
La economía Circular de los RCD para la adaptación al cambio climático
EFA 336/19

Áridos reciclados en el sector de la construcción: desafíos e impactos ambientales [GUÍA]





Índice

Introducción	3
En síntesis	4
1. Los áridos en capas base de carreteras, hormigón y caminos	9
1.1. Distintas tipologías de áridos dando respuesta a diversas necesidades de la construcción	10
1.1.1. Los áridos	10
1.1.2. Principales aplicaciones de los áridos	14
1.2. Modelo linear: extracción de áridos provenientes de recursos naturales y puesta en vertedero 5	
1.2.1. Fase de fabricación	15
1.2.2. Fase de implementación	17
1.2.3. Fase de final de su vida útil	17
1.3. Modelo circular: reciclaje de los residuos de la construcción en ciclo cerrado	
1.3.1. Los residuos inertes: definición y vías de valorización	18
1.3.2. Algunas cifras	19
1.3.3. Fase de fabricación de áridos reciclados	21
2. Evaluación medioambiental de los áridos vírgenes y de los áridos reciclados	23
2.1 impactos ambientales globales (según los estudios ACV)	24
2.2 impactos ambientales locales	27
3. Conclusiones	30
4. Anexos	33



Introducción

Esta guía resulta de los trabajos llevados a cabo en la Acción 3.4 del proyecto Interreg Poctefa RCDiGreen relativo a *“la Identificación del interés medioambiental de sustituir los áridos vírgenes usados en la construcción por RCD”*.

Se redactó también un informe técnico detallado, no público, en el marco de esta acción y viene a profundizar en los aspectos evocados en esta guía.

Se destina esta guía de divulgación principalmente a las direcciones de obras y a los contratistas que se plantean la cuestión del uso de los áridos reciclados en sus proyectos.

Menciona primero los áridos, sus modelos lineal y circular. Plantea los aspectos vinculados con los impactos ambientales de los áridos, haciendo hincapié en los agentes impactantes, ciertos límites a los estudios ACV y los puntos de vigilancia.



En síntesis

Los áridos, las normas y los desafíos

Los áridos son unos **materiales granulares** usados en la construcción. Pueden ser:

- **Naturales:** áridos minerales procedentes de rocas sueltas o macizas.
- **Reciclados:** áridos minerales que ya fueron usados en la construcción
- **Artificiales:** áridos procedentes de materias que han sido sometidas a un proceso industrial, por ejemplo térmico.

Sus orígenes...

Los áridos de rocas sueltas son generalmente extraídos en graveras, lechos de ríos y fondos marinos. Los áridos de roca maciza proceden de canteras con frente de arranque. Los áridos reciclados proceden de obras de construcción o demolición.

Los áridos reciclados proceden de obras de construcción y demolición. En el sector de la construcción, se trata de hormigones estructurales o no, de productos de terracota (tejas, ladrillos) y cerámicos (sanitarios), cristales, escombros mezclados, tierras y gravas de movimientos de tierra. En las obras públicas, se trata principalmente de tierras y gravas de movimientos de tierra, hormigones y fresados de mezclas bituminosas. Los áridos reciclados, para ser usados, tienen que ser seleccionados y separados de los indeseables (plásticos, materias orgánicas y metales).

Los tamaños de granos...

Los áridos agrupan varias subfamilias de productos según el tamaño de sus granos más pequeños y más grandes. Encontramos los **finos y fillers** (0 a 1 mm), las **arenas** (0 a 6.3 mm), las **gravillas** (1 a 90 mm) y las **gravas** (mezclas de arenas y gravillas). Las gravas se usan generalmente en la construcción de carreteras, caminos forestales y algunos hormigones no estructurales.

Los usos, normas y guías...

En el sector de la construcción, los áridos se usan principalmente en la construcción de viales (terraplenados, capas base, mezclas bituminosas) y los caminos, en los hormigones, en los morteros. Se usan también como cargas en productos industriales manufacturados. Para las aplicaciones en los hormigones, los morteros, los revestimientos de carreteras, ciertas bases **de carreteras, los áridos tienen que cumplir con las normas europeas** (EN 12620, EN 13139, EN 13043, EN 13242, EN 13450, EN 13055) y disponer del marcado CE. A veces, estas normas se ven complementadas por normas nacionales como la NF P 18-545 para Francia. Para los **usos normalizados, los áridos reciclados están sujetos a las mismas normas** y requisitos.

Existen **guías técnicas profesionales** y reconocidos para el uso de los materiales reciclados (generalmente inertes reciclados) o alternativos en construcción de carreteras (en particular las guías del CERAMA). Existen también guías para el uso de reciclados en los hormigones (procedentes del proyecto RecyBeton).

Desde uso más exigente en términos de calidad de los áridos reciclados hasta el menos exigente:

- Los usos en hormigones y morteros necesitan más bien áridos reciclados procedentes del reciclado del hormigón y de una elaboración controlada de los áridos, exentos de indeseables. Esos áridos reciclados también pueden proceder de instalaciones (poco frecuente a día de hoy) de separación de los componentes de las tierras de movimientos de tierra.
- Las técnicas viales (excluyendo los fresados de aglomerados reintegrados en centrales) vuelven a usar generalmente sus gravas de excavación (tratándolas o no con aglomerantes), áridos reciclados de demolición pudiendo ser una mezcla de escombros (hormigones, ladrillos) valorizados en forma de gravas.



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

- Los caminos forestales usan generalmente gravas de demolición a veces reducidas de manera más grosera.
- Por último, la valorización en relleno de canteras autoriza todos los residuos inertes, en mezcla o no, previamente separados (de los principales indeseables y del yeso) y no reducidos en forma de áridos.

Grandes desafíos...

La buena gestión de los residuos inertes de la construcción es claramente estratégica para el sector y el medio ambiente. El sector genera en Francia unos 230 Mt de residuos al año de los cuales un **85 % procede de las obras públicas, un 92% son inertes** (en peso; un 42% para la construcción de edificios nuevos, un 75% para la demolición de edificios). La región de Nueva Aquitania produce unos 11 Mt al año de residuos inertes (es decir 1,77 a 1,96 t/hab/año) de los cuales **1,3 Mt/año para los Pirineos Atlánticos** con las mismas proporciones obras públicas/construcción.

En los Pirineos Atlánticos, los principales yacimientos se encuentran lógicamente al nivel de las principales cuencas de poblaciones en la Costa Vasca y la región de Pau.

Los modelos lineares y circulares

El modelo lineal de los áridos consiste globalmente en extraer minerales del suelo, transformarlos en áridos (instalaciones de trituración, lavado, cribado), transportarlos hasta las obras o las centrales de fabricación (hormigón, morteros, mezclas bituminosas). Terminada su vida útil, los residuos inertes se eliminan en instalaciones de almacenamiento ISDI o ISDND.

En la realidad, el **sector de la construcción** (sobre todo las obras públicas) **no se puede considerar como un modelo mayoritariamente lineal**. De hecho, a nivel nacional, en las obras públicas en Francia, el 31% de los materiales se reutilizan/reciclan en la misma obra y un 76 % de los residuos inertes recibidos en las instalaciones de valorización de los residuos de la construcción (de los cuales un 39% en relleno de canteras).

El **modelo circular** (para los áridos y residuos inertes en el contexto de RCDiGreen) apunta primero a la **prevención de los residuos**, mediante la conservación de los edificios y las infraestructuras (antes que la demolición y reconstrucción) y el nuevo uso. El modelo circular apunta luego a **valorizar/reciclar los residuos inertes** en relleno de canteras o idealmente en áridos reciclados que sustituyen los áridos vírgenes. Para ello, según su naturaleza, los residuos inertes son reducidos (directamente a pie de obra o en plataforma) por ejemplo mediante BRH¹ y preclasificados (piezas metálicas más grandes, madera, plásticos, etc.), y transportados hacia sitios de valorización si no se reciclan in situ, separados, triturados y/o cribados con el objetivo de ser transformados en áridos de tamaño controlado, almacenados y luego transportados hacia sitios que los usan. Para una valorización en relleno de cantera, las fases de separación son generalmente más ligeras y los residuos no son transformados en áridos.

La evaluación ambiental

La evaluación del impacto ambiental global de un proceso o una operación se realiza mediante un **Análisis de ciclo de Vida (ACV)** Los ACV toman en cuenta los impactos ambientales en el conjunto del ciclo de vida útil de los materiales, desde su extracción hasta su eliminación o valorización. Se llevan a cabo con programas informáticos específicos (por ej. SimaPro), según métodos regulados (ISO 14040 à 14044). Éstos usan bases de datos oficiales

¹ Martillo hidráulico



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

que juntan datos ambientales tipo sobre los materiales y procesos (por ej. ecoinvent) o FDES2 (por ej. INIES). Los resultados de ACV se dan en un conjunto de indicadores tales como la contribución al cambio climático (expresado en equivalente CO₂), el consumo de los recursos naturales y del agua, la acidificación de los suelos, etc.

Paralelamente al impacto ambiental global, se consideran otros aspectos más directos para poder entrever la valorización de los residuos inertes de construcción y demolición. En efecto, éstos han de **considerarse como inertes**. Esta clasificación es directa si los residuos son exclusivamente constituidos de residuos inertes como los que vienen listados en la siguiente tabla y no son contaminados (hacen falta un historial y un control).

CÓDIGO (*)	DESCRIPCIÓN (*)	RESTRICCIONES
17 01 01	Hormigones.	Únicamente residuos de construcción y demolición clasificados y excluyendo los que proceden de sitios contaminados
	Ladrillos.	
	Tejas y cerámicas.	
	Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y cerámicas que no contienen sustancias peligrosas	
	Tierras y piedras que no contienen sustancias peligrosas	Excluyendo la tierra vegetal, la turba y las tierras y piedras que proceden de sitios contaminados
	Tierra y piedras	Que proceden únicamente de jardines y parques y excluyendo la tierra vegetal y la turba

(*) Anexo II al artículo R. 541-8 del código del medioambiente

Sin conocimiento exacto del historial de la materia, en presencia de indeseables, y en caso de duda, se deben llevar a cabo **medidas de lixiviación** según norma EN 12457-2, con el fin de demostrar que el residuo no supera los umbrales de clasificación en residuos inertes³. Para una valorización en construcción vial o en caminos forestales⁴, las guías profesionales definen umbrales de lixiviación a no superar.

Por último, de manera posiblemente correlacionada, los residuos y áridos reciclados han de ser **exentos de materias peligrosas** (controles y posible selección). Además, para las valorizaciones en relleno de cantera, caminos forestales y más aún en construcción de carreteras, los materiales reciclados sólo pueden contener un porcentaje muy baja de indeseables (DIB: plásticos, metales, maderas, etc.).

Interés medioambiental del reciclado y uso de áridos reciclados

¡Atención! El **reciclado de los residuos inertes y el uso de los áridos reciclados no siempre son benéficos para el medioambiente**.

Este interés medioambiental tiene que ser evaluado caso por caso o a nivel de ciertos territorios teniendo en cuenta un conjunto de factores tales como **las distancias de transportes** asociadas al uso de áridos naturales y reciclados, la presencia de materiales con grandes desafíos medioambientales (materiales metálicos) en los residuos a reciclar, **el impacto del proceso de tratamiento et/o fabricación de los áridos, el impacto y la**

² Ficha de declaración medioambiental y sanitaria.

³ http://www.isere.gouv.fr/content/download/33335/247467/file/PT12_Prescriptions%20remblayage%20carrieres%20en%20rhone-alpes.pdf

⁴ Aceptabilidad medioambiental de materiales alternativos en técnica de carreteras - Los materiales de deconstrucción provenientes de la construcción. <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/acceptabilite-environnementale-materiaux-alternatifs-1>



criticidad de los áridos naturales substituidos y las evoluciones de formulaciones (por ej. de hormigón) generadas por los áridos reciclados.

En efecto, podemos observar que los estudios llevados a cabo por el sector demuestran que el proceso de fabricación de los áridos reciclados no es globalmente menos impactante que el de los áridos naturales. El mayor impacto se encuentra a nivel del **transporte** de los residuos hacia los sitios de tratamiento (si no se aprovechan in situ) y luego de los áridos hacia los sitios de utilización (problemática común de los reciclados y no reciclados). Una distancia media de 30 km entre el sitio de fabricación y la obra de implementación es una distancia razonable para asegurarse de que los impactos ambientales asociados a la fase de transporte no sean demasiado elevados.

Las localizaciones respectivas de los sitios de reciclaje y de los sitios de fabricación de áridos naturales en comparación con las obras de demolición y uso de los áridos serán parámetros esenciales.

