.

La explotación en cantera y la manipulación del mármol blanco presenta un ratio de aprovechamiento para la construcción que no sobrepasa el 30%, lo que da lugar a la generación de un notable volumen de residuos: por un lado, piedra generada en cantera que, por tamaño o fragmentación, no es aprovechable para construcción y, por otro lado, recortes de piedra producidos en los talleres, compuestos por una emulsión de agua y polvo con un porcentaje de sólidos de aproximadamente el 20%.

Al acumularse de forma incontrolada, los residuos sólidos y los lodos generados suponen un grave problema ambiental, por la contaminación de aguas freáticas y de los suelos

Desarrollo del proyecto

El proyecto, promovido por la Unión Europea dentro del Programa LIFE, consistió en el diseño de una unidad piloto para recuperar el residuo generado en el procesado del mármol: productos de desecho que se pueden clasificar fácilmente dependiendo de su estado, por ejemplo sólidos producidos en el corte del mármol en taller, y lodos de agua/mármol producido en el corte y pulido.

La nueva unidad desarrollada utiliza un método de molienda seco desarrollado por S.A. Reverté para procesar el residuo sólido y producir carbonatos de gran blancura, baja graduación y alta calidad, que pueden ser utilizados en las siguientes industrias: pintura, plásticos, cerámicas, cosmética y farmacéuticas.

En dicha unidad se desarrollan cinco operaciones de proceso básicas:

1. Molturación secundaria y secado.
2. Micronización por vía seca.
3. Ultramicronización por vía húmeda.
4. Extracción y carga de cisternas.
5. Ensacado-paletizado y envasado Big-Bags.

Los indicadores de ecoeficiencia utilizados son los siguientes:

- ▶ Residuos sólidos recuperados: Se recuperan aproximadamente 280.000 toneladas/año de residuo sólido.
- ▶ Mármol blanco de talleres de corte y pulido recuperado: Aproximadamente 64.000 toneladas.
- ▶ Lodo transformado en carbonato cálcico líquido para que pueda ser utilizado en la industria papelera para la producción de papel.

Se trata de la primera experiencia europea desarrollada para transformar los residuos líquidos y sólidos generados en el procesado del mármol en carbonato cálcico, para el que hay una demanda industrial considerable, consiguiendo al mismo tiempo una reducción del impacto medioambiental, al eliminarse el riesgo de contaminación de aguas y afección del suelo.

El desarrollo de esta unidad contó con una inversión de 1.246.914,84 b.

La contribución del Programa LIFE al proyecto fue de 374.074 b (17.59% de la inversión total).

Para saber más sobre esta experiencia de éxito consultar:
www.europa.eu.int/conm/environment/life

>> 2.5. Proyecto de implantación de una mejora de ecoeficiencia en Murcia: el caso Crema Sierra Puerta S.L.



Crema Sierra Puerta, S.L. es una empresa dedicada a la extracción de mármol para su posterior tratamiento y venta como piedra ornamental. Por lo tanto, la actividad de la empresa se concentra en la cantera de donde es extraída la materia prima.

Paralelamente, la empresa cuenta con taller propio dedicado al corte y pulido de piedra natural de mármol, con el que se obtiene material de solado de primera calidad.

El centro productivo de la empresa se localiza en Cehegín (Murcia), siendo el mismo para la cantera y el taller, abarcando una superficie de unos 6.200 m² y empleando a 43 personas.

La producción anual de piedra tratada de Crema Sierra Puerta, S.L. es de 350.000 m², siendo el volumen de ventas derivado de las actividades conjuntas de la cantera y el taller de 4.500.000 b.

Para el desarrollo adecuado y con calidad de la empresa, se ha implantado un sistema de gestión de la calidad según la norma ISO 9001:2000.

Las actividades de elaboración del mármol realizadas en Crema Sierra Puerta S.L. comprenden aquellas operaciones consistentes en transformar los bloques obtenidos en cantera, en tablas y piezas que tengan la forma, tamaño y acabado necesarios para su comercialización.

El mármol entra en los talleres en forma de bloques más o menos paralelepípedicos, con unas dimensiones de 1,6 x 1,6 x 2,2 m, iniciándose su elaboración en función de las características del bloque y de las dimensiones finales del producto acabado, básicamente tablas de 2 a 3 cm de espesor y plaquetas con unos tamaños usuales.

La tasa de aprovechamiento del taller de piedra alcanza un 60%. En el taller entran anualmente 32.666 t/año y se produce un total 350.000 m² de solado, que suponen 19.600 t de piedra tratada, siendo la densidad de 2,8 t/m³ y el tamaño de una losa estandar de 0,4 x 0,4 x 0,02 m.

Las principales operaciones que se realizan son las siguientes:

Almacenamiento de bloques

Los bloques recibidos se almacenan al aire libre en el parque de bloques, normalmente sobre una solera de hormigón.

Aserrado de bloques

La primera etapa de elaboración industrial del mármol consiste en cortar los bloques, bien en cor-tabloques para la obtención de bandas, bien en telares para la obtención de tablas.

Elaboración

Las tablas y bandas producidas constituyen un producto semitransformado, destinado a convertirse en un producto acabado mediante un proceso de elaboración en línea, conformado por una serie de tratamientos (superficiales) y elementos mecánicos.

El resultado final es la obtención de un producto acabado con unas dimensiones apropiadas para su comercialización. En esta elaboración los procesos empleados son:

- ▶ Reforzamiento: se emplea generalmente para mejorar las características físico-mecánicas de los materiales y de esta manera su fragilidad. Mediante la aplicación de distintos productos se realiza un reforzamiento del material.
- ▶ Calibrado del espesor: el espesor se selecciona en función del producto final.
- ▶ Enmasillado: se realiza la cubrición de la piedra con masilla.
- ▶ Pulido: una vez dividido el bloque en bandas, reforzadas adecuadamente, se procede a su desbaste, pulido y abrillantado para obtener superficies planas y lisas y adquirir su aspecto brillante característico.

En la tabla siguiente se recogen las características más relevantes de las etapas del proceso:

Aspecto Medioambiental		Características	Tratamiento actual	Observaciones
RESIDUOS	Recortes	Residuos inertes	Aprovechamiento para arena	La cantidad depende de la operación unitaria del proceso
	Envases de productos químicos	Residuos peligrosos	Gestor autorizado	
	Aceites, filtros usados, restos de fuel-oil, fluidos hidráulicos y lubricantes, trapos sucios.	Peligroso	Gestor autorizado	Operaciones de mantenimiento de maquinaria
	Lodos	Inerte	Vertedero o reutilización	Humedad (40-25%) en función del sistema de deshidratación
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	Emisiones	COV's	Ninguna	La cantidad depende del tipo de resina y el volumen de disolvente
	Ruido	Ruido maquinaria de corte	Aislamiento	
CONTAMINACIÓN HÍDRICA	Efluentes con detritus de coche	Alto contenido en sólidos en suspensión	Circuito cerrado	Elevado pH que provoca corrosión en maquinaria

Se observa que los dos puntos esenciales en la gestión del agua utilizada en el proceso son el elevado pH, que provoca corrosiones en las máquinas al ser reutilizada, y la baja concentración de los fangos producidos que son vertidos a cauce natural.

También debemos considerar la gestión del vertido de fangos sin deshidratar que, además de producir una pérdida potencial de agua, origina unos costes que pueden evaluarse a través del canon de vertido.

La mejora propuesta incluye dos actuaciones:

- ▶ Control del pH de las aguas de vertido.
- ▶ Deshidratación de lodos.

Control del pH de las aguas de vertido

El procedimiento propuesto tiene como finalidad principal el conseguir la precipitación, en el equipo de decantación existente, bajo forma de carbonatos, de la mayor cantidad de calcio disuelto mediante la disminución del pH del agua tratada.

El agente oxidante será un ácido débil que no plantee problemas posteriores en corrosión de maquinaria. Por ello se utiliza genéricamente en este tipo de procesos, el dióxido de carbono o gas carbónico frente a otros ácidos (clorhídrico, sulfúrico, acético, etc.).

Las reacciones principales son:

- ▶ Disolución de CO_2 en agua.
- ▶ Neutralización ácido-base.

Deshidratación de lodos

La operación de deshidratación de lodos tiene por objeto conseguir un grado de humedad en el lodo del orden del 35%-40% frente a una concentración del orden del 2,5-4% en la purga del decantador.

Para el tipo de lodo de origen mineral, pueden utilizarse dos procesos:

- ▶ Centrifugación: Se obtienen grados de sequedad del 30-35%. La operación y el mantenimiento de la máquina son sencillos. Únicamente presenta el problema de su elevado coste.
- ▶ Prensado: Se obtienen grados de humedad del 35-40% con una presión de trabajo de 6 atm. Presenta el problema de sustitución de membranas filtrantes, pero utilizando platos rígidos este inconveniente desaparece. El coste de instalación es 1/3 del de centrifugación.

Se ha previsto la instalación de un filtro prensa FPS 800 * 6 atm de 5 m de longitud, con 40 platos rígidos filtrantes, accionado por motor de 4,5 kWh de potencia.

Evolución de los indicadores de ecoeficiencia

En la siguiente tabla se muestran los indicadores de ecoeficiencia asociados a la mejora planteada, que pueden compararse con los calculados para el proceso actual:

Indicador	Unidades	CSP (antes de mejora)	CSP (después de mejora)
Utilización de agua	m ³ /año	2.534.400	2.534.400
Utilización específica de agua	m ³ /t de piedra tratada	129,3	129,3
Consumo de agua	m ³ /año	88.960	7.770
Consumo específico de agua	m ³ /t de piedra tratada	4,54	0,35
Consumo de energía	kWh/año	775.800	848.664
Consumo específico de energía	m ³ /t de piedra tratada	39,6	43,29
Cantidad de lodos generados	m ³ /año	91.666	10.476
Cantidad específica de lodos generados	m ³ /t de piedra tratada	4,67	0,53

Como puede apreciarse, mediante la deshidratación de los lodos se produce una disminución en el consumo de agua gracias a la recuperación del 7% del total del agua contenida en los mismos, suponiendo una purga de lodos del decantador del 20% y un aumento en la concentración de lodos del 35%.

También se elimina totalmente la necesidad del pago del canon de vertido.

Por otro lado, el lodo mineral deshidratado será mejor gestionado en su destino final al generarse un menor volumen y presentar una mayor facilidad de manejo.

Por el contrario, el consumo de energía eléctrica se ve aumentado al incorporarse los consumos añadidos del filtro prensa y del equipo de vaporización.

Justificación económica

La inversión necesaria para realizar la mejora propuesta asciende a 61.894,874 e (IVA incluido).

Para calcular los gastos anuales hay que tener en cuenta varias conceptos:

- ▶ Gastos de mantenimiento anual en equipos mecánicos de 840e/año.
- ▶ Gastos de personal asociados a la nueva instalación, que ascienden a 3.970,00 e/año.
- ▶ Gastos de explotación anual (consumo de energía eléctrica y CO₂) de 95.280 e/año.

Esto produce unos gastos anuales de 100.090 e/año.

La disminución en el consumo de agua conlleva unos ahorros económicos de 122.411,52 e/año, considerando el precio del m³ de agua y el canon de vertido.

La mejora proyectada supone un beneficio de explotación del orden de 22.300,00 e/año, mejorando además la vida útil de la maquinaria de proceso.

Los criterios aplicados para valorar la rentabilidad de la inversión han sido el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna Rentabilidad (TIR). Se ha considerado a su vez un interés bancario del 5% (constante a lo largo del tiempo) para comparar las ganancias que el dinero invertido generaría con dicho tipo de interés.

El valor obtenido para el VAN ha sido de 33.091; su valor positivo refleja la viabilidad de la inversión.

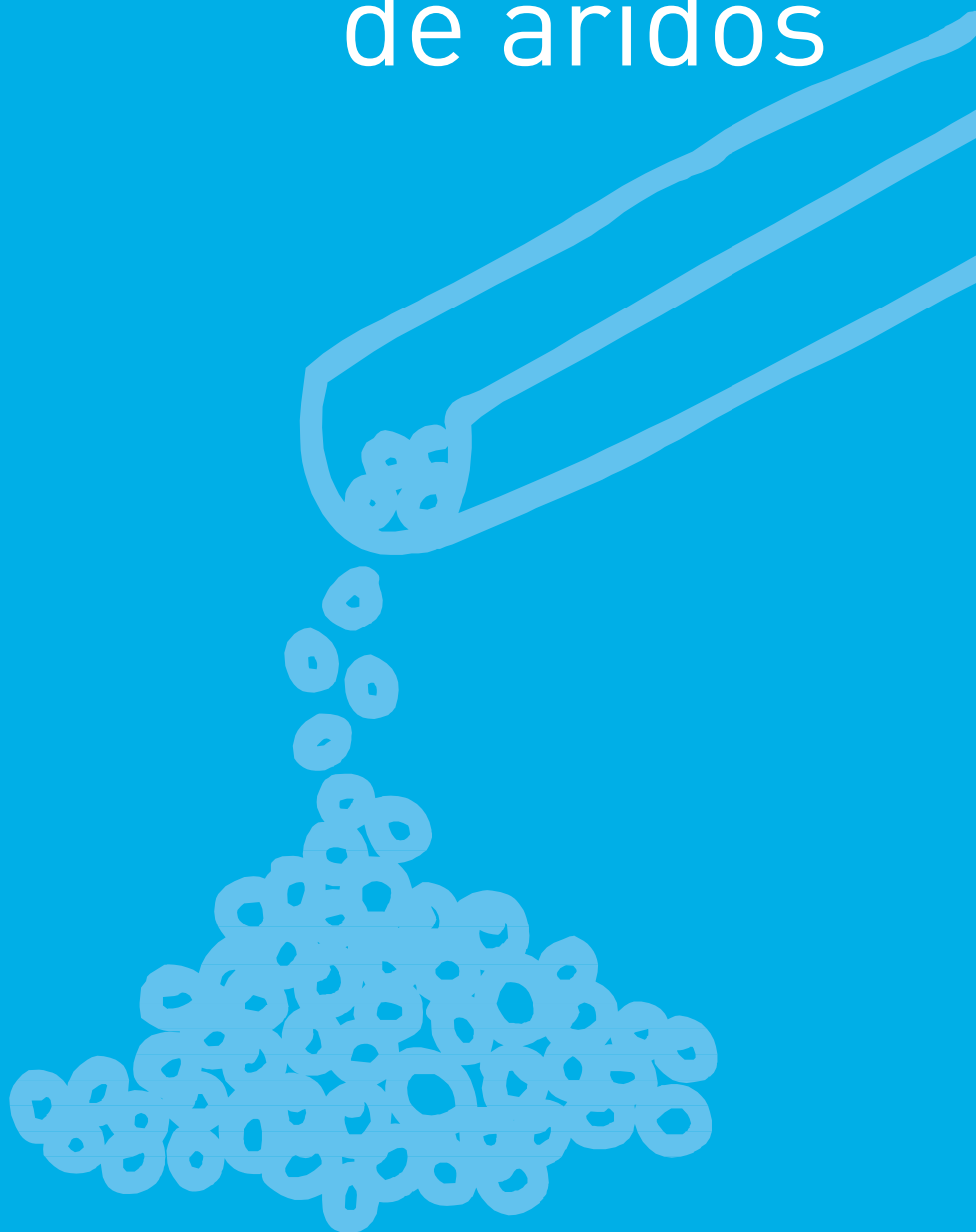
Los cálculos arrojan una la Tasa Interna de Rentabilidad del 23,52%. Como se ha supuesto un interés del 5%, indica que la inversión produce un interés muy superior al que se obtendría en cualquier entidad financiera, y por tanto, la inversión es rentable.

