

Producción de residuos de construcción y reciclaje

Erik K. Lauritzen Presidente de Demex
Presidente de RILEM TE-37 en Demolición y Reutilización del Hormigón

Niels Jorn Hahn Presidente del Grupo de Trabajo de Reciclaje de ISWA

Artículo publicado en el número 8 de la revista Residuos.

Uno de los cambios tecnológicos más grandes de nuestro tiempo es limitar y utilizar la gran cantidad de residuos de la construcción e industriales, que son el resultado del desarrollo de la sociedad moderna. Dentro de esta estructura están los siguientes aspectos:

- Limitación de los residuos en concordancia con las demandas de protección ambiental y la creciente falta de lugares de depósito apropiados.
- Utilización de los residuos para un reciclaje adecuado y reutilización, donde la energía y las fuentes puedan ahorrarse.

La limitación y reciclaje de los residuos está considerada como la tecnología más limpia y amiga de los recursos naturales que es uno de los fines del plan de acción nórdico presentado por el Consejo Nórdico en el informe Naciones Unidas 1990: 4 [1].

Una gran parte de los residuos deriva de los deshechos de la construcción, entre los que se encuentran normalmente los provenientes de:

- Demolición de viejos edificios y estructuras.
- Rehabilitación y restauración de edificios y estructuras existentes.
- Construcción de nuevos edificios y estructuras.

Los residuos de construcción también provienen de la producción de materiales de construcción por ejemplo una máquina de hacer hormigón, componentes del hormigón, artículos de madera.

Las cantidades y categorías de los residuos de la construcción dependen de un número de factores, entre los que la política financiera de gestión de la compañía de construcción tiene una influencia decisiva. Al darse cuenta de que una gran cantidad de residuos podían ser reutilizados, algunos países han procurado en los últimos diez años producir menos cantidades. Al mismo tiempo, se han comenzado un gran número de estudios y proyectos para investigar las actuales posibilidades de reciclaje.

Por el momento, se recicla una cantidad muy limitada de residuos de construcción. La mayoría se deposita o se usa como relleno sin dar los pasos necesarios para evitar la agresión medioambiental. Desde que las cantidades de residuos se incrementan constantemente, hay muchas razones económicas y financieras para centrarse en el desarrollo de unas cuotas más altas de reciclaje.

La necesidad de reciclaje de los residuos de construcción no solamente concierne a las comunidades más industrializadas, sino también a una demanda global con diferentes prioridades. Muchos países, que van desde los más industrializados como Holanda o Dinamarca, a otros en vías de desarrollo como Bangladesh, experimentan el ahorro de recursos naturales. También países en expansión como Kuwait se han dado cuenta de sus demandas para comenzar a aplicar técnicas de reciclaje.

En este país en concreto, tras la ocupación de 1990-91, se da una especial demanda de tratamiento y reciclaje de grandes cantidades de residuos de la construcción. Esta demanda de reciclaje de materiales es común en todos los lugares donde los edificios e instalaciones han sido dañados a causa de guerras, terremotos u otros accidentes o desastres naturales.

Desde un punto de vista puramente económico, el reciclaje de residuos de construcción resulta solamente atractivo cuando el producto reciclado es competitivo con las materias primas en relación al costo y calidad. Los materiales reciclados serán normalmente competitivos donde exista falta de materias primas y lugares de vertido adecuados. Con el uso de los materiales reciclados, se pueden obtener grandes ahorros en el transporte de residuos de la construcción y materias primas.

Esto se nota especialmente en el desarrollo urbano o en los proyectos de reconstrucción donde se reúnen la demolición y la nueva construcción, y donde es posible reciclar una gran cantidad de residuos de la construcción en el mismo lugar de trabajo o en las proximidades.

El reciclaje de residuos de la construcción es, por lo tanto, de especial interés en grandes proyectos relativos a la rehabilitación y reconstrucción después de desastres y guerras.

Programa para el reciclaje de residuos de la construcción

Los residuos de la construcción tienen buenas posibilidades de reciclarse comparado con otros tipos de residuos, y en muchos países industrializados se han introducido planes de acción para incrementar el reciclaje. Estos planes a menudo se dirigen hacia conseguir porcentajes de reciclaje como objetivos. El Ministerio del Medio Ambiente en Dinamarca tiene un plan de acción para antes del final de la década de los 90, conseguir que se recicle el 50% del total de residuos producidos.