Los estudios ACV no siempre tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- **Impactos evitados.** Se trata de los impactos que se habrían generado en la eliminación de los residuos en instalaciones de almacenamiento y/o por la fabricación de áridos vírgenes si no se hubieran reciclado los residuos. Estos impactos evitados pueden variar en función de las distancias de transporte y de la tipología de áridos naturales substituidos.
- **Impactos y criticidades locales.** Los ACV usan datos globalizados por los cuales los recursos en áridos no se consideran como críticos⁵. Por tanto, el interés del uso de áridos reciclado no se refleja a través del indicador ACV "Agotamiento de recursos naturales". Sin embargo, es obvio que según los territorios, el agotamiento de los recursos minerales vírgenes (canteras y graveras) es crítico. Siendo ahora limitada la apertura de sitios de extracción, ciertos territorios pronto carecerán de sitios de extracción/fabricación (con una necesidad sin embargo creciente), acarreado el recurso a áridos más lejanos, lo que generará importantes impactos ambientales y económicos. El desafío de la economía del recurso virgen local pasa entonces a ser estratégico (sobre todo en las zonas muy pobladas y alejadas de importantes yacimientos de áridos naturales), y una palanca puede ser el máximo reciclaje de los residuos inertes en áridos reciclados (reciclaje a realizar a nivel local).

Puntos de vigilancia para el uso de materiales reciclados

El interés medioambiental del uso de áridos reciclados no es sistemático. Los agentes de un proyecto tienen que considerar las distancias de transportes entre las obras de demolición y los sitios de reciclaje, luego entre los sitios de fabricación de áridos (reciclados o naturales) y las obras. También tienen que interesarse por los impactos evitados por el reciclaje (eliminación de los residuos y producción de áridos naturales), y la criticidad de los recursos minerales locales.

Los análisis ambientales se hacen mediante:

- ACV para evaluar los impactos globales.
- Estudios de impactos contextualizados al territorio para evaluar los impactos locales.
- Medidas de lixiviación (en su caso) por la aceptación de los residuos.

La tabla que figura a continuación sintetiza los puntos de vigilancia a tener en cuenta y las palancas en función de las principales aplicaciones consideradas en el proyecto.

⁵ Recursos críticos son los recursos escasos o que generan tensiones económicas... ¡a nivel mundial!



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

Aplicación	Requisitos asociados a los residuos recogidos	Puntos de vigilancia	Palancas medioambientales
Hormigón de áridos reciclados	Alta (homogeneidad, trazabilidad...)	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación del hormigón (aumento de la cantidad de cemento, de aditivo). • Distancias de transporte (del residuo al sitio de tratamiento, y de este sitio al sitio de aprovechamiento VS situación del sitio de fabricación de los áridos vírgenes) • Consumo de energía asociado al proceso de reciclaje por el cual el nivel de calidad requerida de los áridos reciclados es alto (aproximado al de los áridos vírgenes: tamaños, distancias...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificar los residuos en la obra con máquinas móviles llevadas al sitio si ello permite asegurar distancias de transporte rondando los 30 km. • Maximizar los flujos de materias tratadas por la maquinaria (trituradores...) con el fin de amortizar su consumo de energías fósiles. • Asegurar una tasa de valorización máxima del proceso de reciclaje con el fin de minimizar las pérdidas no valorizadas y enviadas a ISDNI. • Para los residuos de hormigón armado, reciclar el acero.
Capas base de viales y caminos forestales	Media	<ul style="list-style-type: none"> • Distancias de transporte (del residuo al sitio de tratamiento, y de este sitio al sitio de aprovechamiento VS situación del sitio de fabricación de los áridos vírgenes) • Consumo de energía asociado al proceso de reciclaje. • Posibles sustancias contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificar los residuos en la obra con máquinas móviles llevadas al sitio si ello permite asegurar distancias de transporte rondando los 30 km. • Maximizar los flujos de materias tratadas por la maquinaria (trituradores...) con el fin de amortizar su consumo de energías fósiles. • Realizar un tratamiento (clasificación, trituración, cribado) mínimo que permita responder al pliegue de condiciones requerido por el árido. • Asegurar una tasa de valorización máxima del proceso de reciclaje con el fin de minimizar las pérdidas no valorizadas y enviadas a ISDNI. • Para los residuos de hormigón armado,
Rellenado de canteras	Baja	<ul style="list-style-type: none"> • Distancias de transporte (desde la obra hasta la cantera). • Nivel de tratamiento. • Cantidad de indeseables y contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificar y tratar los residuos en la obra o en el sitio de la cantera a rehabilitar. • Realizar la clasificación que permita la separación de la mínima cantidad de indeseables y valorizar los metales, y poco a poco tratar de manera mecánica.



1. Los áridos en capas base de carreteras, hormigón y caminos



1.1. Distintas tipologías de áridos que dan respuesta a diversas necesidades de la construcción

1.1.1. Los áridos

La definición que se da en las normas para los áridos es la siguiente: "Material granular usado en la construcción. Un árido puede ser natural, artificial o reciclado".

- Normas

Las normas de obligada aplicación para los áridos son las normas armonizadas europeas. Están relacionadas con usos para los áridos.

- NF EN 12620: Áridos para hormigón
- NF EN 13139: Áridos para mortero
- NF EN 13043: Áridos para mezclas hidrocarbonadas y para revestimientos superficiales usados en la construcción de las calzadas, aeródromos y otras zonas de circulación
- NF EN 13242: Áridos para materiales tratados en aglomerantes hidráulicos y materiales no procesados usados para las obras civiles y para la construcción de las calzadas.
- NF EN 13450: Áridos para balastos de ferrocarriles.
- NF EN 13055 -1 & -2: Áridos ligeros para hormigones y morteros; Áridos ligeros para mezclas hidrocarbonadas, revestimientos superficiales y para el uso en capas tratadas y no tratadas, exceptuados los hormigones, morteros y argamasas.

Podemos observar que en Francia, aunque no sea de obligada aplicación, ni sustituya otras normas europeas, se usa mucho la norma NF P 18-545 Áridos - Elementos de definición, conformidad y codificación. Ésta es transversal (todas las aplicaciones) y puede complementar en su caso ciertos aspectos que faltan en las normas EU o en caso de que se tomen disposiciones complementarias.

- Materiales:

Los áridos pueden ser de origen natural, reciclado (áridos procedentes de residuos inertes) o artificial (áridos expansivos, de base biológica...).

Los **áridos naturales** son normativamente "áridos de origen mineral que no han sufrido ninguna otra transformación que la mecánica".

Los yacimientos de áridos naturales son: aluviones glaciares, arenas y gravillas aluviales (fluviales, del litoral o marinas) y rocas macizas (eruptivas antiguas o recientes, sedimentarias consolidadas o metamórficas).

Los **áridos reciclados** son normativamente "áridos resultando de la transformación de materiales inorgánicos anteriormente usados en la construcción".

Proceden principalmente de los residuos inertes de construcción y demolición. Los productos o materiales en el origen de los residuos inertes de la construcción son los siguientes: hormigones, morteros, ladrillos, piedras, cristales, tierras, tejas cerámicas. El potencial de reciclaje en árido reciclado difiere según el uso final del árido reciclado (hormigón, camino peatonal, etc.).



Los **áridos artificiales** son normativamente "áridos de origen mineral resultando de un proceso industrial que incluye modificaciones térmicas u otro".

Estos procesos industriales incluyen por ejemplo transformaciones térmicas (arcilla y esquisto expandido). Se encuentran de manera recurrente las escorias de acería y de incineración.

La figura a continuación presenta la evolución de la producción de áridos en Francia. Notamos la **baja parte asociada a los áridos reciclados o artificiales**. Esta constatación viene explicada por la gran cantidad de áridos consumidos y las bajas cantidades de áridos reciclados/artificiales disponibles con respecto a los áridos vírgenes (por naturaleza, pero también porque los yacimientos de residuos son aún infrautilizados).

En millones de toneladas

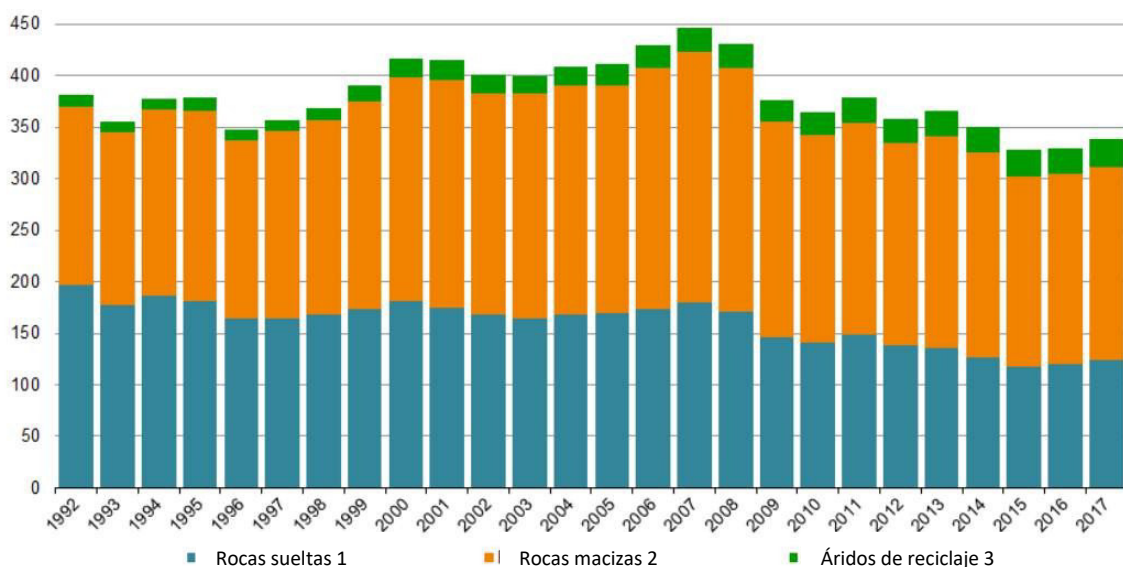


Figura 1-1: Evolución francesa de la producción de áridos de rocas sueltas (aluviales, marinas y arena), de rocas macizas (calcáreas o eruptivas) y reciclados o artificiales (esquistos, escorias y materiales de demolición) (fuente: ree-developpement-durable.gouv.fr)

- Tamaños

Los áridos se dividen en varias familias según su tamaño, es decir, según el **menor diámetro (d) y el mayor diámetro (D)** de sus granos: fillers, finos, arenas, gravillas y gravas.

- Fillers y finos: $d=0$ $D < 1$ mm
- Arena: $d = 0$ $D \leq 2, 4$ o 6.3 mm según sus aplicaciones.
- Gravillas: $d \geq 1$ mm o 2 mm et $D \leq 45$ a 90 mm según las aplicaciones
- Gravas: mezclas de arenas y gravillas.

- Lugares de extracción y estado de superficie de los áridos naturales

- Rocas sueltas y áridos marinos, asociados a un estado de superficie redondeado (**árido conocido como "rodado"**).

Según la naturaleza del medio (cuenca hidráulica activa, seca, litoral, montaña y océano), los medios de extracción serán distintos: dragas, palas con cables dotadas de dragline, retroexcavadoras...

- Rocas macizas terrestres, asociadas a un estado de superficie anguloso (**áridos conocidos como "triturados"**). Estos áridos proceden de capas geológicas compactas y homogéneas que obligan al operador a hacer explotar la roca para volverla disponible. En general, esta roca maciza es más limpia que la roca suelta (menos lodo o arcilla).



Figura 1-2: Áridos vírgenes rodados (izquierda) y áridos vírgenes triturados (derecha)

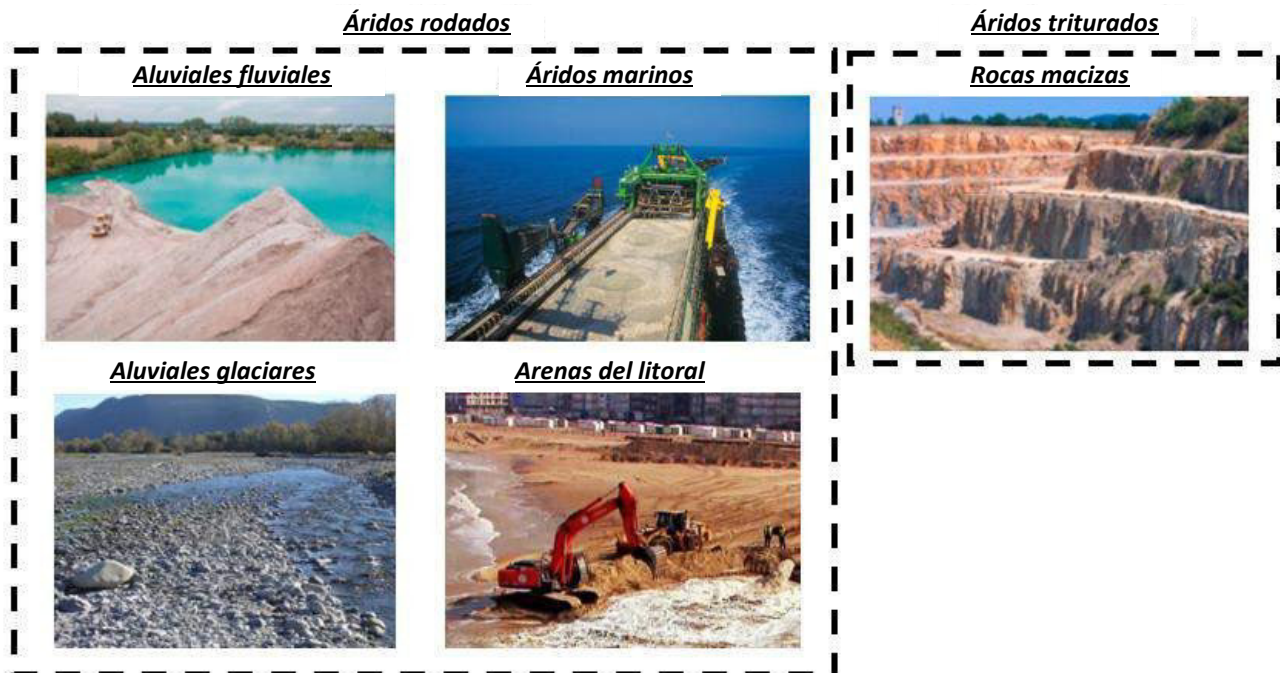


Figura 1-3: Fuentes de extracción de los áridos vírgenes rodados (izquierda) y áridos vírgenes triturados (derecha)

Los sitios de extracción se encuentran activos de manera temporal, ya que el recurso no es inagotable o ya que las obligaciones medioambientales locales limitan la explotación del yacimiento.