El tiempo en que se recuperaría la inversión realizada (Periodo de Retorno de la Inversión) para instalar el sistema de recuperación de agua de proceso y tratamiento de lodos es de 2,77 años.

3 <

Referentes para la calidad ambiental y
la ecoeficiencia del Sector de
la Construcción en Murcia

Fabricación de áridos

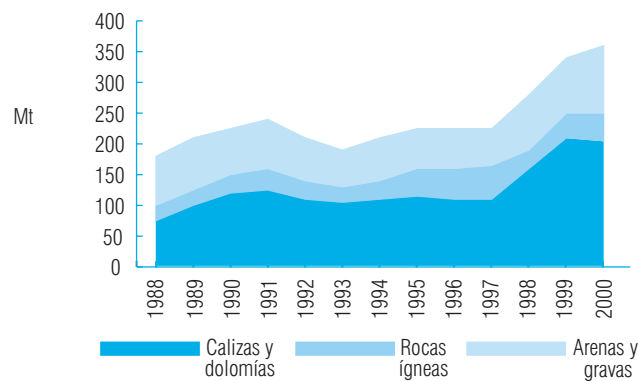


3. Fabricación de áridos

>> 3.1. Introducción al sector

Se denomina comúnmente árido a una serie de rocas que, tras un proceso de tratamiento industrial (simple clasificación por tamaños en el caso de los áridos naturales, o trituración, molienda y clasificación en el caso de los áridos de machaqueo), se emplean en la industria de la construcción en múltiples aplicaciones que van desde la elaboración, junto con un material ligante, de hormigones, morteros y aglomerados asfálticos, hasta la construcción de bases y sub-bases para carreteras, balastos y sub-balastos para las vías de ferrocarril, o escolleras para la defensa y construcción de puertos marítimos.

Producción de áridos según origen



Fuente: ANEFA y elaboración propia.

El sector de la construcción es el principal consumidor de áridos

Los áridos son imprescindibles en la construcción de edificaciones, obra civil e infraestructuras de cualquier país y, por ello, su producción es un indicador muy preciso del estado de su economía y de su desarrollo socioeconómico.

Son considerados materiales baratos y abundantes, cuyos centros de consumo se sitúan cerca de los yacimientos.

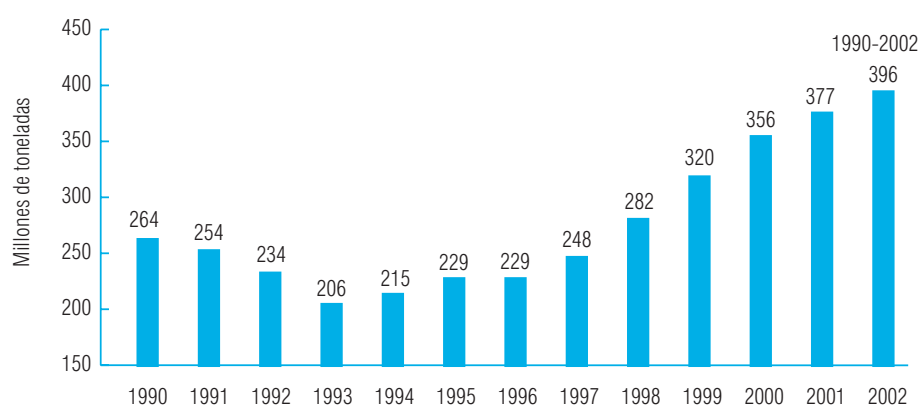
Existen múltiples variedades debido a las distintas características geológicas y litológicas de los yacimientos, que suponen a su vez distintas técnicas de explotación.

En el contexto de la minería española, este sector es uno de los más relevantes en cuanto a producción, ventas, número de explotaciones y empleos generados.

En los últimos años, el consumo de áridos para la construcción ha ido en aumento de forma generalizada, con un total de 396,1 millones de toneladas consumidas en 2002. A modo de ejemplo, la distribución según provincias, entre 2001 y 2002, se representa en el siguiente cuadro:

	Consumo de áridos para la construcción en España				
	2001(Mt)	2002(Mt)	2002/2001	t/hab	2002(%)
Andalucía	67,1	72,0	7,2	9,8	18,2
Aragón	11,5	12,2	5,7	10,1	3,1
Asturias	10,5	10,7	2,7	10,1	2,7
Baleares	9,5	8,9	-6,7	10,6	2,2
Canarias	19,9	20,2	1,2	11,9	5,1
Cantabria	7,4	6,7	-9,6	12,5	1,7
Castilla-León	22,9	24,7	8,1	10,1	6,2
Castilla- La Mancha	15,6	16,2	4,1	9,2	4,1
Cataluña	47,5	52,8	11,1	8,3	13,3
Comunidad Valenciana	52,4	56,8	8,5	13,6	14,3
Extremadura	8,8	8,3	-5,8	7,8	2,1
Galicia	23,6	24,1	2,1	8,9	6,1
Madrid	38,2	37,8	-1,0	7,0	9,5
Murcia	13,3	15,4	16,0	12,9	3,9
Navarra	8,3	8,1	-2,7	14,6	2,1
País Vasco	16,9	17,2	1,4	8,2	4,3
La Rioja	2,8	3,3	17,5	12,1	0,8
Ceuta y Melilla	0,8	0,8	2,7	6,0	0,2
Total Nacional	376,9	396,1	5,1	9,7	100,0

La evolución del consumo nacional de áridos para la construcción en un período más largo puede verse en este gráfico:



Además, el consumo de áridos para aplicaciones industriales como cementos, vidrios, cargas, filtros, industria química, siderurgia y metalurgia, etc., se estima en unos 55 millones de toneladas. En el año 2002, el consumo total ha ascendido a unos 451 millones de toneladas (+4,9%).

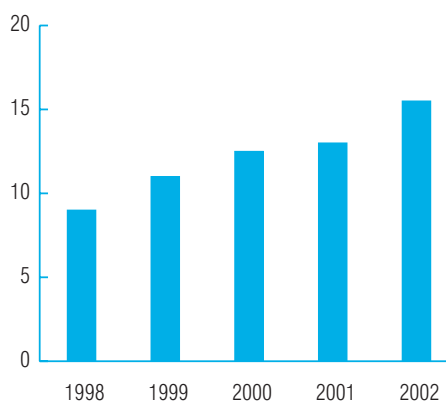
Debido a su bajo precio unitario en comparación con los costes de transporte, el comercio exterior de áridos es insignificante respecto a los volúmenes de producción y consumo (< 0,4%), limitándose a intercambios transfronterizos con los países limítrofes.

El consumo *per capita* de áridos para la construcción es 9,7 toneladas por habitante y año, con un mínimo en la Comunidad de Madrid (7,0 t/habitante) y un máximo en Navarra (14,6 t/ habitante), supera la media europea, que se sitúa en torno a 8,0 toneladas por habitante y año.

>> 3.2. El sector en Murcia

Como se observa en el gráfico adjunto, el aumento de consumo producido en el 2002 en la Región de Murcia es muy notable (ascenso del 16%). El consumo de 12,9 toneladas por habitante supera ampliamente la media regional de 9,7 t/hab.

Consumo de áridos en Murcia (Mt)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ANEFA

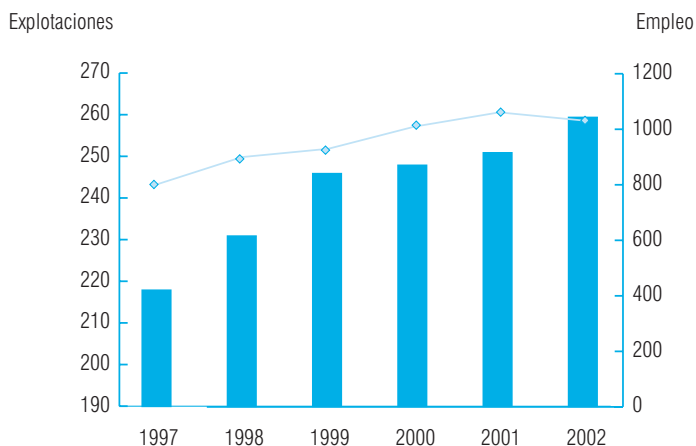
En el sector minero extractivo de la Región de Murcia existen 259 explotaciones, de las cuales 80 son de áridos, con una producción que se acerca al 92% del total del sector minero (24.053 kt). El empleo que este sector ha generado en el año 2002 supone el 32% del sector minero murciano.

Extracción de áridos en la región de Murcia (2002)			
Explotaciones	Explotaciones activas	Producción (kt)	Empleo
80	45	22.074	330

Fuente: Consejería Economía, Industria e Innovación Dirección General de Industria, Energía y Minas

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de dos de los principales rasgos del sector minero en Murcia.

Evolución de los principales rasgos del sector minero (Murcia)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Consejería Economía, Industria e Innovación. Dirección General Industria, Energía y Minas.

>> 3.3. Proceso de producción

En general, la explotación de los áridos se realiza a cielo abierto. Las técnicas empleadas en la extracción varían según sea el tipo de material de origen (roca masiva o materiales sin consolidar).

El árido se puede extraer de dos tipos de yacimientos:

- ▶ Canteras: son generalmente de origen calizo y la roca se encuentra en forma masiva. El arranque se realiza mediante voladura con explosivos que se introducen en los barrenos, hechos a lo largo del frente con la ayuda de perforadoras. En las canteras dedicadas a la extracción de bloques de piedra, los sobrantes, cortas defectuosas y en general materiales no aprovechables que constituirían un residuo, pueden utilizarse también para la elaboración de áridos.
- ▶ Graveras: que son yacimientos de origen fluvial. El arranque se realiza con la ayuda de dragas debido a que los áridos se presentan en forma de cantos rodados.

El proceso de explotación consta de una serie de etapas:

Descubierta de las capas no explotables

Se trata de eliminar la cubierta vegetal, los estériles y las rocas alteradas.

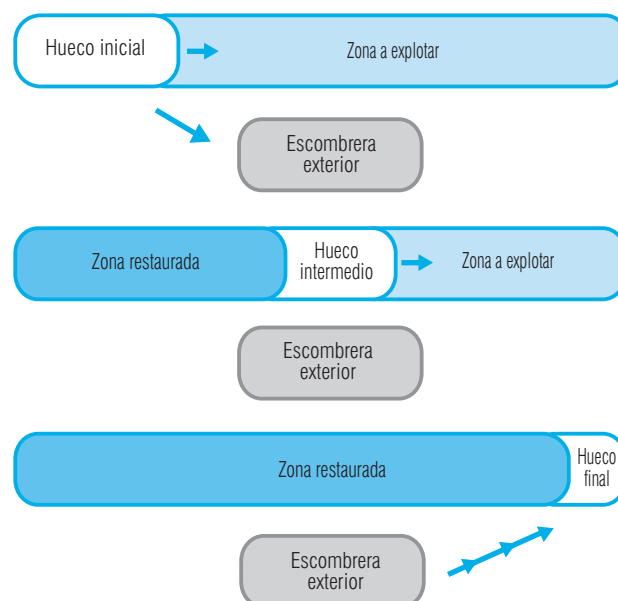
Arranque

Etapas en la cual se extrae el árido del yacimiento. Los métodos empleados son:

- ▶ Extracción de materiales sin consolidar:
 - Vía seca: el yacimiento está por encima del nivel freático. Se emplea maquinaria minera y de obras públicas, avanzando mediante el método denominado minería de transferencia (en la que al irse completando la explotación en una zona del yacimiento se va recuperando simultáneamente la zona explotada mediante los materiales que se extraen en otra zona del yacimiento).
 - Vía húmeda: el yacimiento está situado por debajo del nivel de agua. Se utilizan dragalinas, retroexcavadoras, etc.
- ▶ Extracción de materiales consolidados:

Se realiza mediante voladura con explosivos, controlando la fragmentación del macizo rocoso.

Esquema del método de “Minería de transferencia”





Transporte

- ▶ Continuo: mediante cintas transportadoras o tuberías (para sólidos en suspensión).
- ▶ Discontinuo: con dumpers (grandes camiones de transporte).

Tratamiento

Tiene lugar en una planta de tratamiento que, generalmente, se sitúa en la propia explotación. Comprende toda la preparación y clasificación del árido para su consumo. Consta de las siguientes fases:

- ▶ Trituración: El tamaño del árido se disminuye en sucesivas fases con la ayuda de machacadoras de mandíbulas o de martillos.
- ▶ Clasificación: Los diferentes tamaños de árido se seleccionan mediante cribas vibratorias, en función de la demanda del mercado.
- ▶ Molienda: Las granulometrías más pequeñas se consiguen mediante el uso de molinos.

Lavado

En ocasiones es necesario el lavado para eliminar el material orgánico que contamina el árido y que perjudica algunas de las aplicaciones industriales (la presencia de polvo puede alterar la adherencia con los ligantes). El lavado se realiza con la ayuda de norias, mediante un baño de agua.

Almacenamiento y expedición

Los áridos diferenciados se almacenan en acopios a la intemperie o, si la humedad les puede perjudicar, en silos. La expedición se realiza con la ayuda de camiones o bañeras que se cargan directamente del acopio con palas cargadoras.

La última fase del proceso productivo es la recuperación de los terrenos explotados. La alteración que supone la extracción de los recursos naturales está regulada principalmente por la legislación sobre evaluación de impacto y sobre residuos, con los siguientes requerimientos:

- Disponer de un proyecto de restauración de los terrenos aprobado por la autoridad competente.
- Depósito de un aval que garantice que dicho proyecto se realice.
- Superar un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental.

>> 3.4. Aspectos medio-ambientales

Las actividades llevadas a cabo en el proceso de extracción de áridos implican unas afecciones al medio ambiente que deben minimizarse en la medida de lo posible. Son las siguientes:

1. Ruido
2. Vibraciones
3. Polvo
4. Impacto visual
5. Escombreras

El ruido tiene su origen en la propia cantera (de forma intermitente) debido al proceso extractivo, así como en las carreteras que rodean el yacimiento (ruido más continuo debido al transporte de los materiales).