Un programa efectivo para aumentar la reutilización de residuos de la construcción puede, por ejemplo, incluir los siguientes pasos:

- Cálculo de las cantidades y pronosis de la producción de residuos de construcción.
- Puesta en marcha y desarrollo eventual de los medios técnicos apropiados para la demolición, el manipulado y procesado de los residuos de obra.
- Establecimiento de las actuaciones apropiados para el reciclaje de materiales junto con la fijación de unos estándares y sistemas de control de la calidad que pueden documentar la aplicabilidad de estos materiales.
- La gestión y regulaciones que puedan asegurar la aplicabilidad del proceso de reciclado a una situación dada o a las condiciones actuales dentro de la industria de construcción.

Cantidades de residuos de construcción

En referencia a los estudios que ha realizado la CE [2] sobre la producción total de residuos de la construcción en un algunos estados miembros puede verse la tabla 1. En el gráfico también se incluyen las cantidades de residuos existentes en Kuwait basándose en un estudio realizado en 1989-1990 [3].

No hay datos fiables sobre los remanentes en los países de la CE, pero las cifras del cuadro pueden usarse para elaborar un cálculo aproximado de los residuos de construcción producidos en la CE que se estiman en 175 millones de toneladas p. a. Esto en función de una población de unos 350 millones y una media de producción de residuos de la construcción de 500 kilos por habitante por año.

Tabla 1.- Cantidades aproximadas de residuos de la construcción, a lo largo de 1990, excluyendo la tierra y el asfalto, según los estudios n. 2 y 3. Se advierte que estas cantidades derivan de diferentes fuentes y por lo tanto tienen que considerarse, con reservas, los mejores datos de los que actualmente se dispone.

País	Habitantes (en millones)	Producción de residuos de la construcción (Mill/Tm)	Promedio (Kg/Hab)
Dinamarca	5	5	100
Holanda	15	7	70
Gran Bretaña	57	30-50	530-890
Alemania (1)	62	28	450
Bélgica	10	7	70
España	39	11	280
Total	188	88-108	470-570
Kuwait	1,8	1,6	90

(1) Excepto los cinco estados federados del Este

Comparado a los estudios relativos a otras clases de residuos, por ejemplo los residuos domésticos, según Halmø [4], los países europeos tienen una media de 200-500 kilos de basura por cada habitante y año, de los cuales una parte importante corresponde a los residuos de la construcción.

En Holanda y Dinamarca se calcula que entre un 80 y un 85% de los residuos de la construcción vienen del hormigón y albañilería. Sólo el hormigón cubre un 30-40%. Esto puede compararse con la situación en Kuwait, donde los escombros de hormigón representan aproximadamente el 30% de los desechos de demolición.

Basado en los porcentajes que reflejan la figura 1, una rigurosa predicción sobre la producción anual de residuos de escombros de hormigón en los países de la CE da una cifra entre los 30 y 50 millones de toneladas. Esta cantidad se corresponde con la predicha en un temprano estudio de los últimos años de los 70. Un estudio realizado por el Profesor Hansen [5], calculó en 60 millones las Tm. de cascotes de hormigón producidos en Estados Unidos en 1985.

Según Ido y Svensson [6], puede calcularse que la media global de hormigón usado en la mitad de los 70 fue aproximadamente de 17 billones de toneladas de hormigón, aumentándose en unos 10 millones de toneladas en la mitad de los 80. El desarrollo que ha tenido lugar en la industria de la construcción, y una considerable alza de la actividad global hace esperar también un aumento en el uso del hormigón. Basándose en estas expectativas de desarrollo futuro, se pueden establecer tres niveles de desarrollo, caracterizados por el consumo de arena y grava para la producción del hormigón. Para cada uno de estos tres niveles de desarrollo, una estimación sobre las cantidades de hormigón producido en el año 2000 se muestran en la tabla, tabla 2.

Tabla 2.- Cálculo aproximado de la producción de hormigón para el año 2000, basado en tres estimaciones de consumo por habitante, con una población de 6.000 millones, según Idorn [7].