El mapa que figura a continuación ilustra el historial asociado a las explotaciones de "Cantera y Materiales" en el suroeste de Francia.

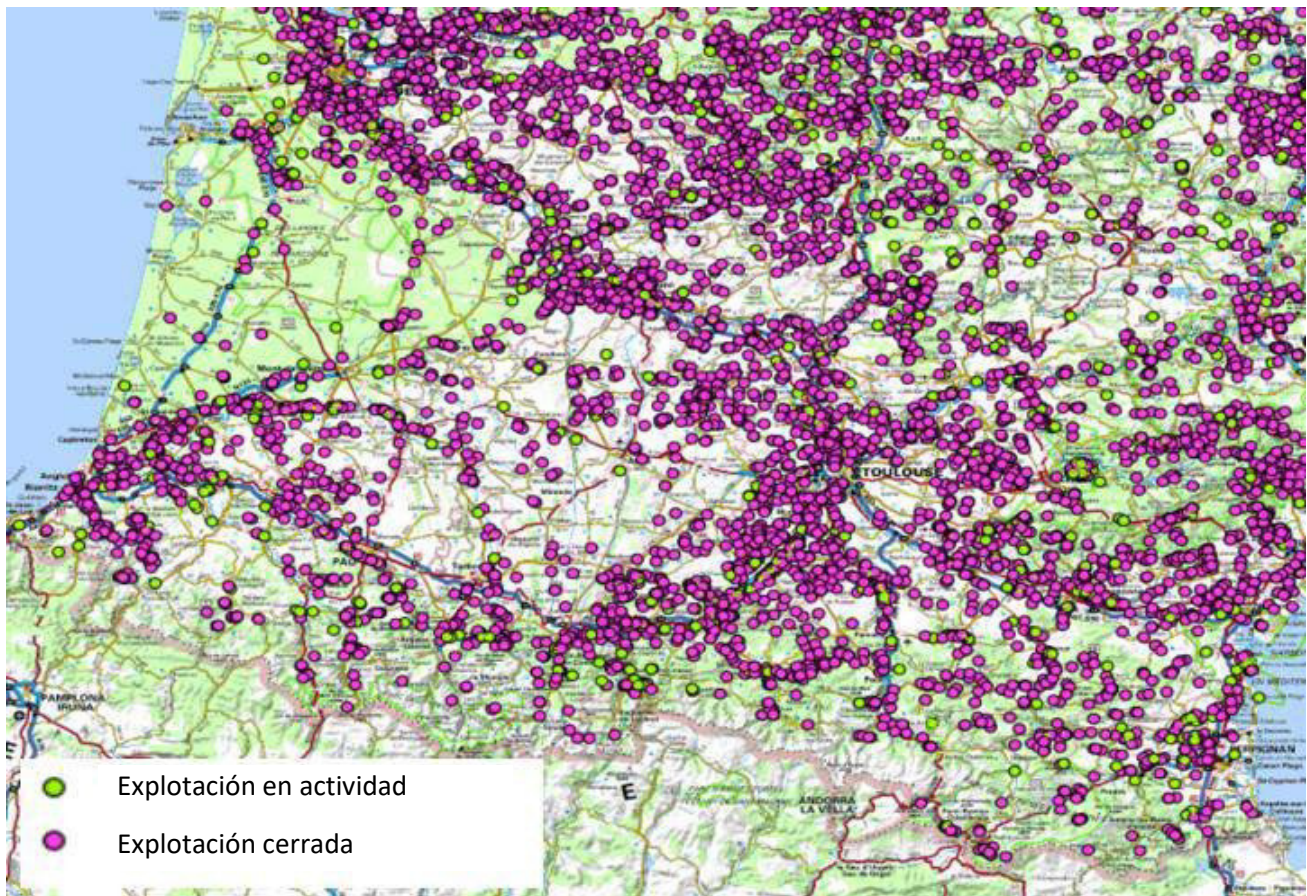


Figura 1-4: Explotaciones de "Cantera y Materiales" activas y cerradas en el suroeste de Francia (Fuente: <http://www.mineralinfo.fr/>)

Siendo los áridos variables por naturaleza (yacimientos, procesos), poseen características distintas que les dirigen hacia las aplicaciones. Comparados con áridos naturales, los áridos reciclados pueden presentar características potencialmente deterioradas por su "antigua vida"⁶, especialmente a causa del aglomerante (cemento) que envuelve áridos de recuperación, y/o de la mezcla de materias (incluyendo por ejemplo terracotas) o incluso de la presencia de indeseables (partículas orgánicas). Respondiendo a las mismas normas (ver §Normas) y requisitos que los áridos naturales, las aplicaciones de los áridos reciclados dependerán de las prestaciones de éstos.

⁶ Life cycle assessment (LCA) of concrete made using recycled concrete or natural aggregates (<https://www.studeersnel.nl/nl/document/technische-universiteit-delft/materials-and-ecological-engineering/overige/life-cycle-assessment-lca-of-concrete/4289011/view>)



1.1.2. Principales aplicaciones de los áridos

Conviene señalar que:

- La principal salida de los áridos reciclados es en forma de **gravas para las capas base de carreteras** (diámetro superior incluido entre 20 y 63 mm), ya que hay una fuerte demanda y los requisitos son inferiores a los de los hormigones y morteros. Este uso es relativamente común y es objeto de guías técnicas.
- El uso de los fresados de mezclas bituminosas se ha convertido en algo común. No es el caso para los áridos procedentes de las demoliciones de edificios (hormigón y cerámica).
- El aprovechamiento en **hormigones** (según la NF EN 206-1) de áridos reciclados procedentes de demoliciones va avanzando. De momento no se usan más que los áridos reciclados de hormigón.
- Vemos aparecer los primeros usos de finos de hormigones reciclados en sustitución del cemento en las formulaciones de hormigones y morteros hidráulicos.
- El uso de los residuos de demolición y movimientos de tierra en el rellenado de canteras es común. Entonces no se transforman los residuos en áridos.

En función de sus características, los áridos se utilizan para distintas aplicaciones, compartidas en dos sectores:

- La construcción: en los **hormigones** (NF EN 12620, NF EN 206-1: Hormigones) y **morteros** (NF EN 13139), en cimientos, azoteas (protección de impermeabilidad).
El aprovechamiento de los áridos reciclados en el hormigón tendrá que cumplir con las normas NF EN 206-1: Hormigones, y NF EN 12620: Áridos para hormigón. Existen cada vez más guías de recomendaciones⁷ procedentes del proyecto nacional RECYBETON.
- Las obras públicas: como **relleno de carreteras**, capa de forma y de base en forma de **gravas tratadas o sin tratar** (NF EN 13242), en **superficies de calzada** (revestimientos; NF EN 13043) y en gaviones.
El aprovechamiento de los áridos reciclados en las aplicaciones citadas deberá cumplir con las normas indicadas. Existen cada vez más guías para el uso de las gravas de demolición en construcción de carreteras, especialmente el Guide d'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les matériaux de déconstruction issus du BTP⁸ et le guide du Cerema: Graves de Valorisations, Graves de déconstruction⁹. (Guía de aceptabilidad medioambiental de materiales alternativos en técnica de carreteras - los materiales de deconstrucción procedentes la construcción⁸ y la guía del Cerema: Gravas de reciclados, Gravas de deconstrucción⁹).

Otra aplicación consiste en usar los residuos inertes para la rehabilitación de los sitios de extracción de áridos (**relleno de cantera**). Los **yacimientos reciclados** (excavaciones y residuos de demoliciones) **no se transforman en áridos, no sufren tratamientos de tipo trituración/cribado** sino únicamente una separación de los indeseables como la madera, el plástico, el metal, el yeso, etc.

Más adelante, la guía sólo trata de las siguientes aplicaciones en las cuales los residuos inertes son transformados en áridos para sustituirse a los áridos naturales: hormigón, capa base de carreteras y camino de tipo "forestal". Esta última aplicación se trata de manera equivalente a una capa base de carretera.

⁷ https://www.pnrecybeton.fr/wp-content/uploads/2018/11/RECYBETON_Recommandations_2018-11-26.pdf

⁸ <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/acceptabilite-environnementale-materiaux-alternatifs-1>

⁹ https://www.idrri.com/ressources/documents/6/3021,Graves_deconstruction_02_04_14WEB.pdf



También existen aplicaciones, de momento más confidenciales, para el reciclaje de finos minerales procedentes de procesos de tratamiento de los residuos inertes de hormigón. Estos finos, según su grado de micronización se usan como cargas en mezclas compuestas y piedras reconstituidas. Ciertos agentes como NOBATEK/INEF4 y TECNALIA están experimentando de manera exitosa el uso de estos finos reciclados de hormigón en sustitución del clinker en la fabricación del cemento o directamente de una parte del cemento en las formulaciones de hormigón (normativamente hasta el 5%), reduciendo así el impacto ambiental del hormigón producido de esta manera.

1.2. Modelo lineal: extracción de áridos procedentes de recursos naturales y puesta en vertederos

Los siguientes apartados describen los procesos de fabricación asociados a la producción de los dos principales tipos de áridos dentro de los Pirineos atlánticos¹⁰:





- Los áridos triturados procedentes de rocas macizas (calcáreas), representando aproximadamente un 74% de la producción de áridos del departamento y un 65% de su consumo.
- Los áridos rodados procedentes de rocas sueltas, representando aproximadamente un 15% de la producción de áridos del departamento y un 23% de su consumo.

1.2.1. Fase de fabricación

Las tablas que se muestran a continuación describen las fases de fabricación de áridos de rocas macizas y aluviales. Se señalan en **rojo** los procesos que generarán impacto ambiental fundamental y que se abordarán en la segunda parte del informe.

¹⁰ http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3_201803_unicem_approvisionnement_granulats_na_2.pdf

Tabla 1-1 Breve descripción del proceso de obtención de áridos vírgenes triturados procedentes de rocas macizas

Fase del proceso	Comentario	Ilustraciones
<p>Decapado de las tierras de cubierta (« descubierta »)</p>	<p>La primera fase consiste en decapar las tierras y la biomasa que recubre el yacimiento de rocas a explotar.</p> <p>La maquinaria de obra funciona con los siguientes combustibles: Gasóleo no de carreteras (GNR) y Fuel Doméstico Ordinario (FOD).</p> <p>Las tierras decapadas se almacenan generalmente par ser usadas como tierras de relleno al final de la explotación de una cantera.</p> <p>En algunos casos, el decapado no es necesario: lecho de río, frente de arranque directamente explotable.</p>	
<p>Extracción de las rocas</p>	<p>En el caso de las rocas macizas, la extracción se hace generalmente con explosivos colocados dentro de las frentes de arranque. Después de la explosión, la roca reventada se puede explotar (trituración, clasificación).</p> <p>En el caso de las rocas sueltas, el yacimiento se extrae por medio de una draga, dragline o retroexcavadora según el medio explotado.</p>	 
<p>Transporte de las rocas brutas hacia la zona de tratamiento</p>	<p>La maquinaria de movimientos de tierra (retroexcavadora y volquetes o camiones volquetes) carga la roca y la transporta hacia la instalación de tratamiento.</p> <p>En algunos casos (sobre todo en graveras), cintas transportadoras llevan</p>	



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

<p>Tratamiento de las rocas</p>	<p>Luego las rocas se trituran y/o criban a los tamaños deseados. También, a menudo se prevé una operación de lavado (sobre todo en las graveras) con el fin de quitar los lodos, arcillas y polvos.</p>	
<p>Transporte de los áridos hacia el sitio de almacenamiento</p>	<p>Los áridos se transportan hacia sitios de almacenamiento. Lo más a menudo se sitúa en el mismo sitio de producción. En caso de almacenamiento intermediario externo, el transporte se realiza en tren, barco o camión. En un contexto de entorno montañoso, se da preferencia a los camiones.</p>	
<p>Transporte de los áridos hacia las obras o sitios industriales de uso</p>	<p>Los áridos son transportados por camión hacia la obra (si la aplicación se hace in situ) o hacia el sitio de fabricación de los productos acabados (áridos tratados). Las distancias medias de transporte rondan los 30 km.</p>	

1.2.2. Fase de vida en obra

Las capas base de carreteras, hormigón y caminos forestales no necesitan acciones de mantenimiento diferentes según la naturaleza de los áridos (vírgenes o reciclados). En todos los casos, ambos tipos de áridos cumplen con los requisitos reglamentarios relacionados al uso considerado.