Los ruidos intermitentes se deben a las voladuras, arranques de motor, cargas y descargas de material, etc. La creación de montículos a modo de pantallas y el uso de motores más silenciosos, son algunas de las medidas que pueden tomarse para la minimización del ruido.

Las voladuras realizadas en las canteras de rocas masivas para fracturar la roca *in situ* provocan vibraciones en el suelo y sobrepresiones en el aire.

El polvo se genera con el movimiento de los áridos en todas las fases del proceso productivo. Suele recogerse mediante sistemas de captación equipados con filtros de recuperación de las materias finas. Este polvo puede ser eliminado, retornado al proceso de tratamiento o venderse como producto específico.

Impacto visual

El mayor problema medioambiental en la extracción de áridos es el impacto visual producido, valorado como pérdida del carácter natural de un paisaje y/o de las visibilidades.

Los cambios producidos están relacionados con la topografía, el tipo de paisaje y la vegetación existente en la zona; su valoración tiene una gran componente subjetiva.

Algunas de las medidas que pueden aplicarse para disminuir el impacto visual son la creación de pantallas físicas y naturales, así como la aplicación de técnicas paisajísticas que saquen partido a los elementos topográficos. La restauración del terreno mediante la naturalización de taludes y la repoblación con especies vegetales autóctonas es una medida eficaz a medio plazo.

En las posibles soluciones se pueden considerar tres aspectos:

- ▶ La prevención del impacto (que se desarrollará antes o durante las labores de explotación).
- ▶ La restauración (land reclamation) del terreno, que consiste básicamente en devolverle en lo posible su aspecto original.
- ▶ La remediación (remediation), que pretenderá solucionar los problemas de mayor calado, no solucionables mediante la simple restauración.

Los áridos procedentes de canteras de rocas ornamentales pueden ser aprovechados. Los desechos de mayor tamaño se utilizan como áridos de machaqueo, mientras que la arena granítica de los recubrimientos de la cantera y procedentes del corte en telar pueden servir como arenas silíceas, más o menos impuras. En otros casos, la aplicabilidad de la roca no útil a efectos de la explotación podrá ser más o menos adecuada para los diversos fines a que se destinan estos materiales: balasto, base y sub-base de carreteras, morteros, hormigones, firmes de carretera, etc.

Una actividad emergente relacionada con el sector de los áridos es el tratamiento de los residuos de construcción y demolición de origen mineral. En general, esta industria extractiva cuenta con la experiencia y la tecnología necesarias para hacer frente a los procesos de trituración, lavado y clasificación que se precisan en el reciclaje de los materiales procedentes de la demolición.

>> 3.5. Experiencias de éxito relevantes para el sector

Las medidas ecoeficientes recogidas en las experiencias de éxito están enfocadas a la reducción del consumo de energía, agua, materias primas y auxiliares y a la minimización de las emisiones, vertidos y residuos.

3.5.1. Selección de indicadores de ecoeficiencia para reducir la emisión de polvo

La cantera "El Zacacho" está situada en Santomera. Pertenece a la empresa ARIMESA – Áridos del Mediterráneo, S.A, dedicada a la extracción de áridos a partir de un yacimiento de roca mayoritariamente calcárea.

Dado que la empresa seleccionada para la aplicación de medidas ecoeficientes ha sido ARIMESA, en el apartado 3.6 se explican de forma más detallada sus características así como el actual proceso productivo.

Proceso antiguo

Para poder valorar las mejoras que han supuesto las medidas ecoeficientes aplicadas, se describe a continuación el proceso productivo previo a la implantación de las mismas.

- ▶ Las instalaciones donde se desarrollaban los procesos de trituración y clasificación de los materiales destinados a ser áridos para la construcción, que se realizaban en vía seca, no tenían sistemas de captación de polvo.
- ▶ Las zonas de rodadura de los vehículos dentro de la cantera no estaban asfaltadas.
- ▶ La salida de material terminado se depositaba directamente en el suelo.

De dicha situación se derivaban los problemas medioambientales siguientes:

- Formación de altas cantidades de polvo proyectadas a la atmósfera por: los procesos de trituración y clasificación realizados por vía seca, el acopio del material final en el suelo y la rodadura de los vehículos dentro de la cantera.
- Altas emisiones de ruido producido en las instalaciones de trituración y clasificación del material.

Actualmente, la gestión medioambiental adoptada por la empresa, ha considerado las siguientes medidas ecoeficientes para la reducción del polvo:

- ▶ instalación de sistemas de captación de polvo
- ▶ carenado de cintas y de pabellones al completo
- ▶ asfaltado de las zonas de rodadura de los vehículos en el interior de la cantera

Las instalaciones de captación de polvo evitan que se propague el polvo aspirando y carenando las áreas en las que se encuentran los focos emisores (molinos y cribas).

En total, la superficie filtrante se acerca a los 3.500 m². Los pabellones que contienen esta maquinaria se encuentran apantallados para evitar la acción del viento y así retener todo el polvo ambiental en su interior. A su vez, esto repercute en una reducción importante del ruido.

Cuando el material sale del sistema de captación pasa al silo almacén directamente, evitando caídas al suelo, reduciendo nuevamente la difusión del polvo. Cuando la caída es de cinta transportadora directamente al acopio en suelo, ésta se hace mediante un tramo descendente de cinta, reduciendo de esta forma las emisiones.

Todo el sistema integral de captación de polvo permite que el establecimiento de trabajo en vía seca, sin aportes de agua, lo que implica un importante ahorro de este recurso.

El asfaltado de las pistas de rodadura permite reducir el desgaste de los neumáticos de la maquinaria de cantera alargando su vida útil, y confiera más seguridad y rapidez al transporte interno. Además, reduce la frecuencia de los riegos por aspersión necesarios.



Los indicadores medioambientales representativos del nuevo proceso pueden estimarse a partir de la reducción de la emisión del polvo, de ruido emitido y de consumo de agua



Por tanto, son tres los beneficios medioambientales conseguidos:

- ▶ Reducción de las emisiones de polvo
- ▶ Reducción del nivel de ruido
- ▶ Ahorro de agua

Para más información, consultar: "Guía de buenas prácticas medioambientales en la industria extractiva europea. Aplicación al caso español". Ministerio de Economía. Noviembre 2002

3.5.2. Selección de indicadores de ecoeficiencia

Las empresas VALSID Y CBM, pertenecen al grupo «Carrières du Boulonnais» que elabora y suministra materiales de alto contenido en carbonato cálcico para la industria, así como áridos para la construcción y las obras públicas.

Las canteras de extracción de áridos están situadas en la región de Boulonnais, en la que se ubican cinco canteras que explotan un área de 2.500 hectáreas de roca caliza, con una extracción anual de 8 millones de toneladas.

El proceso de explotación sigue las mismas etapas descritas en el proceso general.

Proceso antiguo

En el proceso llevado a cabo antes de la implantación de las medidas se almacenaban enormes masas de tierra no aprovechables en el fondo de la cantera, generándose grandes escombreras. Esto provocaba un impacto visual muy negativo.

Proceso nuevo

Para minimizar el impacto visual generado, los especialistas en paisajismo han propuesto el levantamiento de colinas artificiales semejantes a las del relieve natural, con alturas similares (de unos 60 metros), alineación paralela a las riberas, las mismas pendientes, etc.

Con la restauración de los montículos se ha conseguido preservar los trazados tradicionales de los caminos y las riberas fluviales.

La plantación de grandes cantidades de árboles en estas colinas ha contribuido a su vez en la reducción del impacto visual.

Un convenio regional permitirá un desarrollo ecológica y económicamente sostenible de la actividad de las industrias extractivas, conservando, al mismo tiempo, el atractivo turístico de la región.

La integración en el paisaje de las enormes masas de tierra no aprovechables es un indicador del beneficio medioambiental que han supuesto las medidas aplicadas.

Un convenio regional a largo plazo (30 años) permitirá el desarrollo sostenible de la actividad de las industrias extractivas

Beneficios medioambientales y económicos

Este beneficio se refleja en la disminución del impacto visual en las explotaciones de extracción de áridos presentes en la zona, mejorando la calidad del paisaje permitiendo un desarrollo ecológico y económico sostenible de la actividad de las industrias extractivas. Los beneficios económicos son indirectos y están asociados a la actividad turística de la región que se ve potenciada al conservar el alto interés paisajístico de la zona, tras la recuperación integral del paisaje.

Para más información, consultar: "Guía de buenas prácticas medioambientales en la industria extractiva europea. Aplicación al caso español". Ministerio de Economía. Noviembre 2002

3.5.3. Selección de indicadores de ecoeficiencia

Readymix Asland, S.A. fué fundada el 18 de diciembre de 1980 por sus dos socios y actuales accionistas, el grupo británico RMC Group y Lafarge Asland. La actividad que a continuación se describe, pertenece a una compañía española que forma parte del grupo internacional francés Lafarge.

La gravera se ubica en una zona densamente poblada, con municipios importantes en su entorno (Tarrasa, Rubí, Sabadell). Explota una terraza colgada, sin contacto con acuíferos subterráneos.

Al tratarse de una gravera, la roca se disgrega con facilidad, de forma que sólo es necesario utilizar medios mecánicos para su arranque. Está asociada a yacimientos sedimentarios recientes, de alta porosidad, donde la presencia de agua es normal. En la gravera, la roca se extrae por medios puramente mecánicos, no siendo habitual el uso de explosivos. Dependiendo de la aparición del nivel freático, la explotación se realiza en seco o húmedo.

En este tipo de formaciones suelen aparecer intercalaciones de arcillas u otros materiales no deseados que deben separarse en la misma explotación. La limpieza de los áridos se realiza con agua en circuito cerrado, en las instalaciones habilitadas para tal efecto. Finalmente, los productos resultantes (áridos) son transportados en camión a los puntos de consumo.

Plan inicial

Con el objetivo de minimizar el impacto visual, se llevó a cabo un proyecto de restauración inicial, en el cual la morfología final prevista se adaptaba aceptablemente al entorno, si bien el hueco generado había cambiado la morfología inicial. Este plan de restauración no evitaba el fuerte impacto visual provocado por la gravera.

Descripción del nuevo proceso

Se propuso a las Administraciones la posibilidad de modificar el plan de restauración inicial por otro que contemplase el relleno del hueco con residuos inertes de construcción por medio de un Gestor de Residuos Autorizado.

Para el diseño del vertedero se han utilizado las últimas tecnologías:

- ▶ *Impermeabilización del hueco receptor*
- ▶ *Drenaje inferior hacia pozos de control*
- ▶ *Sellado del depósito*

Se constituyó una sociedad encargada de la restauración de la explotación para recuperar la morfología previa al comienzo de la actividad extractiva. La participación en la mencionada empresa del Ayuntamiento de Tarrasa, del principal grupo gestor de residuos de la construcción de Cataluña y de la empresa cabecera de la sociedad explotadora, ha garantizado una correcta y transparente gestión de los trabajos.

Finalizado el relleno, el depósito ha sido sellado, previamente a la plantación de las especies autóctonas seleccionadas. Un exhaustivo control topográfico garantiza la adaptación de la obra al diseño del proyecto, cuantificándose aspectos como compactación, densidad *in situ*, etc.

El nuevo proyecto de restauración ha supuesto una reducción significativa del impacto ambiental provocado por la explotación de áridos.

Beneficios

La restauración ha supuesto la recuperación de la morfología anterior y por tanto, la recuperación del entorno afectado por la explotación.

Para más información, consultar: "Guía de buenas prácticas medioambientales en la industria extractiva europea. Aplicación al caso español". Ministerio de Economía. Noviembre 2002

>> 3.6. Proyecto de implantación de una mejora de ecoeficiencia en Murcia: el caso ARIMESA

Objetivo del proyecto

Áridos del Mediterráneo, S.A. (ARIMESA), es una empresa de capital español dedicada a la fabricación de áridos para su utilización en la construcción.

Su único centro de producción se encuentra ubicado en la Carretera de Santomera a Abanilla, km. 4, (SANTOMERA – MURCIA), ocupando una superficie de 100 hectáreas. En este centro se consigue una producción anual de unas 1.400.000 t y en él trabajan 23 personas, en un turno único.

Los productos finales conseguidos son: arenas, gravas, zahorras, balasto, piedra de mampostería y piedra de escollera.

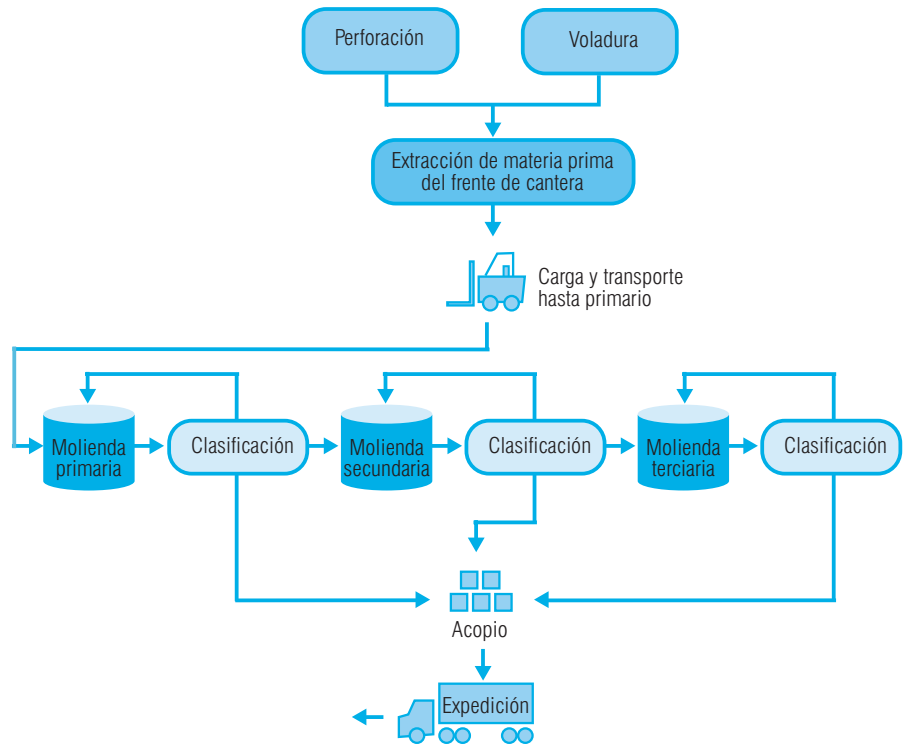
Descripción del proceso productivo



El proyecto de ecoeficiencia y sostenibilidad tiene por objeto el desarrollo técnico y económico de una mejora a introducir en el proceso productivo del sector estudiado. Se trata de que dicha mejora represente un beneficio medioambiental y, por otra parte, mejore la productividad de la empresa, es decir, que cumpla los dos condicionantes de ecoeficiencia y sostenibilidad.