Cemento (Kg/Hab)	Total cemento (Mil mill/Tm)	Arena y grava (Mil mill/Tm)	Hormigón (Mil mill/Tm)
300	1,8	17	19,5
400	2,4	23	26,8
500	3,0	28	32,8

Una causa muy importante de este incremento es la creciente demanda de renovación y rehabilitación de edificios e infraestructuras por todo el mundo. Esto especialmente se ve en los edificios y estructuras construidas en el período comprendido entre 1950 y 1970. El desarrollo urbano entre los años 70 y 80 en muchas regiones de mundo, como por ejemplo en el Medio Este y el Sudeste de Asia fue muy fuerte, dando como resultado construcciones de muy baja calidad. La necesidad de llevar a cabo proyectos de reparaciones y las numerosas catástrofes en el reciente pasado, como en los terremotos de México-Distrito Federal, en Armenia y San Francisco, y los daños causados por los hombres en Libano, Kuwait e Irak, indican un incremento en el futuro de las actividades de construcción, referidas a la reparación, renovación y reconstrucción. Aumentará, por tanto, la producción de hormigón, lo que llevará a un incremento de la producción de las cantidades de residuos procedentes de la demolición y rehabilitación de edificios.

Con todo ello, resulta evidente que una óptima reutilización de los residuos de la construcción pasa por producir agregados de mayor calidad para la fabricación del hormigón.

El hormigón es 100% reciclable, siempre que no esté contaminado. Dependiendo de la calidad del hormigón, triturado puede ser usado con diferentes fines, por ejemplo, como agregado para un nuevo hormigón. Varios países han hecho planes para reciclar el hormigón, tal como Japón que, según Hasen [8], desea reciclar en la escala de 10 a 12 millones de toneladas por año.

Demolición selectiva

Una condición necesaria para el reciclaje de los residuos de construcción es una separación cuidadosa. Los residuos de las nuevas construcciones y de restauraciones se seleccionan bien en el lugar de producción o bien en un lugar especial de tratamiento. La separación de las diversas categorías de materiales resulta en estos casos bastante simple.

Por el contrario, la clasificación de los residuos de construcción procedentes de la demolición es un proceso más complicado. La demolición, hasta hace poco, se consideraba como un proceso poco técnico. Las principales metas del contratistas eran una demolición rápida y el vertido de las cascotes. Las medidas especiales para separar diferentes tipos de materiales no se realizaban ya que eran incompatibles con la rapidez exigida al trabajo.

Una manipulación óptima y el reciclaje de los residuos de la construcción dependen de que los materiales se separen en el sitio y en coordinación con el proceso de demolición. Esto requiere que se introduzca la demolición selectiva, lo que obliga a que, antes y durante la demolición, se lleve a cabo una separación de las diferentes materiales, para prevenir la mezcla de materiales y la contaminación de las materias reciclables como la madera, el papel, el cartón y plástico, etc.

Naturalmente, esto hace que el proceso selectivo de demolición sea más caro en comparación a los métodos tradicionales de demolición. Los ahorros económicos, sin embargo, aumentan si se tiene en cuenta que esto significa una mayor calidad de los materiales de demolición y elimina la necesidad de hacer la selección en la planta de reciclaje. También se ahorran los costos de transporte y tasas de vertido.

Por lo tanto, es necesario planificar y dirigir los trabajos de demolición de una manera completamente diferente a los métodos tradicionales. La demolición selectiva se realiza de manera contraria al proceso de construcción e implica los siguientes pasos:

1. Sacar los desechos y las molduras no fijas.
2. Desmantelar, comprendiendo limpiezas internas, quitar las puertas, ventanas, tejados, instalaciones de agua, electricidad y calefacción, etc. Esto respecto sólo a la estructura del edificio remanente.
3. Demolición de la estructura del edificio.

El desmantelar los elementos no fijos se realiza primeramente a mano, mientras que la demolición de la construcción se lleva a cabo con técnicas y métodos apropiados. Si la construcción es, por ejemplo, una construcción de hormigón que se tira en el sitio, entonces puede hacerse con una apropiada selección y desmantelamiento de cada grupo "in situ". La separación puede hacerse mediante diamante, martillo rompe-pavimentos o voladura.

Después de la demolición y la separación, los materiales pueden trasladarse de sitio. Los materiales para el reciclaje o otros usos pueden ser vendidos directamente en el lugar o llevados a sitios temporales para almacenamiento o venta. Los materiales para el reciclaje se transportan a plantas de reciclaje, donde son cuidadosamente clasificados y triturados.

La planta de reciclaje normalmente incluye el siguiente equipamiento e instalaciones (figura 1):

- Equipos de trabajo de tratamiento e instalaciones de búsqueda selectiva, separación y almacenamiento de materias primas.
- Planta de trituración para cascotes de ladrillos y hormigón.

Figura 1.- Esquema de organización de una planta de reciclaje.