1.2.3. Fase de final de vida útil

Sin proceso de reciclaje de los residuos inertes (tierras de excavaciones, hormigones, morteros, terracotas, etc.) son **enviados hacia** Instalaciones de Almacenamiento de los Residuos No Peligrosos (ISDND en francés) o hacia Instalaciones de Almacenamiento de Residuos Inertes (ISDI). Sin embargo, este escenario de eliminación no es el más común ya que más del 70% de los residuos inertes son aprovechados por los profesionales de la construcción (todos los reciclajes, incluyendo relleno de cantera)



1.3. Modelo circular: reciclaje de los residuos de la construcción en ciclo cerrado

1.3.1. Los residuos inertes: definición y vías de reciclaje

Los residuos inertes son residuos que no "sufren ninguna modificación física, química o biológica importante. Los residuos inertes no se descomponen, ni se queman y no producen ninguna otra reacción física o química. No son biodegradables, ni deterioran otros materiales con los cuales entran en contacto, de manera susceptible de producir una contaminación del medio ambiente o de dañar la salud humana »¹¹.

La tabla que aparece a continuación recoge las principales tipologías de residuos inertes y sus aplicaciones comunes con áridos vírgenes, objeto de este informe)

Tabla 1-2 residuos inertes procedentes de la construcción o del final de vida útil de edificios o viales y posibles reciclajes

Residuo	Posibles reciclajes
Hormigones cementosos	Nuevo uso, Espumas minerales, Aislante en aerogel de sílice, Reciclaje en hormigón, Capa base de carretera , polvo de sustitución de cemento. Caminos forestales, Terraplenados de carreteras , Rellenado de cantera
Morteros / revestimientos cal o cemento	Espumas minerales, Capa base de carretera, Caminos forestales, Terraplenados de carreteras , Rellenado de cantera
Productos de terracota (ladrillos, tejas)	Reciclaje en Piso de tierra, Espumas minerales, Reciclaje en industria de la terracota, Capa base de carretera, Caminos forestales, Terraplenados de carreteras , Rellenado de cantera
Piedras	Nuevo uso, Espumas minerales, Capa base de carretera, Caminos forestales Terraplenados de carreteras , Rellenado de cantera
Cristal	Nuevo uso, Espumas minerales, Reciclado en industrias de materiales (cargas para compuestos), Áridos brillantes para mezclas bituminosas, Aglomerante para caminos (ex Esportec), Rellenado de cantera
Tierras de excavaciones	Terraplenados de carreteras , Rellenado de cantera. Separación de los componentes (arcilla, finos, áridos) para reciclaje de los materiales
Mezclas hormigones, morteros, ladrillos...	Capa base de carreteras, Caminos forestales, Terraplenados de carreteras , Rellenado de cantera

¹¹ Directiva 1999/31/CE del Consejo del 26 de abril de 1999 - JOCE del 16 de julio de 1999



1.3.2. Algunas cifras

Conviene señalar que:

- La gran mayoría de los residuos de la construcción son residuos inertes y proceden de las obras públicas.
- Para las OP, son mayoritariamente tierras e inertes mezclados.
- Para la construcción, son mayoritariamente hormigón, gravas y tierras, e inertes mezclados.
- Los residuos inertes de la construcción son mayoritariamente reciclados (todos los reciclados, incluidos relleno de canteras y terraplenados).
- La región de Nueva Aquitania produce unos 11 Mt/año de residuos inertes, de los cuales 1,6 Mt/año para los Pirineos Atlánticos lógicamente concentrados en las cuencas de población de la costa vasca y de la cuenca de Pau.
- Estos volúmenes importantes resaltan el aspecto estratégico del reciclaje de los residuos inertes en nuestros territorios.
- Una mayoría de los residuos inertes son reciclados pero en gran parte para usos de poco valor añadido (terraplenados de carreteras, relleno de canteras) no sustituyéndose así a los áridos nuevos en las aplicaciones "más nobles".
- Además de la prevención de los residuos, los desafíos se encuentran por tanto alrededor del reciclaje de residuos inertes aún no aprovechados (alrededor de un 30%) y, cuando esto adquiere sentido desde un punto de vista ambiental, aumentar la parte de reciclado materia (en los hormigones, gravas de carreteras) en vez de terraplenado de canteras.

La red de los CERC (Observatorios regionales de la filial Construcción) ha producido un conjunto de estudios estadísticos sobre los residuos de la construcción. A continuación vienen unos informes significativos a nivel nacional y del territorio de Nueva Aquitania de los cuales proceden las siguientes cifras.

- Residuos y reciclaje de la construcción y las obras públicas en Francia: las contribuciones de la red de los CERC¹²
- Estudio sobre los volúmenes de residuos de la construcción y los materiales reciclados en AQUITANIA¹³ (2015)
- Los residuos inertes de la construcción en Nueva Aquitania - Evaluación y análisis del yacimiento Identificación de los procesos de tratamiento¹⁴ (2017)
- Residuos inertes Construcción y Obras públicas, y materiales reciclados en Nueva Aquitania – Síntesis campaña de encuesta 2018¹⁵ (2019)
- Evaluación de las repercusiones económicas de la industria de las canteras y materiales reciclados en Nueva Aquitania¹⁶ (2019)

Nacional

El sector de la construcción francés produce un volumen muy importante de residuos, principalmente inertes. De hecho, son unos 230 Mt residuos/año de los cuales un 85% provienen del sector de las obras públicas, aproximadamente un 92% son inertes¹⁷ (en peso) para el sector de la construcción, un 42 % para la construcción de edificios, y un 75% para las obras de demolición de edificios.

¹² http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/res/dechets_chantier/PDF/CERC_Dechets_et_recyclage_BTP_France.pdf

¹³ <https://www.cerc-na.fr/wp-content/uploads/2018/06/Rapport-Dechets-du-BTP-Aquitaine.pdf>

¹⁴ https://www.cerc-na.fr/wp-content/uploads/2018/06/LIVRABLES_CERC_AREC_VF_COURT.pdf

¹⁵ https://www.cerc-na.fr/wp-content/uploads/2019/03/DECHETS_CERC_2018_DEF.pdf

¹⁶ https://www.cerc-na.fr/wp-content/uploads/2019/12/Empreinte-socio-economique_carrieres_WEB.pdf

¹⁷ http://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/res/dechets_chantier/PDF/CERC_Dechets_et_recyclage_BTP_France.pdf



"Un 62% de los residuos y materiales inertes procedentes de las obras francesas en obras públicas, antes de nuevo uso, son tierras y materiales sueltos no contaminados".

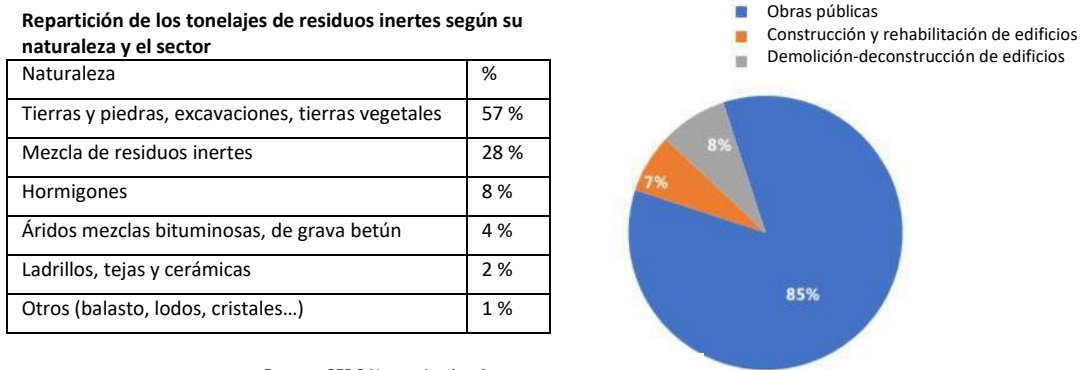
"Un 31% de materiales son reutilizados/reciclados en la obra de origen en la obras públicas en Francia".

"Un 76% de los residuos y materiales inertes acogidos en las instalaciones especializadas de la construcción son reciclados, aprovechados y reutilizados en Francia (de los cuales un 39% en relleno de canteras)".

Nueva Aquitania

La región Nueva Aquitania produce unos 11 Mt/año de residuos inertes (lo que equivale a 1,77 a 1,96 t/hab./año) de las cuales 1,3 Mt/año para los Pirineos Atlánticos.

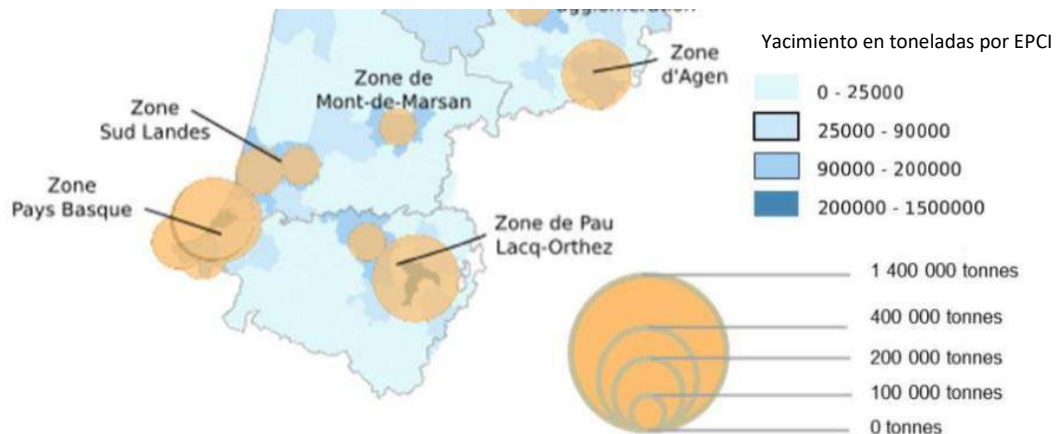
La siguiente figura presenta la repartición del origen y de la naturaleza de los residuos inertes para la construcción en Nueva Aquitania.



Fuente: CERC Nueva Aquitania

Para el sector de la demolición de edificios y de infraestructuras en Nueva Aquitania, el CERC NA estima que aproximadamente un 33% de los residuos son hormigones, un 31% gravas, un 20% mezclas de inertes.

La figura que se muestra a continuación presenta los yacimientos de residuos inertes según los EPCI (establecimiento público de cooperación intermunicipal).



Fuente: CERC Nueva Aquitania

Figura 5: Yacimientos de residuos inertes según los EPCI



1.3.3. Fase de fabricación de áridos reciclados

La principal fuente de residuos transformados en áridos reciclados (Excepto terraplenados de carreteras, relleno de canteras) es el hormigón, especialmente porque corresponde a una materia que puede ser controlada, homogénea y de calidad. La figura que se muestra a continuación presenta las fuentes de residuos asociadas a la fabricación de áridos reciclados en Nueva Aquitania.



Figura 1-6: Fuentes asociadas a la fabricación de áridos reciclados en Nueva Aquitania (CERC Nueva Aquitania)

La tabla que se muestra a continuación ilustra el proceso de obtención de áridos reciclados. Se indica en rojo los procesos que generarán un fuerte impacto ambiental y serán abordados en la segunda parte del informe.

Tabla 1-3 Breve descripción del proceso de obtención de áridos reciclados procedentes de residuos de la construcción.

Fase del proceso	Comentario	Ilustraciones
Recuperación de los residuos inertes	Tras la deconstrucción de los componentes (paredes de edificios, carreteras...), los residuos son colectados y transportados por camiones hacia plataformas de clasificación y de gestión de residuos de la construcción. Esta fase es similar a la fase de transporte hacia ISDND / ISDI (transporte por camión). El interés consiste en tener una plataforma de tratamiento cerca de los sitios productores de residuos inertes y/o de los sitios de uso.	