En la elaboración de los productos, desde la extracción del material, hasta su distribución al consumidor, se realizan las siguientes etapas:

- ▶ **PERFORACIÓN Y VOLADURA:** Debido a que se trata de un yacimiento de roca de origen calizo, para el acondicionamiento de la roca antes de la extracción de la materia prima, se realizan actividades de perforación y, rara vez, alguna voladura en la que el material explosivo es introducido en unas perforaciones que se realizan a lo largo del frente de explotación.
- ▶ **EXTRACCIÓN DE LA MATERIA PRIMA DEL FRENTE DE CANTERA:** Mediante dumpers (grandes camiones de transporte) el material se traslada del frente de la explotación hasta unas parvas, donde se almacena hasta ser llevado a los molinos.
- ▶ **CARGA Y TRANSPORTE HASTA PRIMARIO:** Por medios mecánicos, el material es cargado desde las parvas a la cinta transportadora que se encargará de alimentar el molino primario.
- ▶ **MOLIENDA PRIMARIA:** En la que se obtienen granulometrías de mayor tamaño. Tras la molienda, el producto resultante se clasifica y se separa en tres; una parte se rechaza y es recirculada al molino; el resto puede pasar al molino secundario, o bien, se puede aceptar como producto final, en forma de zahorra, arenas, arcillas, etc.
- ▶ **CLASIFICACION MOLIENDA SECUNDARIA:** Con un grado de molienda mayor se obtienen los materiales de tamaños intermedios.
- ▶ **CLASIFICACION MOLIENDA TERCIARIA:** Última de las moliendas, se obtienen los materiales de menor tamaño.
- ▶ **ACOPIO:** En esta etapa los diferentes productos se almacenan en acopios ubicados generalmente al aire libre, aunque algunos productos precisan su mantenimiento en silos para evitar la humedad.
- ▶ **EXPEDICIÓN:** La expedición se realiza con la ayuda de camiones o "bañeras" que se cargan directamente del acopio con la ayuda de palas cargadoras, según la demanda de materiales.



Los consumos efectuados en el proceso productivo son:

Recurso	Unidad	Consumo	
Energía	kWh/año	3.594.480	
Gasóleo	l/año	1.200.000	
Agua	Pozo	m ³ /año	21.000
	Red	m ³ /año	3.500
Caliza	t/año	1.200.000	

Las incidencias generadas por el centro sobre el medio ambiente son:



- Aproximadamente 2.000m³/año de vertidos líquidos, lo que se traduce en un caudal medio de 1,14m³/h.
- Residuos generados: 10 t de residuos asimilables a urbanos, 120 t de estériles, 4,3 t de aceites usados de maquinaria y envases y 0,9 t de filtros de aceite.
- Emisiones a la atmósfera generadas en el proceso de fabricación de áridos y emisión de polvo. Con relación al primer aspecto, el parámetro de control lo constituye la materia particulada, con un valor máximo de 150 mg/Nm³, cumpliendo así con la legislación vigente. La reducción de la emisión de polvo se comentará más adelante puesto que la mejora a realizar es relativa a este aspecto. Sin embargo, ya se han establecido medidas correctoras como sistemas de captación de polvo, carenado de los trasiegos o el riego por aspersión de superficies.

Opciones de mejora

Se plantean algunas posibilidades de mejora en el proceso productivo para reducir su impacto. La más importante consiste en el carenado de los molinos secundarios para evitar la principal emisión de polvo a la atmósfera que se produce en la cantera. También existen otros factores en los que se podría incidir, de cara a fomentar el ahorro de materias primas, el ahorro de agua o la disminución de las emisiones (capotado de las cintas transportadoras).

El aspecto de referencia para el proyecto, dentro del proceso de fabricación de áridos, es la generación de polvo producido y su objetivo la reducción de su emisión.

Se trata de un subproducto no deseable que origina contaminación atmosférica, tanto dentro de la industria, como en sus inmediaciones.

El proceso antiguo

Los molinos secundarios son los encargados de aplicar una nueva molienda a los productos obtenidos en los molinos primarios que requieran de una granulometría de menor tamaño. Estos molinos no se encuentran cerrados y son la principal fuente generadora de polvo, a pesar de que las emisiones resultantes eran conducidas a un filtro de mangas.

El proceso nuevo

La medida proyectada consiste en el cerramiento perimetral, mediante chapa galvanizada, de los 2 molinos secundarios, aprovechando la propia estructura metálica de sujeción de los mismos para tal fin. Una cubierta superior culmina el aislamiento.

Completan el diseño de la mejora la instalación de equipos de ventilación que aspiran las emisiones de los edificios confinados hasta el filtro de mangas anejo y tres puertas por molino para permitir el acceso de personas y camiones a la instalación.

De esta forma, el polvo queda confinado en el molino y se evita la emisión a la atmósfera de la mayor parte del mismo.

Indicadores de ecoeficiencia

La mejora implantada elimina la deposición de polvo en las inmediaciones de la planta y, por lo tanto, elimina el impacto visual y mejora la imagen comercial de la empresa

La eficiencia de la mejora puede evaluarse a partir de la reducción de emisión de polvo a la atmósfera. El indicador empleado corresponde a la reducción relativa de emisión de dichos sólidos en suspensión, emitiendo en el proceso nuevo el 3% de la emisión primitiva (97% de reducción).

Este es un indicador exclusivamente medioambiental y se traduce en la casi desaparición del polvo emitido que se depositaría por la zona circundante. Se suprime la necesidad de parada de la producción los días de viento fuerte, unos 10 días al año, ya que provocaba una pérdida de visibilidad en la autopista A-7, cuyo trazado queda a 500 m de la cantera. Así pues, se puede establecer un indicador de ecoeficiencia de índole económica derivado de la supresión de esos 10 días de parada de la planta, en los que se supone que se pierde la producción diaria (unas 4.000 t / día) y se traduce en el descenso de la producción anual (unas 40.000 t / año). Así pues, mediante la mejora estudiada, se incrementa la producción anual de la planta.

En la siguiente tabla se muestran los indicadores de ecoeficiencia asociados a la actividad:

Indicador	Unidad	Valor inicial	Valor final	Diferencia
Producción anual de la instalación	t/año	1.400.000	1.440.000	40.000
Producción media diaria	t/día	4.000	4.115	115
Días parada por viento/polvo	días/año	10	0	10
Emisión de partículas en suspensión	% emisión/t producida	100%	3%	97%

Valoración económica

La inversión necesaria para realizar la mejora propuesta asciende a 96.412,08 €. Teniendo en cuenta los gastos de mantenimiento y de explotación anual, los gastos anuales en la nueva situación suponen 14.975,00 € frente a 144.000 €/año de ingreso, debidos al aumento de producción que implica la mejora propuesta.

Como criterios de rentabilidad de la inversión, se van a utilizar el Valor Actual Neto (VAN) para un interés del 5%, y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR). Se han obtenido 440,189 € para el VAN, y un 131,83% para el TIR, valor inusualmente alto. Ambos valores son reflejo de la rentabilidad de la inversión.

El periodo de retorno de la inversión necesaria para el cerramiento de los molinos secundarios es de 0,74 años, equivalente a amortizar la inversión en algo menos de 9 meses. Por tanto, el capital invertido en la mejora es recuperado rápidamente.

Beneficios medio-ambientales

Ventajas del proyecto:

- ▶ *Aumento de la producción industrial en un 3%*
- ▶ *Disminución de la contaminación atmosférica*
- ▶ *Aumento de seguridad vial en A-7*
- ▶ *Disminución del ruido*
- ▶ *Mejora de la imagen ambiental de la empresa*

La mejora proyectada supone una disminución en la emisión de polvo a la atmósfera. El mayor beneficio asociado es el incremento de la calidad del aire, lo que supone la ausencia de episodios de "nubes de polvo", particularmente importante en éste caso debido a la proximidad de la autopista A-7, incrementando la seguridad vial en concepto de mejora de visibilidad.

Con relación a otros aspectos, la emisión de ruido y las vibraciones al ambiente, aunque no eran significativos, serán todavía más reducidas.

Los inconvenientes que deben considerarse con la implantación de este proyecto son:

- Generación de residuos derivados del polvo en los molinos, con los consecuentes esfuerzos necesarios para su limpieza.
- Aumento del consumo energético.

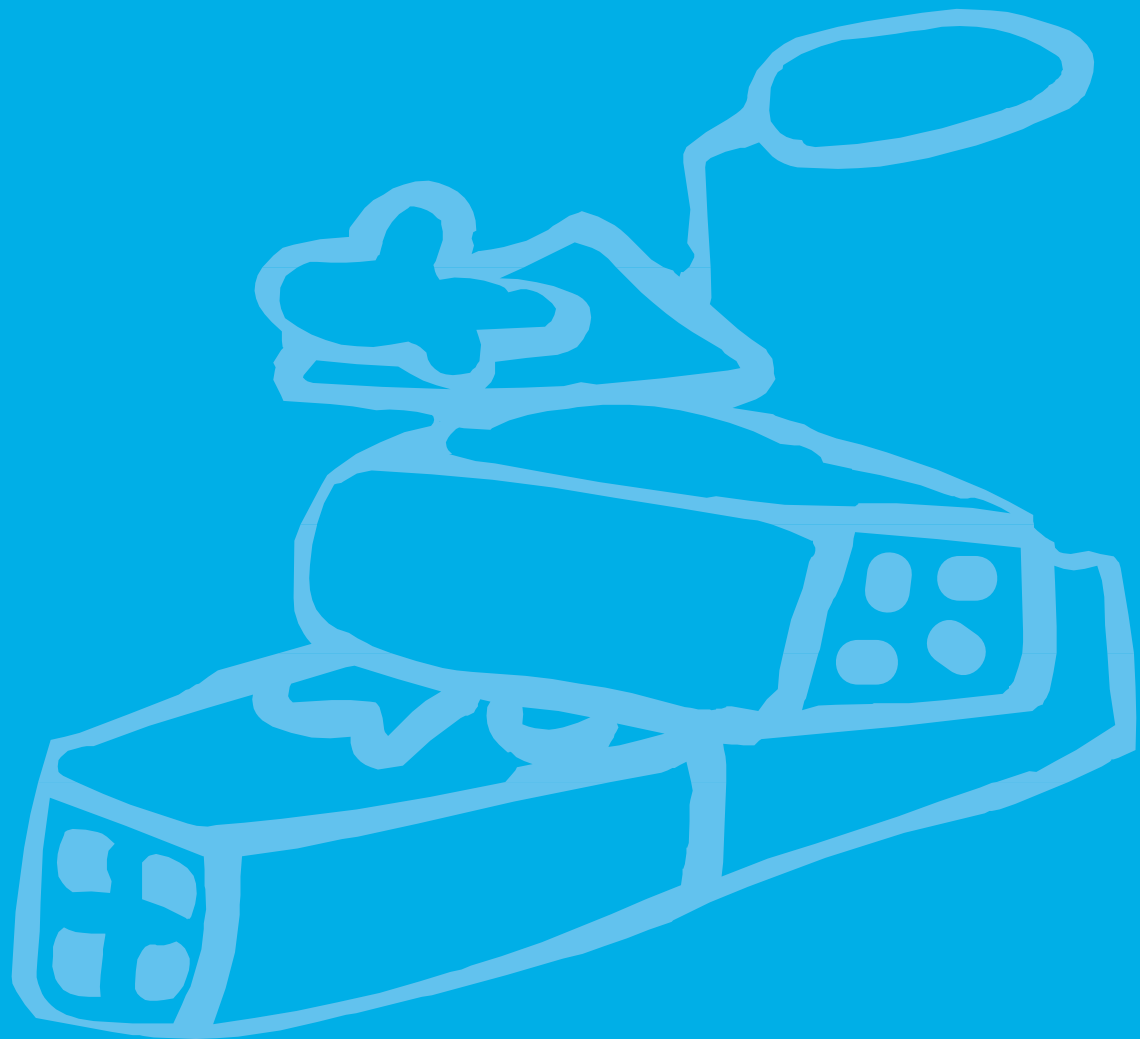
Beneficios económicos

La mejora proyectada aumenta la producción anual de la industria en 40.000 t de producto, lo que supone un 3% en el aumento de la producción global.

4<

Referentes para la calidad ambiental y
la ecoeficiencia del Sector de
la Construcción en Murcia

Construcción



4. Construcción

>> 4.1. Introducción al sector

El sector de la construcción abarca un gran rango de actividades que, recogidas en el grupo 45 de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas, comprenden desde la preparación de los terrenos para la construcción, hasta el alquiler de equipos y maquinaria, pasando por la actividad constructiva propiamente dicha de edificios, autopistas, obras hidráulicas, etc. Completan el listado las actividades relacionadas con las instalaciones y acabado de edificios y obras. Por lo tanto, el grupo se configura de la siguiente manera:

- Preparación de obras.
- Construcción general de inmuebles y obras de ingeniería.
- Instalaciones de edificios y obras.
- Acabado de edificios y obras.
- Alquiler de equipo de construcción o demolición con o sin operario.

>> 4.2. El sector en España

El sector de la construcción es uno de los de mayor crecimiento actual en España, proporcionando empleo a casi el 12% de la población española.

Durante el año 2002 el sector de la construcción continuó siendo uno de los más dinámicos, tanto en términos de actividad como de creación de empleo.

La cifra de producción del sector español de la construcción se situó en torno a los 116.000 millones de euros, habiendo experimentado una variación positiva del 4,6% sobre la del ejercicio anterior, ocupando cerca del 12% de la población total empleada en el ámbito nacional.

Profundizando en el sector, se concluye que el 22% de la producción corresponde al sector público y el 78% restante al sector privado. Por subsectores, la edificación residencial supone el 31% de la actividad total, la edificación no residencial el 18%; la rehabilitación y mantenimiento, supone el 25% y, por último, la obra civil tiene una cuota del 26%.

El sector constructivo español presenta distintos frentes de negocio en otros países, cada vez de manera más firme. Así, en el 2002, la facturación exterior alcanzó una cifra de 3.100 millones de euros. El principal destino de las actividades constructivas exteriores fue la Unión Europea, concentrando el 34% de la facturación. Seguido muy de cerca se encuentra el mercado de América del Sur con el 32%. Los países del resto de Europa supusieron el 21% del mercado exterior y, a menor escala, Asia y África que representan el 5% cada una, y Oriente Medio y América del Norte el 1% restante.

En el contexto europeo, España se coloca en el quinto lugar en importancia con el 12% de la producción total y ocupa idéntico lugar en cuanto a la previsión de crecimiento futuro.

Otras características de la industria de la construcción en España son:

- ▶ Su Valor Añadido Bruto representa el 8,6% del Producto Interior Bruto.
- ▶ Un continuo crecimiento en el empleo, alcanzando la cifra de 1.900.000 trabajadores en el año 2002, el 11% de la población activa.
- ▶ España cuenta con excelentes profesionales: arquitectos, ingenieros y trabajadores técnicos.
- ▶ El índice de confianza del sector español de la construcción es uno de los más altos de la Unión Europea.

Por Comunidades Autónomas, se detectaron crecimientos por encima de la media -siempre en relación con la media de crecimiento sobre la del año anterior- en Andalucía, Comunidad Valenciana, Murcia, Navarra y La Rioja. Con incremento del orden del promedio nacional se situaron Castilla y León, Cataluña, Extremadura, Galicia y País Vasco, y con crecimiento inferior a la media nacional, el resto de las Comunidades.

A nivel nacional, la distribución de empresas del sector de la construcción activas en el año 2001 (Directorio Central de Empresas del INE) se recoge en la tabla adjunta:

El sector de la construcción en España	
Asalariados	Nº empresas
Sin asalariados	143.365
De 1 a 2 asalariados	77.937
De 3 a 5 asalariados	40.517
De 6 a 9 asalariados	21.676
De 10 a 19 asalariados	18.418
De 20 o más asalariados	12.792
Total	314.705

Las empresas de construcción suponían en 2001 el 11,8 % del total de empresas activas en España.

>> 4.3. El sector en Murcia

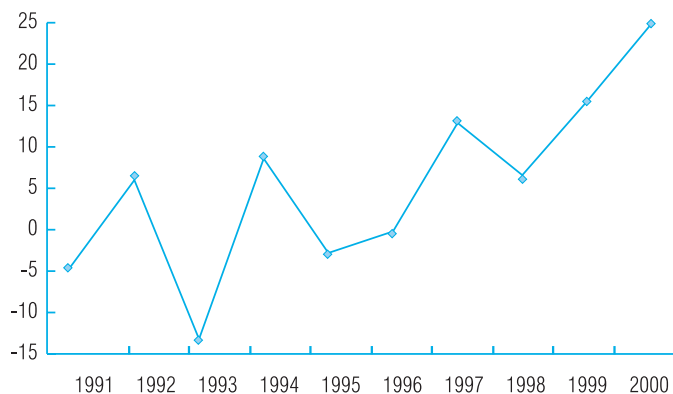
Pese a que todas las evidencias apuntaban a una desaceleración en el año 2000, se está produciendo el efecto contrario; el sector de la construcción, y por extensión, el inmobiliario, continúan siendo los sectores más dinámicos de toda la oferta agregada, viviendo un momento álgido dentro del ciclo económico, con altas tasas de crecimiento interanuales y con fuertes desequilibrios entre la oferta y la demanda del producto final. El crecimiento del sector en la Región de Murcia, asimismo, experimenta en la actualidad el mismo dinamismo que el conjunto nacional.

Entre las principales causas de dicho desarrollo coyuntural podemos destacar las siguientes:

- ▶ Tipos de interés. La consecución de los objetivos de convergencia han propiciado una mayor disciplina monetaria y un marco de estabilidad.
- ▶ Posibilidad de incrementar los plazos de amortización.
- ▶ Fenómenos demográficos.
- ▶ Buen momento macroeconómico. Un entorno de crecimiento económico sostenido.
- ▶ Alternativa de inversión ante la caída de las tasas internas de retorno de los activos financieros.
- ▶ Concepción sui generis de la percepción de la propiedad por los españoles.

El empleo en el sector de la construcción en Murcia se ha mostrado muy dinámico en el año 2000, llegando a alcanzar una tasa de crecimiento interanual de casi el 25%, tasa que, junto con la del tercer trimestre de 1999, no se ha alcanzado durante la década de los 90.

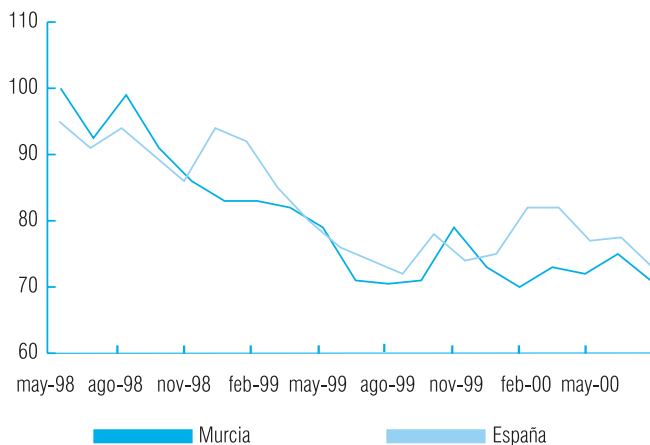
Empleo en el sector de la construcción en la Región de Murcia



Tasas de crecimiento interanual
Fuente: INE

En la siguiente tabla se muestra la evolución del paro registrado en la Región de Murcia referente a la construcción, comparada con la de España. En ella puede observarse una disminución gradual en los últimos años, llegando a ser incluso algo menor que la media nacional.

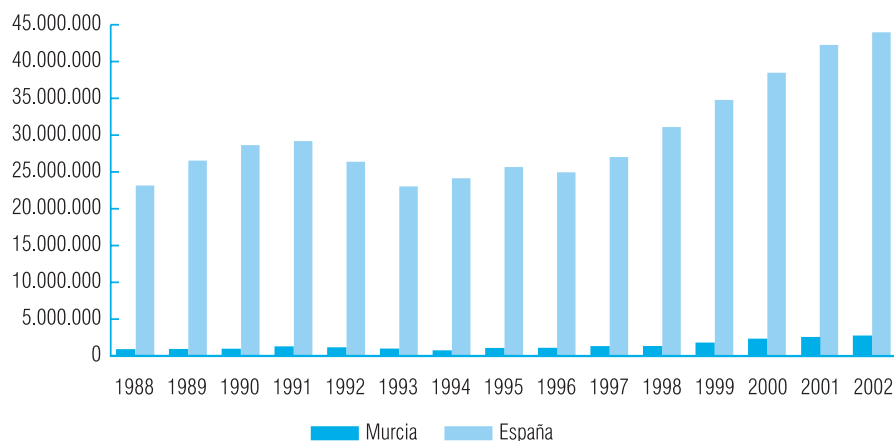
Paro registrado en la construcción



Número índice base 100=Mayo 1998
Porcentaje Variación interanual
Fuente: INE. EPA.

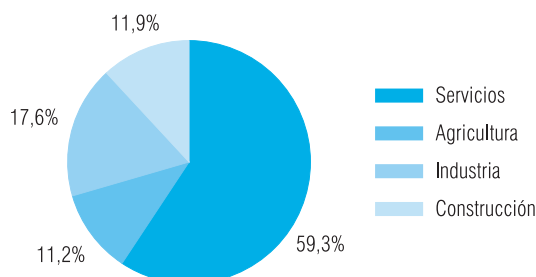
Otro indicador clave del desarrollo del sector constructivo está basado en el consumo de cemento. A continuación se muestra la comparativa de la evolución del consumo de cemento en Murcia con respecto a España.

Consumo cemento (toneladas)



La población de Murcia empleada en la construcción es del 11,9%, frente al 17,6% del sector industria, el 11,2% del sector agricultura y el 59,3% del sector servicios.

Población ocupada por sectores económicos en la Región de Murcia



Datos referidos al 1^{er} trimestre 2000

Fuente: INE

Las tablas que a continuación se presentan indican cómo se distribuyen las empresas constructoras en función de su número de trabajadores, en relación con otros sectores:

Distribución porcentual del número de trabajadores en las empresas según estrato y sector de actividad					
Nº asalariados	Total	Agricultura	Industria	Construcción	Servicios
Menos de 10	93,58	98,41	82,27	88,60	95,69
de 10 a 49	5,55	1,37	15,07	10,62	3,65
de 50 a 99	0,54	0,14	1,79	0,62	0,37
de 100 a 199	0,18	0,00	0,49	0,13	0,15
de 200 a 499	0,10	0,07	0,23	0,03	0,09
de 500 o más	0,05	0,00	0,13	0,00	0,04
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: Directorios de Empresas y Establecimientos. Centro regional de Estadísticas de Murcia. 2000

Empresas según estrato de trabajadores y sector de actividad					
Nº asalariados	Total	Agricultura	Industria	Construcción	Servicios
Menos de 10	68.430	1.366	6.326	6.849	53.889
de 10 a 49	4.055	19	1.159	821	2.056
de 50 a 99	394	2	138	48	206
de 100 a 199	135	0	38	10	87
de 200 a 499	74	1	18	2	53
de 500 o más	35	0	10	0	25
Total	73.123	1.388	7.689	7.730	56.316

Fuente: Directorios de Empresas y Establecimientos. Centro regional de Estadísticas de Murcia. 2000

Como conclusión, se puede afirmar decir que el sector de la construcción en la Región de Murcia, como en el resto de España, se halla claramente en fase expansiva, contribuyendo de forma muy positiva a la economía murciana en términos de creación de empleo y crecimiento del producto interior. Hasta el horizonte 2005 se puede prolongar dicha etapa expansiva, si no se agrava la dinámica especulativa y la inflación de costes, que pueden poner en peligro las perspectivas de futuro. No obstante, y según experiencias recientes, se trata de un sector procíclico que acusa más dramáticamente las etapas recesivas. El futuro del sector pasa necesariamente por la moderación de los precios, por la liberación pública de suelo y por la adecuación a corto plazo de la oferta a la demanda.

>> 4.4. Aspectos medioambientales asociados a la construcción

Emisiones a la atmósfera

Los principales aspectos medioambientales derivados de la ejecución de obras son:

La producción de emisiones atmosféricas en forma de polvo y partículas y gases contaminantes, durante la ejecución de obras. Las principales fuentes de emisiones son: el movimiento de tierras, la circulación de maquinaria por la zona y accesos de la obra, y la demolición total o parcial de edificaciones y estructuras.

La maquinaria de obra en funcionamiento emite distintos gases debido a la combustión que tiene lugar en el motor. Entre los gases emitidos destacan: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y dióxido de azufre. Los niveles emitidos pueden resultar perjudiciales para los núcleos de población, la fauna y flora.

La excavación y extracción de tierras y áridos, demoliciones y derribos, transporte y depósito de materiales a vertedero, así como la circulación de vehículos y maquinaria sobre superficies sin pavimentar, dan lugar a la generación de polvo y partículas que afectan a la calidad del aire. Este proceso está relacionado con la humedad del suelo y de las propias construcciones, aumentando su intensidad al disminuir la humedad.

Si bien suele tratarse de un efecto temporal, su importancia puede ser grande en las cercanías de núcleos habitados, pudiendo significar una pérdida en la calidad de vida para sus habitantes. Así mismo puede generar un efecto negativo sobre la vegetación y la fauna del entorno de la zona de obras.

Ruido

Durante la fase de construcción se incrementa el nivel de ruido en la zona afectada por las obras. La principal fuente de ruido es el funcionamiento de la maquinaria, explosiones y golpes de materiales al caer.

Afección al sistema hidrológico

La ejecución de determinadas unidades de obra en áreas cercanas a cursos de agua, como son el movimiento de tierras, el trasiego de maquinaria y la extracción de áridos, entre otras, puede ocasionar afección al cauce y su vegetación riparia, así como la alteración de la calidad de las aguas por un aumento de la turbidez y la posibilidad de vertidos accidentales.

Afección al suelo

Los impactos ambientales que pueden tener lugar sobre el suelo durante la fase de ejecución de obras son los siguientes:

- ▶ Ocupación de suelo por el acopio de materiales y de tierra vegetal, y por las instalaciones auxiliares (casetas de obra, parque de maquinaria, etc.) Otro factor importante en la ocupación de suelo es la apertura de accesos y viales de obra.
- ▶ Compactación del suelo puede producirse de forma puntual en zonas de tránsito de maquinaria pesada. La compactación de un suelo provoca una disminución de su permeabilidad, lo que se traduce en una menor infiltración y en un incremento de la escorrentía superficial y de la erosión.
- ▶ Contaminación por vertido involuntario o derrames de sustancias peligrosas o de residuos peligrosos durante las operaciones de mantenimiento de maquinaria y en los procesos de producción.
- ▶ Pérdida de suelo: Como consecuencia de la excavación y vaciado durante la ejecución de las obras se produce una pérdida de suelo, concretamente de la tierra vegetal, capa superficial de suelo que guarda sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Afección a la geomorfología del terreno

La gestión de vertederos de obra y de zonas de préstamo tiene como consecuencia la modificación de la geomorfología del área ocupada, cuya magnitud y significación dependerá de las características ambientales de dicha área y de las medidas adoptadas en los proyectos de restauración correspondientes.

Afección sobre la vegetación

El principal impacto que puede sufrir la vegetación es la destrucción directa por ocupación de la zona de obras, instalaciones auxiliares, accesos y vertederos y préstamos. Se producirá una destrucción permanente de la vegetación de la zona de obras y una destrucción temporal de la vegetación aledaña por trasiego de la maquinaria de obra.

El impacto de deforestación causado por las obras es variable en función de la importancia de las formaciones vegetales afectadas. Para evitar la retirada de mayor superficie de la necesaria y la invasión de la vegetación ajena a la zona de obras es necesario llevar a cabo un control del despeje y desbroce del terreno.

Afección a la población y a la fauna

La ejecución de grandes obras lineales puede afectar al tránsito de personas y fauna entre ambos márgenes de la nueva infraestructura, es el llamado "efecto barrera".

Durante la fase de ejecución de las obras puede tener lugar la intercepción de la red viaria de la zona donde tiene lugar la obra. Esto puede afectar a la permeabilidad del territorio, dificultando el paso de la población y el aprovechamiento de los recursos del territorio a la fauna asociada, y, como consecuencia del tránsito de maquinaria y vehículos de obra, pueden producirse accidentes en las carreteras de uso público.

Afección al patrimonio natural y cultural

- ▶ Vías pecuarias. La ejecución de obras puede contemplar la ocupación temporal de cordeles, veredas o Vías Pecuarias.
- ▶ Yacimientos arqueológicos, paleontológicos y otros bienes de interés cultural. Debido a las excavaciones y movimientos de tierra, se pueden dañar e incluso destruir yacimientos arqueológicos, paleontológicos y otros bienes de interés cultural.

Intrusión visual

Durante la construcción se puede alterar tanto el valor paisajístico como la percepción visual del entorno.