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

<p>Control</p>	<p>Se realiza un control visual potencialmente unido a ensayos con el fin de detectar la presencia de indeseables (madera, yesos, plásticos) en cantidad demasiado importante, de sulfato o de alquitrán. Este control de la calidad "química" de la materia permite asegurar su equivalencia comportamental en comparación con áridos naturales. El proceso de clasificación permitirá también separar los materiales.</p>	
<p>Recuperación de los residuos aprovechables en áridos reciclados</p>	<p>Los elementos monolíticos se trituran con un martillo hidráulico o una pinza hidráulica (en obra o sitio de valorización), luego se tritura los residuos reducidos con trituradores de percusión, se desarman (por clasificación magnética) y se clasifican manualmente para los yacimientos que lo necesitan. Algunas instalaciones pueden también presentar dispositivos de clasificación por flotación o aerólico.</p>	
<p>Tratamiento secundario asociado a los áridos reciclados requeridos</p>	<p>Una trituración secundaria seguida de un cribado permiten obtener los áridos reciclados requeridos, en función de las aplicaciones finales (hormigón, viales...).</p>	
<p>Transporte de los áridos hacia las obras o sitios industriales de uso</p>	<p>Los áridos son transportados en camión hacia la obra (si la aplicación se hace in situ) o hacia el sitio de fabricación de los productos acabados (áridos tratados). Las distancias medias de transporte rondan los 30 km.</p>	

Por tanto, la evolución del ciclo de vida útil es idéntica a la de los áridos naturales (aplicación y vida en obra). Al final de su vida útil, el producto vuelve a ser un residuo inerte y se puede integrar de nuevo en el ciclo. Si este ciclo parece intuitivamente virtuoso con respecto a la gestión de los residuos, puede necesitar procesos y agentes distintos de los procesos clásicos. **Esta actividad de reciclaje también genera impactos** y por tanto es importante considerarla con el fin de evaluar la pertinencia medioambiental del reciclaje.



2. Evaluación medioambiental de los áridos vírgenes y los áridos reciclados



Este capítulo sintetiza las constataciones establecidas en los estudios de tipo Análisis de Ciclo de Vida útil (ACV) realizados sobre el tema de los áridos reciclados. Además de los ACV, se presenta un análisis cualitativo de los impactos ambientales en segunda parte. Este análisis cualitativo permite entender conceptos ambientales difícilmente reflejados en los ACV convencionales (en gran parte por causa de las problemáticas enunciadas en el anexo 2: indicadores ambientales, método de cálculos, regionalización y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad).

2.1 impactos ambientales globales (según los estudios ACV)

Conviene señalar que:

- No existe **consenso sobre el hecho de que la producción de áridos reciclados es menos impactante que la de áridos vírgenes**. En efecto, las fichas de declaración medioambiental y sanitaria demuestran que la producción de gravas recicladas es menos impactante que la de gravas nuevas. Pero otros estudios de federaciones y científicos demuestran, en cambio, que el proceso de producción de los áridos reciclados es equivalente al de los áridos vírgenes en términos de impactos ambientales.
- El reciclaje del acero en el hormigón armado permite, en cambio, mejorar el interés medioambiental del reciclaje de los residuos de hormigón armado.
- No siempre se plantean los **impactos evitados** por el reciclaje relacionados con el hecho de evitar la eliminación de los residuos en ISDI/ISDND o evitar la producción de áridos vírgenes. Sin embargo, estos impactos podrían justificar el interés medioambiental de la utilización de los áridos reciclados.
- La **fase más impactante** en los procesos de gestión de los residuos y de uso de los áridos **sigue siendo el transporte**. Se considera una distancia media de 30 km, y una distancia superior podría aumentar considerablemente el balance medioambiental de los áridos (reciclados o nuevos).
El interés medioambiental del reciclaje de residuos inertes o del uso de áridos reciclados en comparación con áridos vírgenes depende también directamente de las distancias de transporte (considerar el transporte del residuo hasta el sitio de reciclaje y el transporte del árido hasta el sitio usuario).
- Para un **reciclaje en relleno de canteras**, es esencial **limitar al máximo las operaciones de tratamiento** (manipulaciones, trituración y cribado).
- Para un uso de los áridos reciclados en áridos para **hormigón**, **asegurarse de que el uso de los reciclados no acarree un consumo excesivo de cemento y/o de superplastificante** más impactante que las ganancias medioambientales intrínsecas a los áridos reciclados
- Finalmente, el conjunto de estos estudios consideran impactos ambientales globales. Los desafíos ligados a los recursos locales (agotamiento, disponibilidad) pueden ser elementos de decisión complementarios.

En Francia, la base de datos INIES proporciona

declaraciones medioambientales y FDS¹⁸ que cumplen con la norma ISO 14025 y su aplicación en el sector de la construcción (EN 15804). Los evaluadores de impacto ambiental de los proyectos usan las FDES para la realización de los ACV.

¹⁸ Fichas de datos medioambientales y sanitarios.



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

A continuación, se presenta el comparativo de las FDES relativas entre gravas de rocas sueltas, gravas de rocas macizas y gravas recicladas¹⁹. De manera global, la FDES de las gravas recicladas indica que su producción es menos impactante que la de las gravas de áridos vírgenes.

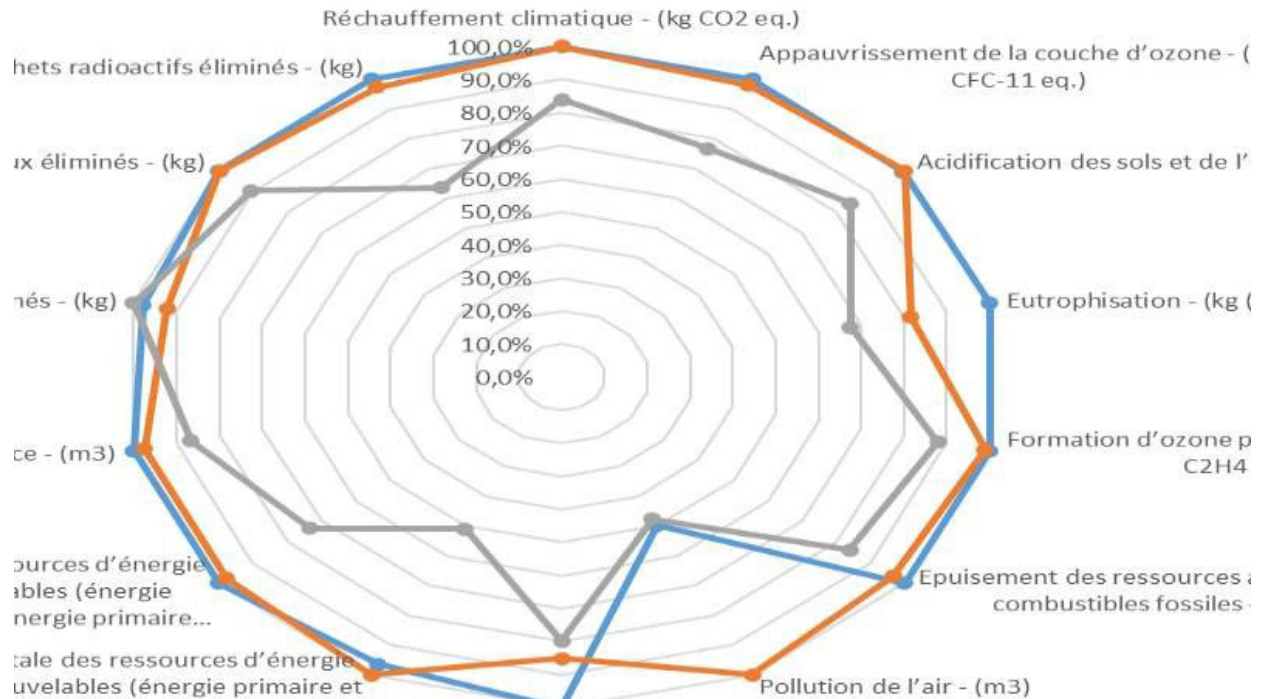


Figura 2-1: Comparación multicriterio de los impactos ambientales asociados al ciclo de vida de diferentes gravas (fuente: INIES)

Hecha esta constatación de valorización de los áridos reciclados, es conveniente constatar que **otros estudios son más mitigados sobre la pertinencia ambiental de la producción de áridos reciclados**. Destaquemos los ejemplos del informe “*Empreinte carbone de la valorisation des déchets du bâtiment en France, Rapport technique – Décembre 2019*²⁰” (Huella de carbono de la valorización de los residuos de la construcción en Francia, Informe técnico – Diciembre 2019²⁰) (FFB, SEDDRé) y del estudio “*Sustainability evaluation of natural and recycled aggregates through Life cycle assessment*” (Polytechnic of Turin)²¹.

Estos estudios estiman que a un nivel global y a través de un ACV, el **reciclaje de residuos inertes, por los impactos relacionados con los procesos de tratamiento, no representan beneficios medioambientales con respecto a la producción de áridos vírgenes**. Estas constataciones se establecen específicamente por los indicadores de emisiones de GES, cambio climático, acidificación y eutrofización.

No obstante, los estudios demuestran que la valorización del metal contenido en el hormigón armado puede ser un criterio diferenciador que permita al reciclaje volver a ser beneficiario desde un punto de vista un punto medioambiental.

Destaquemos también que estos estudios no toman en cuenta los **impactos evitados relativos a la eliminación de los residuos** en ISDI o ISDND. Estos impactos evitados pueden también inclinar la balanza en favor del reciclaje.

¹⁹ Los valores de impactos así como el detalle de las contribuciones según el ciclo de vida son presentes en los anexos (véase el anexo 1 para la comprensión del desglose del ciclo de vida, y anexo 2 para los resultados de impactos). Se puede consultar las hipótesis en la web de INIES <http://www.inies.fr/accueil/>.

²⁰ <http://www.seddre.fr/media/empreinte-carbone-de-la-valorisation-des-dechets-du-batiment-en-france-rapport-technique-2019.pdf>

²¹ <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB9129.pdf>



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

El estudio de FFB/SEDDRe estima que las emisiones relativas a la transformación de los residuos (exceptuando clasificación/agrupación) en vista de una valorización en relleno de canteras son aproximadamente unos 7,66 kg CO₂eq/tonelada de residuos, sustituyéndose a sólo 2,31 kg CO₂eq/tonelada de materiales vírgenes. Por tanto, el impacto relacionado con las operaciones de tratamiento puede cuestionar el interés medioambiental de la valorización de los residuos en relleno de canteras.

El informe también pone de manifiesto el **impacto mayor de las fases de transporte** de los residuos en una primera fase y de los áridos en la fase final. Cuanto mayor sea la red territorial de los sitios de valorización (y por tanto cercana a las obras) y cuanto más alejados se encuentren los sitios de producción de áridos vírgenes, tanto mayor será interés del reciclaje y del uso de áridos reciclados.

Es importante comprender que, teniendo en cuenta los impactos ambientales cercanos entre el proceso de árido "reciclado" y "sin reciclar", la **naturaleza del árido sustituido** también puede impactar el interés medioambiental del reciclaje. El estudio "*Life Cycle Assessment of Aggregates*" del Imperial College London²² calcula por ejemplo que las **emisiones de GES asociadas a los áridos rodados marinos no son superiores a las emisiones de áridos terrestres o reciclados**. Los consumos energéticos asociados a las dragas marinas son los principales contribuidores medioambientales.

Destaquemos también que en la base ecoinvent, usada para la realización de ACV, la producción de áridos de rocas macizas es más impactante que la de áridos rodados de roca suelta (excluyendo marinos). Por lo tanto, el interés medioambiental de los áridos reciclados es más interesante (en las condiciones de este análisis, y a igual distancia de transporte) en sustitución de áridos triturados de roca maciza.

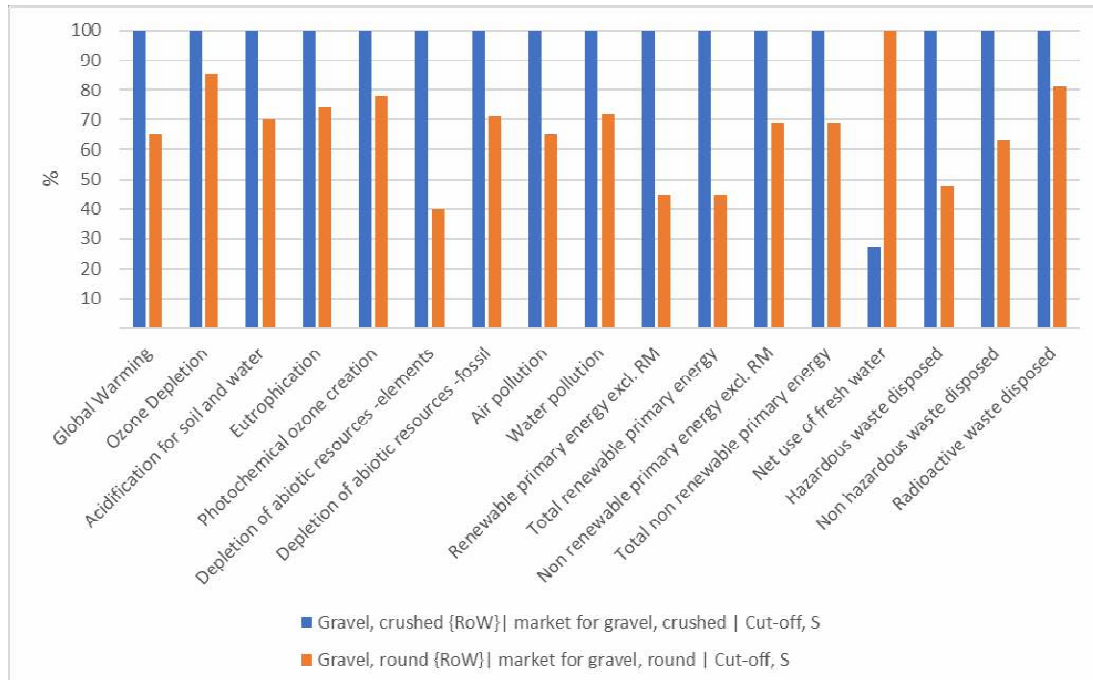


Figura 2-2: Comparativo entre la producción de áridos rodados (naranja) y áridos triturados (azul), según el método Ev-DEC EN15804