Generación de residuos

Durante la fase de ejecución de las obras se producen residuos de muy diferente naturaleza:

- ▶ Residuos asimilables a urbanos: constituidos por restos de alimentos y sus envases y el material de oficina, generados en las oficinas de obra y en la recuperación y limpieza de instalaciones.
- ▶ Residuos inertes: aquellos que no sufren transformación física, química o biológica de ningún tipo y no producen lixiviados. Se consideran residuos inertes los excedentes de tierras y escombros, denominados residuos de construcción y demolición (RCD).
- ▶ Residuos peligrosos: aquellos residuos tóxicos, nocivos, irritantes, inflamables, etc., incluidos como tales en la Ley 10/98 de Residuos, en el RD 833/88 de Residuos Peligrosos y en la Orden del Ministerio de Medio Ambiente 304/2002 de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Consumo de recursos

Durante la ejecución de obras se produce un consumo de recursos naturales y de materias primas escasas y/o no renovables como son:

- ▶ Consumo de agua, en la fabricación y curado del hormigón, riego de explanaciones y firmes, y en el abastecimiento general de agua en la obra.
- ▶ Consumo de combustibles fósiles y derivados del petróleo, en el funcionamiento de maquinaria y grupos electrógenos.
- ▶ Consumo de energía eléctrica, en oficinas y en obra.
- ▶ Consumo de materiales, especialmente tierras, áridos, hierro y componentes para la fabricación de hormigón, ladrillo, pintura, material cerámico, etc.

>> 4.5. Experiencias de éxito relevantes para el sector

Las medidas ecoeficientes recogidas en las experiencias de éxito están enfocadas a reducir el consumo de agua, materias primas y auxiliares y a reducir la liberación de contaminación al medio ambiente, especialmente la generada por los vertidos de efluentes líquidos del proceso y por los residuos producidos.

4.5.1. Reciclado de materiales constructivos.

Las actividades de Construcciones Rubau S.A., van dirigidas a clientes públicos y privados, e incluyen tanto Obra Civil como Edificación.



Imagen de los equipos de extendido de mezclas asfálticas en caliente, de la empresa, en plena actividad. Al fondo, la planta móvil de fabricación de mezclas asfálticas en caliente.

En el ámbito de la Obra Civil, se distinguen los siguientes tipos de obras: Carreteras, Obras Hidráulicas, Tratamiento de Aguas y Medio Ambiente, Obras Marítimas, Urbanizaciones, Pavimentos Asfálticos e Infraestructuras Ferroviarias. Asimismo, en el campo de la Edificación la empresa realiza todo tipo de construcciones: viviendas, instalaciones deportivas y recreativas, equipamientos educativos y docentes, plantas y edificaciones industriales, edificios de negocios, etc.

En la construcción de carreteras se utilizan mezclas bituminosas que componen las capas de firme asfáltico. Normalmente, se emplean mezclas bituminosas nuevas, para aumentar la facilidad de elaboración y la durabilidad. Sin embargo, la reducción del recurso petróleo está encareciendo los precios cada vez más y los costes de la aplicación de las mezclas bituminosas.

Construcciones Rubau, S.A. ha desarrollado y ejecutado una técnica pionera de reciclado de estas mezclas bituminosas en caliente.

Una vez terminados los extensos estudios y pruebas realizadas sobre la utilización de estos materiales reciclados para el firme de la carretera se concluyó que:

- ▶ Se puede asegurar que un porcentaje de hasta un 50% de material reciclado es factible desde un punto de vista de durabilidad y estabilidad del firme.
- ▶ Sin embargo, el porcentaje óptimo en coste y efectividad se sitúa en un 30% aproximadamente de materiales bituminosos reciclados en el firme.
- ▶ Debe tenerse en cuenta el porcentaje filler/betún, que normalmente está entre 1,0-1,3, y que con una cantidad elevada de finos, se acerca más a 1,3. No es una variación significativa, pero debe ser un aspecto a considerar.

La técnica del reciclado de mezclas bituminosas en caliente comienza al fresar (arrancar) el firme bituminoso deteriorado de la carretera, que es transportado a la planta de procesado y, una vez allí, se homogeneiza y se estudian sus características. Una vez que se ha comprobado que las propiedades físicoquímicas son adecuadas, se procede a mezclarlo con áridos vírgenes y se corrige el porcentaje de betún para que cumpla las especificaciones. Esta mezcla se emplea para el nuevo asfaltado, puesto que sus características se corresponden con las de un aglomerado asfáltico de nueva fabricación.

Las fases de este proceso se esquematizan de la siguiente forma:

- ▶ Fresado de los materiales envejecidos.
- ▶ Transporte del material fresado hasta los acopios de la Planta Asfáltica.
- ▶ Homogeneización del fresado.
- ▶ Fabricación en Planta de la mezcla.
- ▶ Transporte del material hasta la obra (normalmente diferente de la de origen del fresado).
- ▶ Puesta en obra del material con maquinaria convencional.

En la década de los noventa Construcciones Rubau S.A. realizó las modificaciones necesarias en la planta de Girona para incorporar el fresado en la fabricación. Entre estos elementos, cabe destacar un tambor secador especial donde el fresado es calentado a 130°C. Una vez se dispuso de la instalación adecuada, se inició una fase de pruebas en la cual participaron de una forma activa el CEDEX y la UPC, organismos que realizaron el seguimiento del proyecto.

Construcciones Rubau S.A. ha sido la primera empresa española en conseguir reciclar en planta las mezclas bituminosas en caliente

Esta práctica se llevó a cabo por primera vez en la obra "Variante de Cassà de la Selva", consistente en una carretera de dos carriles y dos sentidos de circulación, de 4,570 km de longitud y 3 capas de material (base, sub-base o intermedia y rodadura), en cuya base se introdujo un 30% de material reciclado procedente del fresado. Se ejecutó entre 1999 y 2000 y fue la primera obra oficial del Estado Español realizada con el reciclado de mezclas bituminosas en caliente en planta. El presupuesto total de la obra era próximo a los seis millones de euros.

Con este nuevo sistema se obtienen los siguientes resultados:

- ▶ Porcentaje de mezclas bituminosas nuevas empleadas: 70%.
- ▶ Porcentaje de mezclas bituminosas recicladas empleadas: 30%.

Ventajas

- ▶ Cuantiosas ventajas medioambientales en cuanto al reciclado de materiales y reducción del consumo de materias primas.
- ▶ Posible ahorro en el transporte de materias primas.
- ▶ Mejora de la imagen medioambiental de la empresa.

Sin embargo, este sistema cuenta con los siguientes inconvenientes:

- ▶ Las infraestructuras de la empresa han de modernizarse para que el empleo de esta técnica sea posible, lo que implica inversiones económicas más o menos fuertes.
- ▶ La empresa ha de poseer la mentalidad e iniciativa adecuadas, y promover, por ello, el reciclado de materiales haciendo de esta práctica una rutina dentro del funcionamiento de las obras.
- ▶ Las administraciones públicas, según el tipo de proyecto, pueden rechazar el uso de este tipo de mezclas recicladas.

Para más información consultar: www.rubau.com; "El reciclado de mezclas bituminosas", editado por Rubau y "Gestión ambiental en la ejecución de obras", editado por Rubau y CC.OO.

En la región de Victoria los residuos suponen el 44% de los depósitos en vertedero

4.5.2. Minimización de residuos y reciclaje

Fletcher Construction Australia Ltd. es una empresa constructora localizada en Victoria (Australia).

Según el "Recycling and Resource Recovery Council (RRRC)", organismo dependiente del Departamento de Medio Ambiente de Australia en la región de Victoria, los residuos de construcción suponen el 44% de los depósitos en vertedero. Por ello, promovió una serie de iniciativas para reducir estos depósitos. Así, acordó con Fletcher Construction Australia Ltd. una subvención de 40.000\$ para iniciar un programa piloto a fin de minimizar este tipo de residuos. Este dinero se empleó para los gastos del cálculo de los residuos generados a lo largo del proyecto, auditar los libros del proyecto y escribir el informe final.

Fletcher tardó 6 meses en preparar unos objetivos detallados de un sistema piloto de reducción y reciclaje en origen de los residuos. En enero de 1993, Fletcher seleccionó dos obras de construcción similares en Melbourne, una de las cuáles incluiría medidas de minimización de residuos y reciclaje de los mismos, mientras que en la otra se aplicaría una gestión convencional a los residuos generados.

Así, este proyecto piloto pudo comparar la construcción de dos complejos que incluían policía y juzgados, en Dandenong y Frankston, en el extrarradio de Melbourne, que eran similares en el diseño.

La obra en Dandenong fue elegida para llevar a cabo las medidas de minimización de residuos desarrolladas para el proyecto piloto. Éstas se basaban en dos principios:

- cómo gestionar los residuos de forma eficiente
- cómo evitar la generación de residuos in situ

Para ello, se llevó a cabo una planificación cuidadosa. Antes del comienzo de la construcción, se iniciaron estrategias para reducir los residuos desde su fuente, en cada una de las fases. Los planes de gestión de cada residuo hubieron de ser específicos según su naturaleza para que resultaran rentables.

El primer día de trabajo se adiestró a los trabajadores sobre los objetivos de la minimización de los residuos y cómo podían conseguirlos. Estos objetivos se retomaron en las reuniones posteriores y los resultados de los mismos se anotaban regularmente en un tablón de anuncios. El nivel de compromiso del personal fue alto.

Como medidas de ecoeficiencia promovidas en la obra se establecieron:

- se buscó la utilización de materiales reciclados, cuando fuera posible; y
- los distintos materiales de los residuos generados se separaban in situ en diferentes contenedores para maximizar la reutilización y el reciclaje.

Para medir los resultados obtenidos y poder llevar a cabo una revisión del sistema para una mejora continua, se establecieron sistemas de recogida de datos y divulgación a los empleados de los mismos. Por motivos de monitorización, se midieron los volúmenes de residuos generados y los costes derivados de su gestión en ambas obras.

Como medidas adicionales anecdóticas, los empleados utilizaron cubiertos y tazas de metal, en vez de utensilios desechables. Para evitar el despilfarro del café, el té, el azúcar y la sopa se utilizaron dispensadores. No sólo se lograron notables ahorros sino que el personal se mostró contento con el nuevo mobiliario.

En cuanto a los pedidos de material, en Dandenong se intentó pedir sólo el necesario para la obra mediante cálculos precisos, en vez de utilizar el tradicional cálculo de aproximación que suele encargar materiales extras que luego no se utilizan.

Por otro lado, no se facilitó un juego de planos a cada consultor o constructor, sino que se les entregaron los planos en soporte informático. Los planos se redujeron mediante impresoras láser a tamaño A3 o A4, lo que no sólo supuso un ahorro de unos 25.000\$, si no que además resultaba más manejable que los engorrosos rollos de planos habituales.

Se emplearon cartuchos tóner reciclados, pero no se obtuvieron mejoras notables.

Como el resultado final del proyecto piloto fue satisfactorio, Fletcher ha decidido incorporar medidas semejantes a todas sus obras con el objetivo de reducir una media del 25% de los residuos en cada una. Compañías gemelas en Seattle y Washington han empezado a aplicar medidas similares.

Los indicadores medioambientales del proceso nuevo son los siguientes:

- ▶ Se comprobó que, con las medidas de minimización, los gastos de gestión de los residuos fueron un 20% menores en la obra.
- ▶ Paralelamente, se utilizaron materiales reciclados, como ladrillos o papel, y sólo con el empleo de este último se ahorró un 8% en el gasto.

Los materiales desechados, se separaron en origen y reciclaron, resultando práctico y económico.

- ▶ El reciclaje in situ de metales, tejas, ladrillos y estructuras de acero produjo un ahorro estimado de 10.500\$ en los costes de gestión.
- ▶ Los volúmenes de residuos resultantes y los ahorros conseguidos fueron los siguientes:
 - Tableros de plástico: se encontró un alto porcentaje de este tipo de materiales en los residuos (19,6%) debido a la falta de flexibilidad a la hora de enviarlos con las medidas adecuadas y sobraba muchísimo material. Al no existir ninguna planta en Victoria que se pudiera encargar de su reciclaje, se almacenaron para su utilización en otra planta, consiguiendo un porcentaje de reciclado del 7,1%.
 - Cartones: se recicló para el embalaje de materiales de oficina, obteniendo 20 centavos/kg de cartón vendido. Constituían el 17% del total de residuos generados y se recicló el 78,8%.
 - Residuos desechados: los residuos que estaban mezclados y no era rentable su separación, eran recogidos de forma regular. Constituían el 15,2% del total.
 - Suelo excavado: este es generalmente el mayor componente de los escombros de obra, pero no se evaluó en este proyecto por la dificultad de comparación entre ambas obras dadas las diferencias en la topografía. La tierra vegetal se vendió a viveros y el resto se guardó para su utilización como firme en la construcción de carreteras.
 - Madera: Fletcher prefirió, para los tableros de medidas poco convencionales, encargárselos a los proveedores mejor que cortarlos en el sitio y tener que gestionar los residuos generados. Eran el 13,8% del total y se recicló el 17,4% de los mismos.
 - Metales: se reciclaron fácilmente y se vendieron a 75 centavos por cada kg de hierro y 3\$ por cada kg de metales no féreos, como el cobre. Porcentaje del total: 9,5%; porcentaje reciclado: 100%.
 - Plásticos: en construcción se emplean gran variedad de tipos de plásticos. La separación de los mismos es difícil porque no se dan grandes volúmenes de un tipo en concreto. Porcentaje: 6,9%; reciclaje: 8,7%.
 - Agregados: se ahorraron el 75% de los impuestos derivados de su gestión al enviar estos residuos a la trituradora para su reutilización como base para carreteras. En Sydney, se pueden ahorrar el 30% de los costes de agregados mediante el reciclaje. En Melbourne, este ahorro es mínimo debido a la alta disponibilidad de material en las canteras. Porcentaje: 6,7%; reciclaje: 0%.
 - Alfombras: no se encontraron formas de reciclaje para estos residuos. Porcentaje: 6,7%; reciclaje: 0%.
 - Material de aislamiento: grandes cantidades de residuos de este tipo de material fueron retiradas por los propios obreros para su uso personal. Porcentaje: 6,7%; reciclaje: 0%.
 - Papel (1ª calidad): el papel de alta calidad se recogió de las oficinas, incluido el papel de impresora y ploteado de planos. Porcentaje: 1,2%.
 - Cristal: todas las botellas de los sitios destinados al descanso del personal se reciclaron. Porcentaje: 0,4%; reciclaje: 100%.
- ▶ El volumen de reducción de residuos total fue del 15%, y el reciclaje, de aproximadamente un tercio de los residuos producidos. El volumen final enviado a vertedero fue un 43% menor.
- ▶ El ahorro total fue del 55% de los costes de gestión de los residuos.

El volumen de residuos generados se redujo en un 15%

La principal ventaja de este tipo de proyecto fue el desarrollo paralelo de dos obras similares, de forma que una podía ejecutar el programa de minimización de residuos mientras que la otra servía como control para la comparación.