²² <https://ceramics.org/wp-content/uploads/2017/05/EVA025-MIRO-Life-Cycle-Assessment-of-Aggregates-final-report.pdf>



Caso específico del uso de áridos reciclados en los hormigones:

Además de los parámetros ya evocados (distancia de transporte y consumo de energía de la maquinaria), los estudios ACV ponen de manifiesto un fuerte desafío de controlar la **cantidad de cemento en los hormigones de áridos reciclados**. En efecto, **la introducción de áridos reciclados puede aumentar la necesidad de cemento**. No obstante, éste es responsable de aproximadamente un 90% de los impactos ambientales del hormigón. El estudio "Analyse du cycle de vie de bétons de granulats recyclés : influence des paramètres de composition et du transport »²³ (Análisis del ciclo de vida útil de hormigones de áridos reciclados: influencia de los parámetros de composición y del transporte) demuestra la necesidad de **añadir un superplastificante** en los hormigones constituidos de Áridos Reciclados de Hormigones (ARH) para asegurar la equivalencia estructural entre esos hormigones constituidos de áridos naturales (AN)

2.2 impactos ambientales locales

Ya mencionado en el capítulo anterior, el propio proceso de fabricación de los áridos reciclados no es necesariamente menos impactante que el de los áridos vírgenes. Por lo tanto es necesario interesarse por los impactos evitados (vinculados con el enterramiento de los residuos si no fueran valorizados, y el consumo evitado de recursos naturales vírgenes) y por las fases de transporte.

Además, los métodos de ACV utilizan datos globalizados en los cuales los recursos minerales corrientes (excluyendo tierras escasas) son abundantes y su propio consumo para la extracción de áridos vírgenes no es crítico. Esto es válido a nivel mundial. En cambio, los contextos locales pueden ser totalmente diferentes y un territorio dado puede hacer frente a un agotamiento rápido y problemático de sus recursos naturales.

En cuanto al agotamiento de los recursos locales, más allá del estudio ACV, también puede ser pertinente evaluar el interés de áridos reciclados en términos de criticidad de los recursos minerales locales. Se entiende que cada vez se abrirán menos canteras. Tarde o temprano, el agotamiento de una cantera llevará a ir a buscar áridos más lejos y así aumentar aún más los impactos ambientales de los áridos vírgenes. En los casos en los que los sitios de fabricación de áridos reciclados y áridos vírgenes (con criticidad sobre el agotamiento) se encuentren a proximidad de los sitios de uso, puede ser pertinente utilizar al máximo los áridos reciclados y conservar los áridos vírgenes únicamente para los usos que necesiten prestaciones elevadas (hormigones estructurales, revestimientos). El estudio "*Life cycle assessment (LCA) of concrete made using recycled concrete or natural aggregates*" (Universidad de Belgrado y Novi Sad) estima por ejemplo que el uso de un 100% de áridos reciclados en 1 m³ de hormigón permite evitar la puesta en vertederos de 1.071 kg de residuos pero también la extracción asociada a 1 071 kg de áridos vírgenes.

El uso de áridos reciclados puede permitir evitar impactos relacionados con el enterramiento de residuos inertes en ISDI/ISDND y con la explotación de áridos vírgenes en canteras locales. La región de Nueva Aquitania ha establecido un documento que permite entender los desafíos medioambientales locales: "*Bilan des schémas départementaux des carrières de Nouvelle Aquitaine, Impact des carrières sur l'environnement – préconisation*"²⁴ (Balance de los esquemas departamentales de las canteras de Nueva Aquitania, impacto ambiental de las canteras –recomendaciones). Este documento desglosa los **desafíos locales asociados a las actividades de extracción de las rocas** de cantera y proponer la síntesis en la tabla que aparece a continuación. Es importante recordar una vez más que la naturaleza y la intensidad de los impactos variarán en función de los tipos de canteras (aluvial en capa o fuera de capa, roca maciza en las laderas o en fosa, etc.).

²³ <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02124845/document>

²⁴ http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/b_bilan_impacts_carrieres_environnement_nouvelle_aquitaine.pdf



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

Tabla 2-1 Principales impactos potenciales (y constatados tras la implementación de medidas ERC (Evitar, Reducir y Compensar) de las canteras sobre el medioambiente

Tema	Impactos posibles	Medidas principales ERC	Impactos constatados
Aguas	Rechazo de aguas pluviales cargadas de finos Alteración del flujo de la capa Riesgo de captura de cursos de agua Rectificación de curso de agua Destapado de la capa acarreado riesgos de contaminación y de evaporación	Recolectar y tratar las aguas pluviales (R) No abrir cantera dentro de un curso de agua (E) Limitar la profundidad de extracción, asegurara el sitio (R)	Impactos constatados moderados
Biodiversidad	Supresión de hábitats y de hábitats de especies preocupantes Mortalidad de individuos durante la explotación Alteración de individuos presentes en periferia del sitio Creación de nuevos hábitats y aparición de nuevas especies durante la explotación Aparición y desarrollo de especies exóticas invasoras	Evitar zonificaciones reglamentarias y otras zonas preocupantes tras estudios previos (E) Compensar si no se ha podido evitar todo (C) Proteger a los individuos antes del inicio de las obras, adaptar los periodos de obras (R) Proteger las zonas sensibles en periferia del sitio (R) Hacer seguimientos ecológicos durante la explotación (S) y proteger a los individuos si es necesario (R) Seguir y gestionar estas especies (S y R)	Impactos moderados si se ha llevado correctamente la fase de evitación en estudios previos. De lo contrario, incertidumbres sobre la eficiencia de la compensación y el alcance a la equivalencia ecológica. Insuficiencia de los seguimientos durante et después de la explotación. Desarrollo de las especies exóticas invasoras difícil de controlar. Ganancia en el caso de rehabilitaciones con vocación ecológica.
Paisaje y patrimonio	Apertura, artificialización del paisaje Creación de co-visibilidades Riesgos de destrucción de vestigios arqueológicos	Evitar por elección de una localización que limita la co-visibilidad (E) Evitar por confinamiento detrás de las líneas de cresta (E) Plantar, formar merlones paisajísticos (R) Reordenar progresivamente (R) Evitar las zonas de interés cultural y arqueológico (E)	Impacto tratado sistemáticamente. Impacto constatado moderado. Impacto acumulado que puede ser importante en los sectores con fuerte concentración geográfica de canteras.



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

Agricultura y silvicultura	Consumo de espacios agrícolas y silvícolas	Evitar de las zonas de más riesgo (E) Limitar la profundidad o rellenar con residuos inertes para la restauración agrícola (R) Compensar para los terrenos forestales (C)	Impacto limitado por la compensación silvícola y la restauración agrícola siempre que sea posible. No obstante, cabe señalar el desfase temporal entre la supresión de la tierra agrícola y su reconstitución.
Comodidad del vecindario	Ruidos ambientales Vibraciones Emisiones de polvos que tienen efectos en el hombre y su entorno	Implementar dispositivos técnicos relativos al material que permitan limitar las emisiones sonoras y las vibraciones (R) Colocar merlones que limiten las emisiones de polvo hacia el exterior, regar las pistas de obras (R) Hacer seguimientos de las emisiones sonoras y de viviendas (S)	Impactos globalmente moderados debido a los avances tecnológicos sobre el material
		Evitar atravesar zonas de aglomeración (E) Concienciar al personal (R)	Impacto que puede ser elevado a nivel local, difícil de reducir.

Unos estudios locales que tienen en cuenta los **desafíos ambientales específicos del territorio** pueden permitir evaluar plenamente el interés medioambiental de la producción de áridos reciclados y de su uso. Hay que revisar las siguientes temáticas:

- Yacimiento de recursos naturales,
- Biodiversidad local,
- Calidad del paisaje,
- Desafíos agrícolas,
- Logística de transporte,
- Vecindario,
- Impacto en el agua.

Cuando es posible (sitio de extracción cercano a un territorio medianamente a densamente poblado), también es pertinente prever las actividades de reciclaje de los residuos inertes en áridos reciclados en un sitio de extracción y de producción de áridos vírgenes. Limita así los impactos relacionados con el recurso específico, para estas actividades, a algo territorial, maquinaria e instalaciones. Siendo éstos compartidos de esta manera con el sitio ya en funcionamiento.



3. Conclusiones



El uso de áridos reciclados en carreteras, caminos, en los hormigones y en relleno de cantera **puede presentar distintas virtudes ambientales**. Sin embargo, resulta que la actividad asociada a la recogida de residuos de la construcción, a su clasificación, su valorización y a los transportes de residuos o productos entre los diferentes agentes puede generar **impactos ambientales potencialmente más elevados** que los impactos generados por un sistema basado en una extracción de recursos vírgenes (áridos de rocas macizas, áridos aluviales...).

Es importante constatar que no existe consenso sobre el tema:

- Algunas hipótesis de evaluación ambiental hacen **variar los resultados de manera significativa**:
 - o **Las distancias de transporte** entre los productores de residuos, los transformadores (recicladores) y los usuarios;
 - o **Los consumos de energía** de la maquinaria de reciclaje (trituradores, máquinas de clasificación...);
 - o **La naturaleza de los áridos vírgenes sustituidos** por los áridos reciclados (la extracción de áridos marinos, por ejemplo, tiene potencialmente más impactos ambientales que la extracción de áridos de roca maciza);
 - o **La calidad de los áridos reciclados**, específicamente en su uso en los hormigones (las cantidades de cemento, superplastificante y agua se deben adaptar con respecto a hormigones de áridos vírgenes).
- Los impactos ambientales caracterizados por un estudio ACV no resaltan los desafíos medioambientales a los cuales podría dar respuesta el uso de áridos reciclados (conservación de recursos naturales y conservación de un entorno natural caracterizado por una biodiversidad y un paisaje único/local). En efecto, los estudios presentan los siguientes límites:
 - o **Son poco regionalizados** mientras que las actividades de producción de áridos (vírgenes o reciclados) tienen un carácter local y los impactos ambientales asociados dependen también de parámetros biológicos y geológicos locales;
 - o No permiten caracterizar de manera fácil indicadores conocidos como "End-Point" como la **disminución de la biodiversidad**.

Aunque sea difícil evaluar la pertinencia medioambiental del uso de áridos reciclados en algunos indicadores, es importante notar que los **principales contribuidores asociados a los indicadores ambientales** (especialmente el "cambio climático" y el "consumo de energía primaria") son unánimemente los siguientes:

- El **transporte** de materiales entre los diferentes agentes (productores de residuos, recicladores y usuarios), de ahí la necesidad de trabajar a nivel local y conservar los recursos locales para evitar aumentar las distancias de transporte.
- El **consumo de energía** de la maquinaria y de las máquinas de fabricación (trituradores, cribados...) así como **la eficiencia de la valorización** (cuanto más eficaz es un sistema, tanto menos pérdida asociada a la producción de una misma cantidad de materia reciclada tendrá y mejor será la "amortización" de sus impactos ambientales).

Con estas constataciones, la tabla que viene a continuación permite sintetizar las condiciones de usos de los áridos reciclados según las aplicaciones consideradas:



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

Tabla 3-1 Desafíos medioambientales asociados al uso de áridos para aplicaciones de alto y mediano valor añadido

Aplicación	Requisitos asociados a los residuos recogidos	Puntos de vigilancia	Palancas medioambientales
Hormigón de áridos reciclados	Alta (homogeneidad, trazabilidad...)	<ul style="list-style-type: none"> Formulación del hormigón (aumento de la cantidad de cemento, de aditivo). Distancias de transporte (del residuo al sitio de tratamiento, y de este sitio al sitio de aprovechamiento VS situación del sitio de fabricación de los áridos vírgenes) Consumo de energía asociado al proceso de reciclaje por el cual el nivel de calidad requerida de los áridos reciclados es alto (aproximado al de los áridos vírgenes: tamaños, distancias...) 	<ul style="list-style-type: none"> Clasificar los residuos en la obra con máquinas móviles llevadas al sitio si ello permite asegurar distancias de transporte rondando los 30 km. Maximizar los flujos de materias tratadas por la maquinaria (trituradores...) con el fin de amortizar su consumo de energías fósiles. Asegurar un porcentaje de valorización máximo del proceso de reciclaje con el fin de minimizar las pérdidas no valorizadas y enviadas a ISDNI. Para los residuos de hormigón armado, reciclar el acero.
Capas base de carreteras y caminos forestales	Media	<ul style="list-style-type: none"> Distancias de transporte (del residuo al sitio de tratamiento, y de este sitio al sitio de aprovechamiento VS situación del sitio de fabricación de los áridos vírgenes) Consumo de energía asociado al proceso de reciclaje. Posibles sustancias contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Clasificar los residuos en la obra con máquinas móviles llevadas al sitio si ello permite asegurar distancias de transporte rondando los 30 km. Maximizar los flujos de materias tratadas por la maquinaria (trituradores...) con el fin de amortizar su consumo en energías fósiles. Realizar un tratamiento (clasificación, trituración, cribado) mínimo que permita responder al pliegue de condiciones requerido por el árido. Asegurar una tasa de valorización máxima del proceso de reciclaje con el fin de minimizar las pérdidas no valorizadas y enviadas a ISDNI. Para los residuos de hormigón armado, reciclar el acero.
Rellenado de canteras	Baja	<ul style="list-style-type: none"> Distancias de transporte (desde la obra hasta la cantera). Nivel de tratamiento. Cantidad de indeseables y contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Clasificar y tratar los residuos en la obra o en el sitio de la cantera a rehabilitar. Realizar la clasificación que permita la separación de la mínima cantidad de indeseables y valorizar los metales, y poco a poco tratar de manera mecánica.

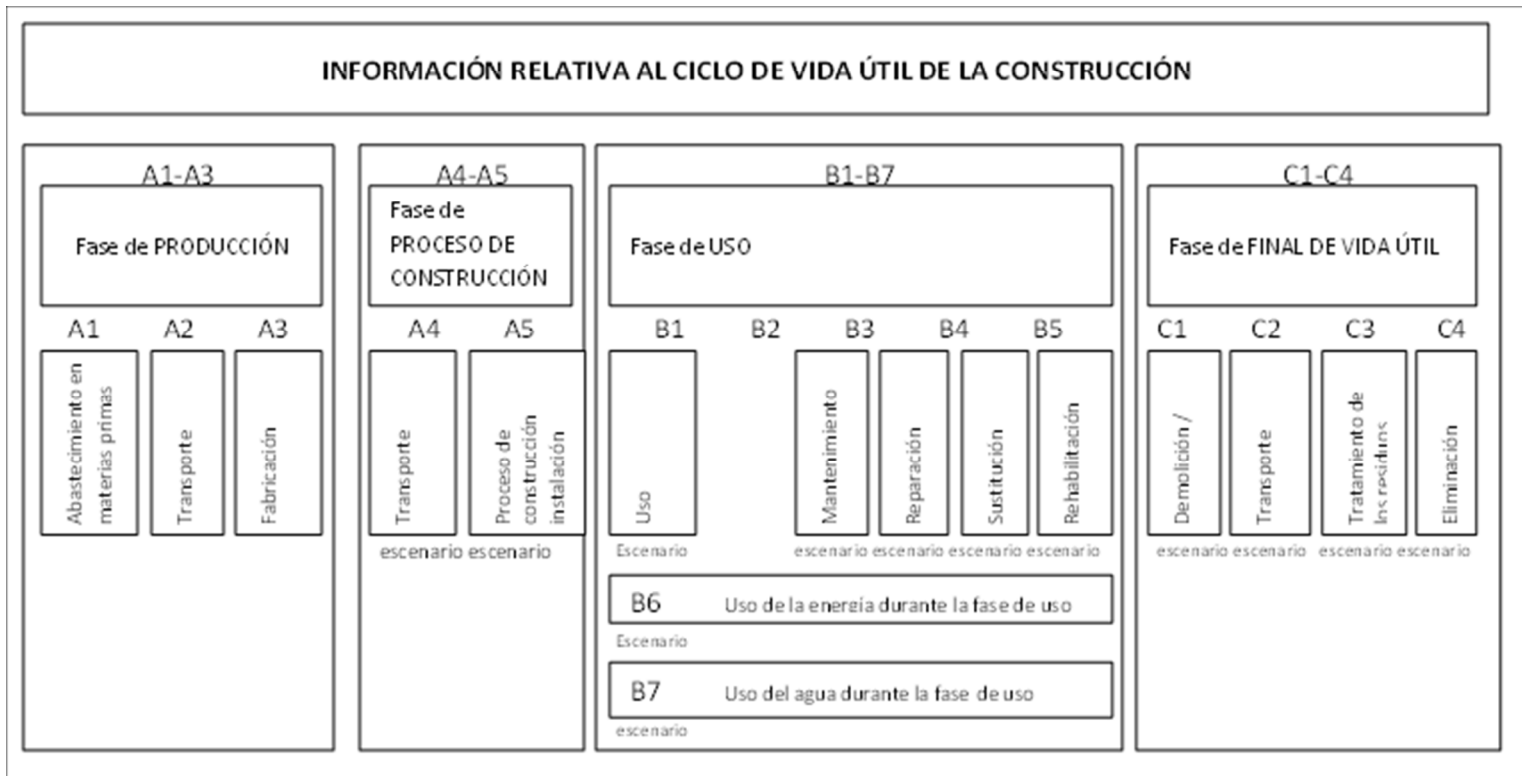


4. Anexos



Anexo 1: ciclo de vida útil de un producto de la construcción según el EN15804

INFORMACIÓN RELATIVA AL CICLO DE VIDA ÚTIL DE LA CONSTRUCCIÓN





Anexo 2: ¿Qué se entiende por "impactos ambientales"?

Indicadores medioambientales de diferentes naturalezas

La evaluación de los impactos ambientales de un producto de la construcción cumple con una norma EN 15804. Ésta define los métodos de evaluación de los impactos y la naturaleza de los indicadores ambientales a caracterizar.

Las siguientes partes ilustran la diversidad de **indicadores** asociados a un estudio tipo ACV y ofrecen también una introducción asociada a la diversidad de los **métodos** de cálculo. Todos estos indicadores y todos estos métodos no son necesariamente exactos para los estudios analizados en el marco de este informe pero este anexo permite entender **la complejidad y los límites potenciales asociados a las evaluaciones ambientales**.

Indicadores de impactos

La primera categoría de indicadores reúne indicadores de impactos. Vienen ilustrados en la tabla que aparece a continuación.

Tabla 4-1 Indicadores de impacto según la EN 15804

Indicadores	Descripción
Calentamiento climático (kg CO₂ eq.)	Indicador relativo al fenómeno de cambio climático. Las sustancias consideradas tienen un impacto en el efecto invernadero (CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O...).
Empobrecimiento de la capa de ozono (kg CFC-11 eq.)	Indicador relativo a las emisiones en el aire de gas que participan a la destrucción de la capa de ozono. Esta capa de ozono es presente en la estratosfera (en alta altitud) y bloquea una parte de los rayos ultravioleta del sol . Su destrucción aumenta los riesgos de cáncer como los de la piel.
Acidificación de los suelos y del agua (kg SO₂ eq.)	Indicador relativo a la cantidad de sustancias ácidas en los suelos y el agua. Las lluvias ácidas, consecuencias de la acidificación atmosférica, tienen efectos perjudiciales para la fauna y la flora. Están en el origen del declive de algunos entornos, como los bosques . Las lluvias ácidas las provocan las combustiones que producen dióxido de azufre (SO ₂) y de los óxidos de nitrógeno (NOx) y por el amoníaco gaseoso (NH ₃) de origen agrícola. También se toman en cuenta las emisiones de ácido clorhídrico (HCl).
Eutrofización (kg (PO₄)³⁻ eq.)	La eutrofización se debe a un aporte excesivo de nutrientes y de materias orgánicas biodegradables procedentes de la actividad humana. Se observa sobre todo en los medios acuáticos donde las aguas se renuevan poco. Estimulados por un aporte substancial de nutrientes, principalmente el fósforo y el nitrógeno (monóxido y dióxido), el fitoplancton y ciertas plantas acuáticas crecen y se multiplican de manera excesiva, lo que conduce, cuando se descomponen, a un aumento de la carga natural del ecosistema en materias orgánicas biodegradables. Las bacterias, que deterioran esta materia orgánica, proliferan a su vez, empobreciendo cada vez más el oxígeno del agua.
Formación de ozono fotoquímico (kg C₂H₄ eq.)	Indicador relativo a la presencia de ozono cerca del suelo ("smog"), tóxico para los organismos con altos niveles de concentración. Este índice depende en gran medida de la cantidad de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre, monóxido y dióxido de nitrógeno y de amoníaco emitidos.
Agotamiento de los recursos	Indicador relativo al consumo de materiales no renovables a corto plazo (platino, cinc, plata...). Aunque las cantidades de áridos extraídos de la corteza



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

abióticos – elementos (kg Sb eq.)	terrestre sean importantes y que los áridos aluviales hayan demostrado su debilidad en términos de yacimientos disponibles ²⁵ , veremos a continuación que los áridos no participan en el agotamiento de materiales considerados críticos por la Unión Europea ²⁶
Agotamiento de recursos abióticos – combustibles fósiles (MJ)	Indicador relativo al consumo de fuentes de energía no renovables a corto plazo (gas, carbón, petróleo...)

En Francia, se suman dos indicadores adicionales: contaminación del aire (m³) y contaminación del agua (m³). La mayoría de estos indicadores son indicadores conocidos como "mid-point" porque ellos también generan otras tipologías de impactos.

Caracterizar los impactos ambientales asociados a áridos vírgenes y áridos reciclados equivale a traducir el efecto de la emisión de sustancias (dióxido de carbono, fosfato...) sobre el valor de los indicadores ambientales. Debido a incertidumbres intrínsecas a este proceso de caracterización, los análisis medioambientales se limitan en general a los indicadores "mid-point". En el marco de este estudio y dados los objetivos asociados, sólo se ha tomado en cuenta los impactos "mid-point".

Indicadores que describen el uso de los recursos

La segunda categoría de indicadores reúne indicadores de consumo de recursos. La norma EN 15804 describe varias tipologías de consumo de recursos energéticos, de los cuales se resume una parte en la siguiente tabla.

Tabla 4-2 Indicadores asociados al consumo de recursos

Indicadores	Descripción
Uso total de los recursos de energía primaria renovables (MJ)	Indicador relativo al consumo de energías renovables , considerando el poder calorífico de los materiales renovables a corto plazo (potencial energético asociado a la combustión de los materiales como la madera, por ejemplo) y las energías renovables (solar, biomasa...)
Uso total de los recursos de energía primaria no renovables (MJ)	Indicador relativo al consumo de energías no renovables , considerando el poder calorífico de los materiales no renovables a corto plazo (potencia energético asociado a la combustión de los materiales como el plástico, por ejemplo) y las energías no renovables (gas, carbón...)
Uso neto de agua dulce (m³)	Indicador relativo al consumo de agua dulce

Es importante aclarar que los indicadores de recursos, así como los otros indicadores ambientales, difícilmente tienen en cuenta especificidades contextuales locales (entonces se hablaría de indicadores "regionalizados"). Por lo tanto se entiende en este punto que el ACV no es la única herramienta de evaluación medioambiental

²⁵ http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/BRM-CERC25-11-11_cle1f4c8c.pdf

²⁶ <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/FR/COM-2017-490-F1-FR-MAIN-PART-1.PDF>



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

que permita juzgar la pertinencia medioambiental de la implementación o no de un sistema, como el reciclaje de residuos de la construcción. **Conviene unir el ACV con otros estudios. Este informe demostrará que será importante evaluar:**

- **La sostenibilidad de los recursos locales cerca de las obras de construcción.**
- **Los desafíos en términos de biodiversidad local.**

Indicadores que describen las categorías de residuos

La tercera categoría de indicadores reúne indicadores relativos a los residuos generados (ver tabla presentada a continuación).

Tabla 4-3 Indicadores tipo "residuo"

Indicadores	Descripción
Residuos peligrosos eliminados (kg)	Indicador relativo a la producción de residuos peligrosos . Los "residuos peligrosos" contienen, en cantidad variable, elementos tóxicos o peligrosos que representan riesgos para la salud humana y el medio ambiente (gases fluorados, PCB, residuos electrónicos, aceites...)
Residuos no peligrosos eliminados	Indicador relativo a la producción de residuos no peligrosos (residuos inertes asociados a la demolición de un edificio, por ejemplo)
Residuos radioactivos	Indicador relativo a la producción de residuos radioactivos (generados por el consumo de electricidad nuclear, por ejemplo)

De los impactos sobre el medio ambiente en diferentes fases del ciclo de vida y diferentes escalas geográficas

Los impactos ambientales caracterizados mediante los indicadores anteriormente presentados pueden intervenir en diferentes fases del ciclo de vida útil del producto.

Las fases del ciclo de vida útil asociadas a los modelos lineal y circular se han presentado en la parte 1.



Figura 4-1: El ciclo de vida útil de un producto en la construcción (© IFPEB)



La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

Por tanto, una evaluación ambiental completa será un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para la cual se ha caracterizado los diferentes indicadores ambientales descritos en las normas vigentes.

No obstante, es importante entender que los impactos ambientales se emitirán no sólo en diferentes periodos sino también en diferentes sitios y que la intensidad del impacto dependerá del **impacto potencial** asociado a una sustancia emitida, del nivel **de exposición** del medio y de su **sensibilidad**. Para concluir, estos impactos pueden **difundirse en diferentes niveles**: mientras el cambio climático es un impacto a nivel global, la eutrofización representa un impacto a nivel local.