Las campañas de concienciación del personal suponen un avance ya que constituyen el núcleo central del proceso constructivo y la principal oportunidad para la reducción de generación de los residuos.

Entre las principales ventajas cabe destacar:

Ventajas

- ▶ Importantes reducciones en los volúmenes de residuos generados por la obra, lo que podría traducirse en importantes ahorros al año.
- ▶ Mejora de la conciencia social de los trabajadores de la empresa.
- ▶ Los costes de gestión de los residuos generados se redujeron a la mitad.
- ▶ Potencial de aplicación: Cualquier empresa del sector constructivo.

Para más información consultar: www.emcentre.com/unepweb/tec_case/constru_45/house/h2.htm

4.5.3. Ahorro de materias primas y minimización de residuos

Rapid Transit Project 2000 (RTP 2000) es una sociedad limitada formada en la Provincia de British Columbia (Canadá) con el fin de construir el Millennium SkyTrain Line. Esta empresa está formada por expertos del sector público en planificación del transporte, diseño y construcción.

El trabajo se realizó por cuatro compañías constructoras: Dominion Construction, Westpro Contractors, PLC Constructors y Smith BROS. & Wilson. El estudio de caso que nos ocupa se centra en las estaciones de Gilmore y Brentwood, que han sido construidas por la empresa Dominion Construction.

La compañía ha creado 430 puestos de trabajo directos e indirectos mediante el Centro de Investigación Avanzado de Transportes de Bombardier, y 1.400 más durante la construcción.

El hormigón es el material de construcción más utilizado en el mundo

Las cuatro compañías constructoras que están realizando el Millennium SkyTrain Line, construían habitualmente con hormigón normal. Este hormigón utilizado es el tradicional, compuesto por la mezcla de dos elementos: pasta y gravas. En ocasiones se pueden incluir otros elementos.

La típica mezcla que se utiliza está formada por:

- ▶ 10-15% cemento
- ▶ 60-75% de arena/grava
- ▶ 10-20% de agua
- ▶ 5-8% de aire

Cuando la mezcla de este producto está fresca es moldeable, permitiendo verterla en el lugar necesario. Tras esto, se produce una reacción química, por la cual la mezcla se va volviendo más dura y fuerte, formándose el hormigón que normalmente vemos en edificios, puentes y otras construcciones.

El indicador medioambiental que se ha utilizado y cuyo dato relativo de mejora se indica posteriormente es la reducción de emisiones de CO₂.

Acción de mejora

A la hora de diseñar el proyecto para la realización del Tren Millenium Line, se decidió incluir, dentro de la licitación, la obligación de utilizar el hormigón EcoSmart™ para la construcción de dos de las estaciones en el distrito regional del Greater Vancouver Regional District: Brenwood Town Centre Station y Gilmore Station.

A diferencia del hormigón utilizado normalmente en el campo de la construcción, el hormigón EcoSmart se produce reemplazando una cantidad del cemento con un porcentaje de materiales suplementarios que proporcionan una mejor eficiencia económica, mayor capacidad/calidad para construir y un mayor rendimiento.

Dependiendo del uso que se le vaya a dar al material y de la construcción que se vaya a llevar a cabo, de un 30 a un 60% del cemento puede ser reemplazado por materiales cementales como cenizas volantes, cenizas de cáscara de arroz y microsílíce. Estos materiales son subproductos industriales, por lo que el hormigón EcoSmart es normalmente más barato, lo que disminuye los costes de construcción.

La ceniza volante es un residuo que se obtiene de los equipos de control del polvo de las instalaciones de carbón, produciéndose un gran volumen cada año. Aunque anteriormente los ingenieros de los proyectos criticaban su utilización (no por las empresas, que perseguían su utilización ya que se disminuía el coste), actualmente la calidad de las cenizas que se obtienen de las plantas de carbón es mayor y son aceptadas.

Por cada tonelada de cemento reemplazada por este nuevo material, se reducen las emisiones de CO₂ aproximadamente en una tonelada.

Se reciclan subproductos que de otra manera se verterían o habría que tratar adecuadamente.

La inclusión de cenizas volantes en los materiales de construcción se utilizan en ocasiones por algunas empresas constructoras, aunque se debe destacar que este producto incluye también la cáscara del arroz y el microsílíce. Estos materiales reducen aun más el coste del producto.

Beneficios medioambientales

Los principales beneficios medioambientales son los siguientes:

- ▶ El aumento en la utilización de este producto disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero.
- ▶ Se utilizan materiales que de otra manera se enviarían a un vertedero.

Beneficios económicos

Este material es más barato que el hormigón tradicional. Los principales materiales de este nuevo hormigón son subproductos industriales, por lo que el EcoSmart es normalmente más barato, lo que disminuye los costes de construcción.

Un coste añadido que puede aparecer es la necesidad de la utilización de bolsas especiales en las que se empaquetan las cenizas. Al ser necesaria una gran cantidad de este material en cada obra, es un coste que no debe ser ignorado.

Es más rentable construir a largo plazo con este producto porque aumenta la durabilidad, ya que al reaccionar el cemento con la ceniza se crea una matriz más densa y más impermeable. Esto produce un hormigón de mayor calidad.

Asimismo, con estos materiales se reduce el agua necesaria para la mezcla.

Potencial de aplicación

Estos materiales se pueden obtener fácilmente en el mercado de los subproductos industriales. No es necesario modificar el sistema de trabajo (sólo varía la duración en el proceso de secado del material) ni la manera de realizar las construcciones.

Ventajas de EcoSmart

Las principales ventajas de este producto son:

- ▶ Estéticamente, el producto tiene un color marrón claro matizado, lo que a opinión de los clientes es más agradable que el tono gris del hormigón habitual.
- ▶ Disminuye la permeabilidad.
- ▶ Aumenta la dureza.
- ▶ Aumenta la durabilidad.
- ▶ Aumenta la resistencia ante los ataques de sulfatos.
- ▶ Reduce la contracción del material.
- ▶ Reduce la corrosión de los metales.

Como contrapartida hay que mencionar que este producto se endurece más lentamente que el hormigón normal, lo que puede aumentar en algunos casos el coste del proyecto por el aumento en su duración.

Por último, algunas personas han declarado que este material puede perjudicar a la salud por algunas emisiones; no obstante la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos ha afirmado que no supone más riesgo que el cemento al que está reemplazando.

Para más información consultar:
<http://www.rapidtransit.bc.ca> y <http://www.ecosmart.ca/index.cfm?section=skytrain>

>> 4.6. Proyecto de implantación de una mejora de ecoeficiencia en Murcia: el caso Azuche88

La empresa constructora AZUCHE 88, S.L., ubicada en la Región de Murcia, posee una dilatada trayectoria dentro del sector de la construcción, destacando en el campo de la Restauración. En especial, cabe destacar la Rehabilitación del patrimonio histórico-artístico de la Diócesis de Cartagena.



El capital social es de 127.000 € y las ventas suponen 4 millones de euros al año. La empresa está compuesta por 12 Empleados en la Oficina.

AZUCHE 88, tiene implantados y certificados un sistema de calidad y de gestión medioambiental bajo la norma ISO 9001:2000 y bajo la norma ISO 14001: 1996, para restauración de edificios del patrimonio histórico artístico y para edificación.

El proyecto de ecoeficiencia corresponde a una obra de rehabilitación completa del edificio Comandante Villamartín, basándose principalmente en restaurar y mantener la fachada, demoliendo su interior totalmente para volver a construirlo.

Técnicas tradicionales de demolición

Las características principales del proceso constructivo basado en técnicas tradicionales, son:

- ▶ Apeo de fachada: consistente en la sujeción de la fachada mediante la colocación de un armazón metálico y su arriostramiento con un andamio estabilizador, utilizando un sistema de vigas aligeradas que se ancla a unos contrapesos de dados de hormigón.

El sistema consiste en un gigantesco mecano que sujeta las fachadas mientras se derriba completamente el interior y se vuelve a edificar en las mismas condiciones de una obra nueva.

- ▶ Demolición interior de la edificación: se ejecuta respetando y protegiendo siempre al máximo la fachada, realizando las siguientes tareas en la obra:

- Apertura de huecos en forjados que permiten la evacuación de escombros generados hasta la planta baja, situada en el mismo nivel de la calle.
- Desmontaje integral del edificio por medios manuales, desde el forjado superior hasta el forjado de la planta baja, actuando para ello y por este orden:

Demolición de las tabiquerías.

Demolición de los entre vanos de las viguetas.

Desmontaje de colañas de madera.

Demolición de medianeras, planta por planta.

Existen diversas formas de llevar a cabo la demolición, en función del tipo de maquinaria y técnicas empleadas. El uso de uno u otro método depende de la facilidad de acceso de la maquinaria y de la rapidez y limpieza que se busque en los trabajos.

- ▶ Movimiento de tierras: Las tierras y escombros generados se retiran del interior del edificio. La composición y dimensiones de estos residuos dependerán de las técnicas de demolición empleadas, comprendiendo desde la retirada manual hasta la utilización de retroexcavadoras y potentes camiones.

En este caso, se vertieron los escombros en contenedores de 5-7 m³ de capacidad, llevándose directamente a un vertedero autorizado de residuos inertes.

- ▶ Ejecución de la estructura: Las siguientes etapas ya no corresponden al proceso de demolición, sino al de reconstrucción. La reconstrucción del interior del inmueble se lleva a cabo de manera convencional, pero siempre ha de tenerse en cuenta que va anclada a la fachada.
- ▶ Retirada del andamio estabilizador: Una vez consolidada la estructura, se realiza el proceso de retirada del arriostramiento, desmontando los perfiles y los andamios.
- ▶ Trabajos de albañilería e instalaciones propias del edificio: Estos trabajos comienzan una vez que todas las fases anteriores han consolidado la estructura del edificio. Este proceso no difiere del que se realizaría en un edificio de nueva construcción.

Aspectos medioambientales asociados a la demolición tradicional

Los principales aspectos medioambientales asociados a la demolición tradicional de un edificio, se pueden resumir en:

- ▶ Emisión de polvo: Debido a la destrucción de materiales que generan sustancias pulverulentas y que pueden afectar a otros edificios colindantes.
- ▶ Generación de residuos peligrosos RP's: En este edificio en particular no se generan residuos peligrosos en la demolición, pero sí se generan en la reconstrucción del edificio residuos de pinturas, aditivos, etc.



- Generación de residuos de construcción y demolición RCD's: Se concentra claramente en la distinción y separación de los materiales procedentes de la demolición del interior del edificio tales como madera, hierro, vidrio, etc.

Actualmente, el sistema tradicional de demolición genera una serie de residuos no peligrosos, que se gestionan de forma conjunta, apilándolos en contenedores de 5-7 m³ y big-bags situados en la obra, y llevándolos posteriormente en camiones especiales a un vertedero autorizado para residuos inertes.

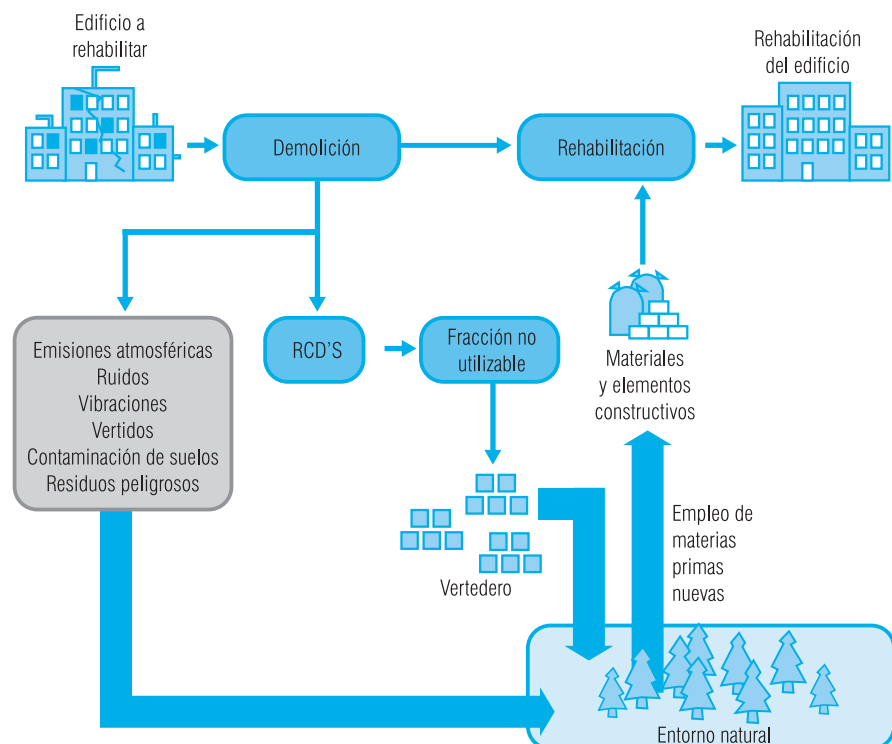
Según el estudio realizado en esta obra, los materiales a retirar en contenedores suman una cantidad aproximada de 1.357,26 m³.

Otros efectos característicos de esta actividad son:

- Ruido: Debido a la actividad de la maquinaria y a los trabajos manuales: golpes, caída de objetos, serrado, etc. En esta emisión de ruido, sujeta a normativa específica, se producen niveles elevados de ruido, puntuales.
- Impacto visual: El impacto negativo que causa la visión de las obras, maquinaria, materiales, andamios, etc., en especial en entornos de alto valor natural, artístico o urbano, como por ejemplo el casco antiguo de las ciudades, como en este emplazamiento.
- Emisión de gases de combustión de la maquinaria utilizada: La emisión de gases en cuanto a composición y concentraciones estará determinada por el tipo de combustible empleado. En este caso, al emplearse un sistema de demolición esencialmente manual, no constituye un aspecto medioambiental significativo y sus impactos son relativamente pequeños.

A continuación, podemos ver un diagrama de la gestión de los aspectos medioambientales del proceso tradicional de demolición:

Diagrama del proceso de demolición



Los residuos producidos en la construcción y demolición en Edificación (RCDs), que tradicionalmente vienen denominándose "escombros", por la propia naturaleza de los proyectos y por la variedad de los materiales utilizados en este tipo de actuaciones (hormigones, ladrillos, tejas, tuberías, cableados, aislamientos, maderas y otros), particularmente en la fase de demolición, presentan en su composición un alto grado de heterogeneidad, además de, en algunos casos, contener residuos catalogados como Peligrosos (RP).

En la Tabla siguiente se presenta la composición media estimada, tomada como referencia, y el Código asignado a cada componente según la Lista Europea de Residuos.

LER	Componente	%	
17 01 00	Cerámicos	54,00	75,00
17 01 00	Hormigones	12,00	
	Piedra	5,00	
	Arena, grava y otros áridos	4,00	
17 02 01	Madera	4,00	25,00
17 02 02	Vidrio	0,50	
17 02 02	Plásticos	1,50	
17 03 00	Asfalto	5,00	
17 04 00	Metales	2,50	
17 01 00	Yesos	0,20	
17 07 00	Papel-Cartón	0,30	
17 07 00	Asimilables a R Domiciliarios	7,00	
17 07 00	Otros	4,00	
	Suma	100,00	

Fuente: Plan Nacional de RCD (2001-2006)

Surge así la necesidad de modificar las técnicas empleadas en la construcción para reducir las grandes cantidades de residuos (miles de toneladas), evitando además, la llegada de estos residuos a los vertederos y reduciendo el impacto medioambiental generado, ampliado por el que ocasiona la fabricación de nuevos materiales de construcción.

Demolición selectiva o deconstrucción del edificio

Como mejora del proceso de demolición del edificio, Azuche88 se planteó la demolición selectiva o deconstrucción del edificio.

Este nuevo término, la "deconstrucción" permite definir la técnica empleada para dismantelar un edificio, posibilitando la segregación de los diferentes componentes del edificio a demoler, para su posterior gestión selectiva, lo que permite la reutilización de estos componentes como materia prima en nuevos procesos constructivos.

Esta técnica considera la demolición como una construcción a la inversa. Se dismantelan en primer lugar las instalaciones del edificio (climatización, fontanería, instalación eléctrica), para posteriormente ir retirando los diversos componentes del edificio (revestimientos, tabiques, carpintería de madera y metálica, etc.) hasta la demolición de la estructura, en sentido contrario al de construcción: de arriba hacia abajo. Esto permite la segregación de los diferentes materiales que se generan, pudiendo ser clasificados para realizar posteriormente una gestión eficaz de los mismos.

Fases del proceso de deconstrucción

Por otra parte, la obra se optimiza si en las fases de diseño y construcción de los edificios y naves se prevé la posibilidad de realizar esta demolición selectiva, utilizando técnicas que favorecen el desmantelamiento, y materiales que guardan una composición más uniforme y adaptada a las necesidades del mercado.

La deconstrucción se diseña y realiza de forma diferente a la demolición tradicional, siendo conveniente seguir una serie de fases como se muestra a continuación:

► Trabajos previos

Antes de proceder con el proceso de deconstrucción propiamente dicho deben llevarse a cabo ciertas actuaciones previas para garantizar la eficacia y la seguridad de los trabajos. Estas actuaciones comprenden acciones muy diversas, tales como:

- Comunicación de los trabajos de deconstrucción a los organismos afectados
- Acuerdo con gestores autorizados para la retirada de los residuos según se vayan generando y clasificando
- Anulación de las conexiones de agua, luz y gas existentes y vaciado de los depósitos de combustibles
- Aislamiento de materiales que puedan generar residuos peligrosos
- Apuntalamiento previo de elementos constructivos que puedan haber sufrido cargas que anteriormente no experimentaban
- Colocación de andamios
- Aplicación de las medidas de protección colectiva y colocación de los dispositivos destinados a tal efecto
- Disposición de medios para el acopio de los elementos deconstruidos y los residuos generados, así como la apertura de las vías adecuadas para su retirada

► Desmontaje de equipos e instalaciones

Se entiende por instalaciones: ascensores, aparatos de calefacción y de refrigeración, grupos de presión de agua, grupos electrógenos, fontanería de agua y gas, etc. También podría incluirse en esta fase el desmontaje de sanitarios, lavabos, bañeras, mobiliario de cocina, etc.

Algunos de estos elementos podrán ser reutilizados por lo que, a fin de conseguir una conservación óptima de los mismos, puede ser conveniente que el desmontaje lo efectúe personal cualificado.

► Desmontaje de elementos arquitectónicos recuperables no estructurales

En este tipo de elementos se incluyen cubiertas, carpintería, tabiques y los materiales de revestimientos, acabados y motivos decorativos, siempre que no realicen ninguna función de soporte.

En primer lugar deben desmontarse las cubiertas que el edificio presente, previa retirada de elementos como cornisas o chimeneas. Posteriormente, se retiran los elementos relacionados con conducciones de agua, luz, gas o aire. Las puertas y ventanas son extraídas. Por último, se deconstruyen o derriban, según la situación, los tabiques y paredes interiores. También pueden retirarse las paredes de fachadas con funciones únicamente de cerramiento.

En este aspecto, ha de prestarse atención a una posible redistribución de las cargas estáticas para que no se confieran a elementos que originalmente no las soportaban.

► Desmontaje de los elementos arquitectónicos estructurales

Una vez retirados todos los elementos sin funciones de soporte, se procede a la demolición de los elementos arquitectónicos de soporte, como escaleras, arcadas, fachadas, escaleras, etc. Cuando sea necesario, éstos se apuntalan.

► Desmontaje y derribo de la estructura del edificio

Por último, se demuelen el resto de los elementos estructurales: forjados, vigas, pilares, losas de hormigón, etc.

El edificio queda demolido y se procede a la retirada de los escombros restantes y a la restauración del terreno.

Siempre que se deconstruya un elemento, debe procederse a una limpieza interna del edificio para que no se dificulten los trabajos posteriores.

En cada una de las fases del proceso han de intentar buscarse aquellas técnicas y métodos que faciliten la selección in situ de los materiales, para así conseguir un reciclaje posterior más fácil.

Cuando se ha terminado el proceso de deconstrucción o mientras está teniendo lugar, se procede a la separación de las diferentes fracciones que puedan contener los residuos, de manera que se facilite su gestión y se potencia su reciclaje. Los trabajos de separación pueden realizarse mediante diamante, martillo rompe-pavimentos o voladura. En grandes obras, y siempre que se disponga de espacio, resultará rentable la instalación de una planta de tratamiento móvil para la trituración, separación y clasificación de los residuos.

Después de la deconstrucción y la separación, los materiales pueden trasladarse de sitio para su almacenamiento o gestión final. Sin embargo, aquellos que son susceptibles de reutilización o reciclado pueden ser vendidos directamente en el lugar (como es el caso de los metales) o pueden ser retirados de forma gratuita por gestores autorizados para su valorización económica (como suele pasar con la madera o el vidrio). Algunos materiales aptos para el reciclaje necesitarán un tratamiento antes de poder ser reciclados, por lo que son transportados a plantas de reciclaje, donde se clasifican y Trituran cuidadosamente.

Inconvenientes de la deconstrucción

El mayor inconveniente que presenta el proceso de deconstrucción es el económico. El reciclaje es viable, pero se encarece al ser un proceso intensivo en mano de obra, a diferencia de la clásica demolición y traslado de residuos al vertedero más próximo. Los precios de los productos recuperados son muy bajos, excepto algunos metales, como el aluminio, el plomo y el cobre. El vidrio, el hierro y el PVC se pagan entre 2,4 y 6,4 céntimos de euro y se deben transportar al lugar donde se recuperan. El precio no compensa su recuperación, en términos estrictos de contabilidad. Hoy día, dados los costes de la mano de obra, no cabe pensar en ninguna rentabilidad económica. Para cambiar la insostenible dinámica actual hacen falta, pues, nuevas leyes, ayudas y/o subvenciones por parte de las administraciones públicas y tasas más altas sobre los residuos de obra, que deberían ser finalistas (destinadas a cubrir los costes del reciclaje y disuadir de verter los residuos). En este sentido, los países con la legislación más avanzada son Alemania, Dinamarca, Holanda y Suiza.

Principales aspectos medioambientales del nuevo proceso

Los aspectos medioambientales derivados de la demolición del edificio por el nuevo método de deconstrucción, se pueden resumir en:

- ▶ Emisión de polvo: En este nuevo proceso se siguen produciendo emisiones de polvo, aunque en menor medida, debido a que la demolición es más cuidadosa que en el proceso antiguo.
- ▶ Generación de residuos peligrosos RP´s: No tienen por qué generarse residuos peligrosos, pero al realizarse una selección de los residuos, en el caso de que existiera algún material con características de peligrosidad (amianto, por ejemplo) se gestionaría de la forma adecuada de acuerdo con la legislación vigente, a través de un gestor autorizado.
- ▶ Generación de residuos de construcción y demolición RCD´s: Se concentra claramente en la distinción y separación de los materiales procedentes de la demolición del interior del edificio tales como madera, hierro, vidrio, etc.

La gestión que se va a realizar con los residuos no peligrosos va a ser diferente según la categoría a la que pertenezcan estos residuos.

Según el estudio realizado de los materiales a retirar en contenedores apropiados para cada una de las características del escombros, estos se pueden clasificar en:

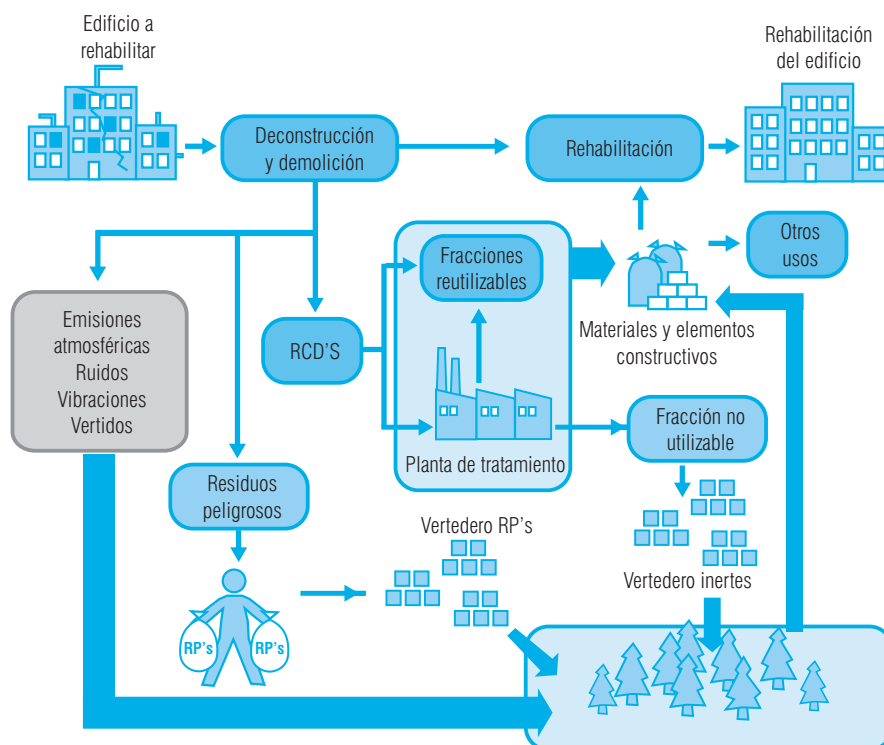
Generación de residuos de construcción y demolición	
Inertes mezclados	495,25 m ³
Vidrio	3,00 m ³
Hierro	25,00 m ³
Madera	64,00 m ³
Inertes de hormigón con acero	770,01 m ³
Total	1.357,26 m ³

Los siguientes aspectos pueden darse en la misma intensidad que en el proceso de demolición tradicional o incluso generarse en mayor cantidad, dependiendo del sistema de demolición utilizado (voladura, maquinaria o a mano).

- ▶ Ruido: La emisión de ruido es menor en el nuevo proceso, pues los primeros estadios del proceso se emplean herramientas manuales o maquinaria ligera.
- ▶ Impacto visual: El impacto visual no sufre variaciones con respecto al proceso antiguo.
- ▶ Emisión de gases de combustión de la maquinaria utilizada: El aumento del empleo de maquinaria ligera o manual frente a la maquinaria pesada se traduce en un descenso en la emisión de gases por combustión.

A continuación podemos ver un diagrama de la gestión de los aspectos medioambientales del proceso de deconstrucción:

Diagrama del proceso de deconstrucción



Evolución de los indicadores de ecoeficiencia

En la siguiente tabla se muestran los indicadores de ecoeficiencia asociados al proceso de demolición selectiva o deconstrucción:

Indicador	Unidad	Valor inicial	
Tasa de generación de residuos	m ³ residuo/m ³ edificio	0,283	0,283
Coste de gestión de residuos	e/m ³ edificio	4,58	5,06
Generación de residuos inertes mezclados	m ³ residuo/m ³ edificio	0,283	0,103
Generación de residuos de vidrio	m ³ residuo/m ³ edificio	0	0,000625
Generación de residuos de hierro	m ³ residuo/m ³ edificio	0	0,0052
Generación de residuos de madera	m ³ residuo/m ³ edificio	0	0,0133
Generación de residuos de inertes de hormigón con hierro	m ³ residuo/m ³ edificio	0	0,16

Justificación económica

El coste de la demolición por el método tradicional, es de 20.042,19 e.

El coste de la demolición por el nuevo método de deconstrucción o demolición ecoeficiente, asciende a la cantidad de 24.295,31 e.

Luego existe una diferencia entre los costes de los dos tipos de sistemas de demolición, que conlleva un incremento de 4.253,12 e para el sistema de reconstrucción.

Este mayor coste se debe principalmente, a dos factores:

- ▶ La necesidad de una mayor mano de obra en la demolición del edificio, que al segregar los residuos, produce un coste mayor por menor rendimiento en esta demolición.
- ▶ Un incremento en el coste del transporte, al tener que llevar los contenedores de residuos no siempre llenos, debido precisamente a la segregación producida en estos.

Se considera que los ingresos van a venir producidos por el ahorro que se produce en la deconstrucción al gestionar de forma más adecuada los residuos.

Se considera que toda la cantidad de residuos de madera, carpintería metálica y vidrio, es recogida y gestionada por gestores autorizados, sin coste adicional ninguno, que son: $64+25+3 \text{ m}^3$ de residuos que no hay que pagar por su transporte y canon de vertido. Esto supone un ahorro de 906,16 e.

El resultado financiero resultante, queda:

Gastos	24.295,31 e
Ingresos o ahorro	906,16 e
Resultado	23.389,15 e

Como vemos, esta mejora en la gestión de los RCD's, supone un gasto adicional de: $23.389,15 \text{ e} - 20.042,19 \text{ e} = 3.346,96 \text{ e}$, equivalente a un 16,7% más de coste.

Esto nos indica que, hoy en día, la gestión adecuada y ecoeficiente de los RCD's, supone un coste añadido para las empresas constructoras, entre otros motivos, por la falta de infraestructuras existentes para la segregación de los residuos y, por otro lado, por la poca o nula valorización que tienen actualmente.

Esto está empezando a cambiar, al darse cuenta las administraciones que debe aplicarse el principio de "quien contamina, paga", aplicando unas políticas que favorecen la segregación en origen de estos residuos, su reutilización en la misma u en otras obras e incrementando los cánones de vertido de los residuos en estos vertederos.