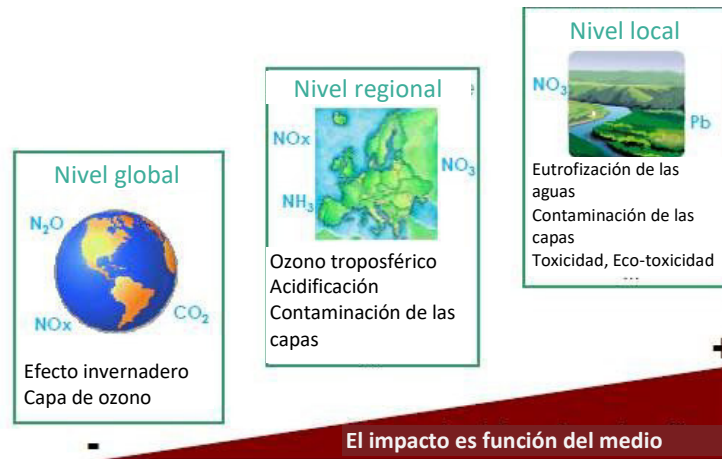


Figura 4-2: Impactos en diferentes niveles

Distintos métodos de evaluación para tener en cuenta ciclos cerrados

Es importante señalar que existen varios métodos de asignación de impactos asociados a los procesos de reciclaje.

En efecto, el reciclaje se puede prever como un proceso de tratamiento al final de la vida útil que permita evitar un tratamiento clásico (almacenamiento o incineración de los residuos), pero también como un proceso de fabricación de materia.

Aquí se plantean una serie de preguntas:

- ¿Dónde se sitúa la frontera del perímetro del ACV entre el primer sistema (proveedor de material a reciclar) y el segundo (consumidor de material a reciclar)?
- ¿A qué sistema(s) se le(s) asignan los beneficios y las cargas asociados al proceso de reciclaje (proveedor de materia a reciclar y/o consumidor de materia reciclable)?
- Ya que los materiales secundarios evitan la producción de materiales primarios y a veces forman parte integrante de una cadena de producción clásica (caso de los aceros), ¿cuáles son los datos medioambientales a considerar para evaluar los impactos evitados asociados a la producción de material primario?
- ¿Cómo considerar el "downcycling", es decir las diferencias de calidad entre el material primario y secundario?
- ¿Cómo evitar el doble recuento o la ausencia de recuento de los impactos/beneficios del reciclaje, especialmente cuando los procesos son diferentes (ejemplo: ¿quién debe soportar la carga medioambiental asociada a la producción de escorias de hornos: el sector metalúrgico que produce los áridos, el proceso de la construcción que usa los áridos o ambos)?

La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

El "método de las existencias" es un método popular y sencillo que se basa únicamente en el uso de materia reciclada y no en la producción de materia reciclada. El sistema que usa la materia a reciclar se encarga de los impactos del reciclaje sacando la materia en unas "existencias disponibles" para ello. La figura que se muestra a continuación ilustra este concepto:

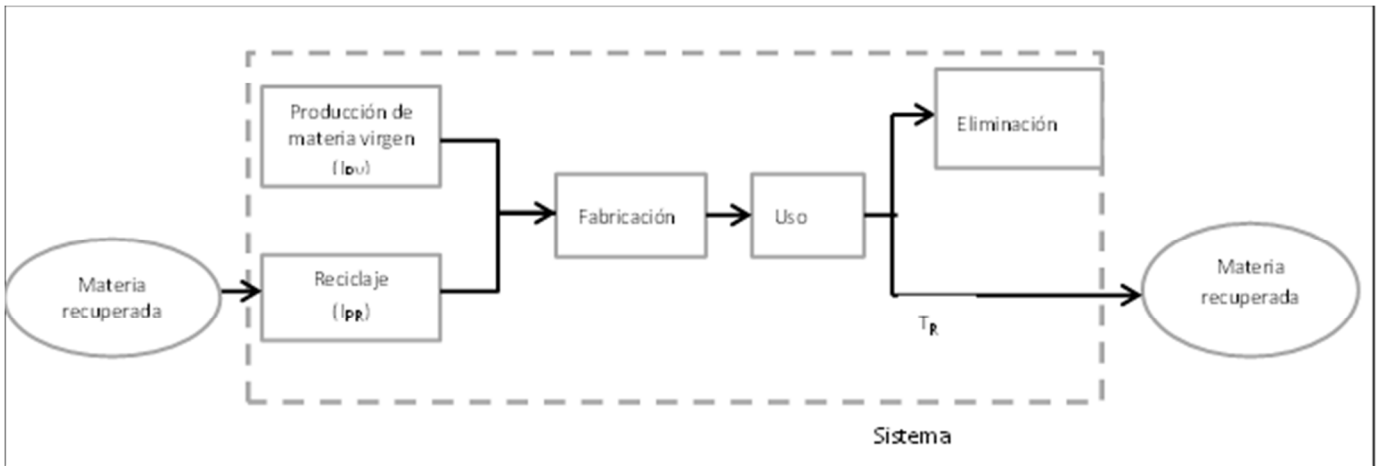


Figura 4-3: Asignación de las cargas del reciclaje según el método de las existencias.

Aunque se note la ausencia de tratamiento al final de la vida útil para las materias reciclables, este método no permite valorizar plenamente la puesta a disposición de materiales que tienen un potencial de valorización. Otro método permite evaluar los beneficios y las cargas asociadas a la puesta a disposición de materiales valorizables: se trata del método de los impactos evitados que va más allá de la metodología de las existencias, asignando beneficios que permitan incitar al reciclaje.

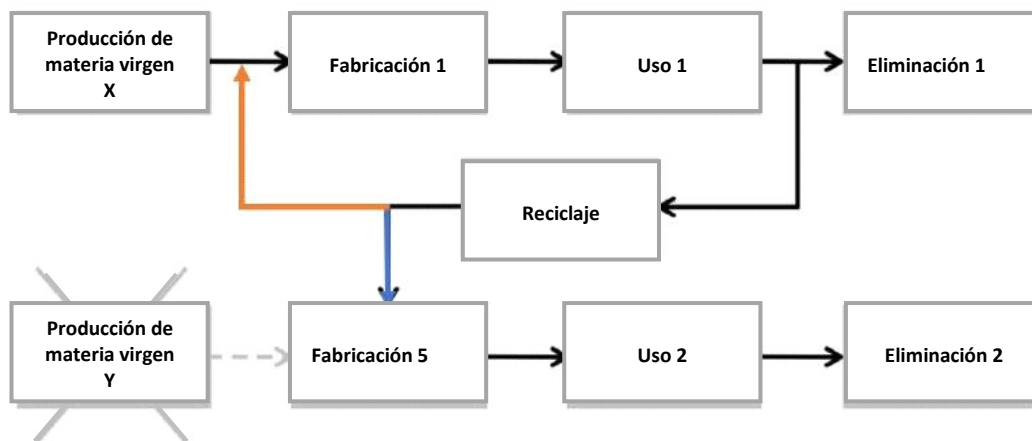


Figura 4-4: Método de los impactos evitados en circuito cerrado (flecha naranja) y abierto "con vía principal distinta" (flecha azul)

La figura de arriba ilustra el caso de los áridos reciclados usados en la construcción, sustituyéndose a una materia prima (áridos vírgenes "X") y entrando en la composición de productos idénticos (hormigón, capas base...). Sin embargo, la recuperación y clasificación de los residuos de hormigones armados de demoliciones también pueden beneficiar al sector del acero mediante la recuperación de acero de armadura que entra en la composición de productos de acero como las vigas. ¿Cómo asignar las cargas y los beneficios ambientales de semejante sistema? Entonces pueden entrar en juego asignaciones másicas o económicas. Por último, mientras que la figura ilustra la problemática entre distintos procesos, puede plantearse el mismo tipo de razonamiento dentro de un mismo proceso. La asignación de las cargas y beneficios ambientales entre el proveedor de materiales reciclables (el que ofrece) y el usuario de este mismo material (el que demanda)



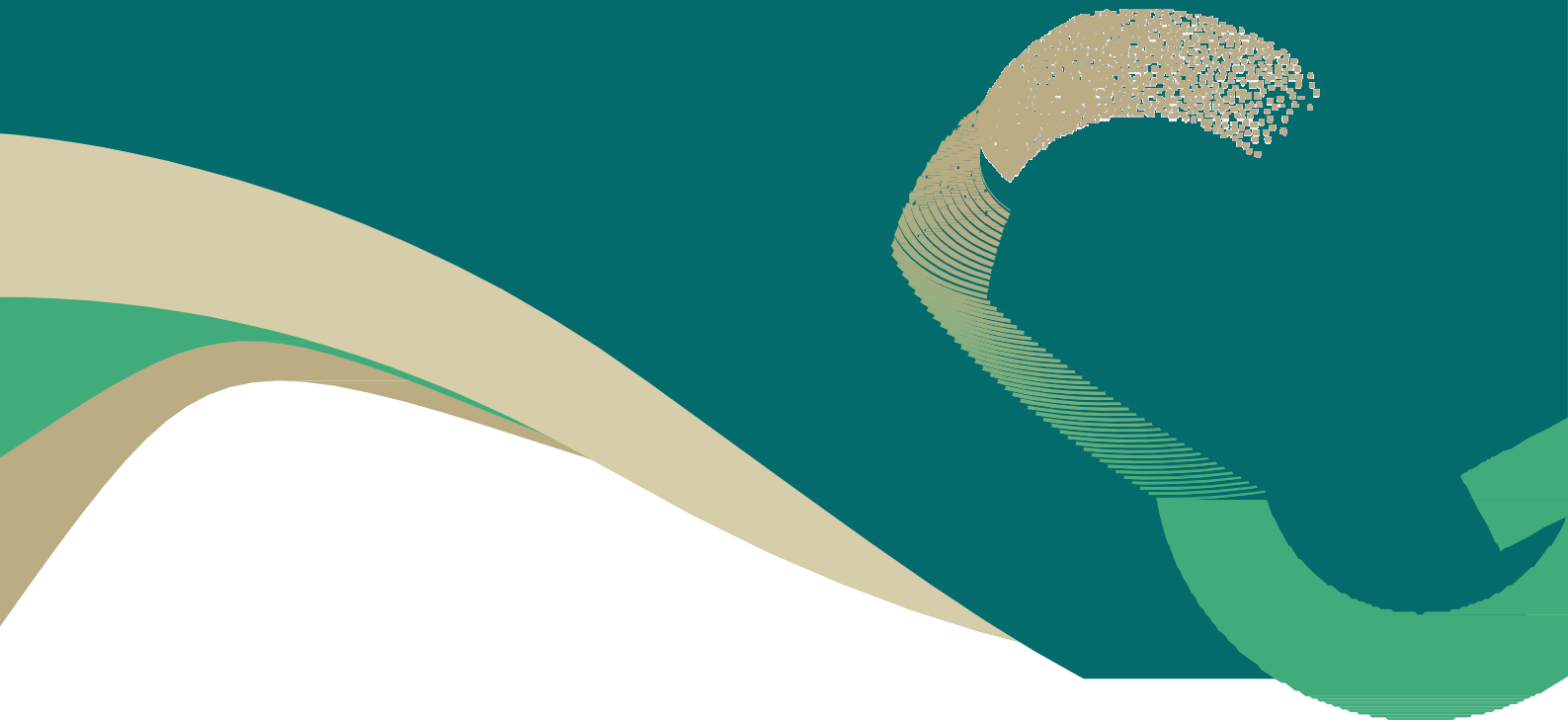
La economía circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

puede seguir la regla de la oferta y la demanda: si la demanda en materiales de reciclaje es mayor que la oferta, se promoverá el suministro de este material. Por tanto, la asignación de los impactos evitados por el reciclaje se aplicará al proveedor. El razonamiento inverso se aplicará si la demanda es menor que la oferta y por último, se podrá considerar una asignación 50/50 si la oferta se aproxima a la demanda.

Todos los estudios tomados en cuenta en este informe no son transparentes y homogéneos sobre los métodos de consideración de los impactos evitados por el reciclaje. Por tanto será conveniente interpretar con cierta prudencia los resultados indicados. No obstante, las tres tendencias principales son las siguientes:

- Estudio del tipo sin impactos evitados (método de existencias);
- Estudio del tipo con impactos evitados de la producción de áridos vírgenes:

Estudio del tipo con impactos evitados de la producción y del final de vida útil (puesta en vertedero) de los áridos vírgenes.



RCdiGREEN Partners:



La economía Circular de los RCD para la adaptación al cambio climático

El proyecto ha sido cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Interreg V-A España, Francia, Andorra (POCTEFA 2014-2020). El objetivo de POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra. Su ayuda se concentra en el desarrollo de actividades económicas, sociales y medioambientales transfronterizas a través de estrategias conjuntas a favor del desarrollo territorial sostenible.