Una planta de reciclaje tiene una estructura parecida a una planta para el procesamiento de materias primas naturales con las mismas instalaciones y equipamiento. La planta de reciclaje constará de trituradores, separadores, unidades de transporte y unidades de control de la planta, los cuales se combinan en relación a los objetivos de la planta. La trituración de los materiales para relleno puede hacerse por medio de equipos de trituración móviles que son montados temporalmente en el lugar de demolición. Los materiales reciclados para cumplir ciertos estándares de calidad requieren más plantas más desarrolladas con una, dos o varias plataformas de trituración.

Aplicaciones para los materiales reciclados

Una condición necesaria para que los productos reciclados encuentren su mercado como un sustituto para las materias primas es que satisfagan las exigencias técnicas y sean económicamente competitivos.

Desde hace años, se han dedicado numerosos estudios a la calidad y cumplimiento de las especificaciones técnicas de las materias recicladas. Estos informes llevados a cabo por RILEM TC- 37- DCR (Rèunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions-Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayos e Investigación sobre los Materiales y las Construcciones) sobre la demolición y reutilización del hormigón y elementos de mampostería, se hicieron en el período 1981-1988.

Los resultados de estos estudios se vertieron en un documento titulado "Los agregados reciclados y el hormigón agregado reciclado, estado actual de la cuestión, 1945-1985", Torben C. Hansen [9]. Estos resultados muestran como los fragmentos de hormigón triturados pueden usarse para muchas cosas y que el hormigón triturado es capaz de cumplir las especificaciones para los materiales agregados utilizados en el hormigón, y emplearse en muchas estructuras diferentes.

Como continuación de este trabajo y como continuación de la documentación sobre materiales reciclados, en 1989 se reunió un nuevo comité de trabajo, RILEM TC-121-DRG, con el fin de establecer las guías para la demolición y reciclado del hormigón y los materiales de mampostería. Se espera que este comité concluya su estudio durante 1993.

En Dinamarca y Holanda también se han hechos estudios teóricos y prácticos sobre materiales reciclados. La tabla 3 ilustra las diferentes posibles aplicaciones para los materiales reciclados como resultado de la investigación en Dinamarca. Estos parámetros son la base de RILEM TC-121-DRG's del presente trabajo de la Guía RILEM.

Tabla 3.- Un ejemplo de las posibilidades de reutilización de los fragmentos de ladrillo y hormigón.

Aplicación	Proyecto ejemplo	Material residual
------------	------------------	-------------------

<p>Agregados en hormigón nuevo</p>	<p>Carreteras de hormigón</p> <p>Aeropuertos, puertos y autopistas</p> <p>Pavimentos de hormigón en general</p> <p>Cañerías de hormigón</p> <p>Alcantarillado de hormigón</p> <p>Puentes</p> <p>Construcciones portuarias</p> <p>Plantas medioambientales: - planta de tratamiento de agua - estación de bombeo - depósito de fertilizante - vertedero</p> <p>Edificios (casas, comercios): - cimientos - suelos - divisiones horizontales - paredes</p> <p>Cimientos en general</p>	<p>Hormigón triturado</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>Hormigón/Ladrillo triturado</p> <p>Hormigón/Ladrillo triturado</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p>
<p>Agregado en asfalto nuevo</p> <p>Método de base suelta</p>	<p>Materiales de base suelta en pavimentos y parques</p> <p>Pasos de bicicletas</p> <p>Pavimentos</p> <p>Carreteras forestales</p> <p>Carreteras internas en la zonas residenciales</p> <p>Carreteras nacionales</p> <p>Carreteras comarcales</p> <p>Autopistas, aeropuertos y puertos</p> <p>Garajes y otros</p>	<p>Hormigón triturado</p> <p>Hormigón/Ladrillo triturado</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>Asfalto/Hormigón /Ladrillo triturado</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p>

Material de relleno	Zanjas de cables	Ladrillo/Hormigón triturado
---------------------	------------------	-----------------------------

A condición de que los costos de competencia sean libres, la elección entre materias primas y recicladas depende del precio y la calidad. La calidad de los componentes del hormigón reciclado es la misma que la del hormigón hecho con materias primas. Por lo tanto, los materiales del hormigón reciclado se preferirán donde los precios para cada componente es más bajo que los de las materias primas, siempre que las materias recicladas y naturales cumplan las mismas exigencias.

La figura 5 requiere las siguientes fases:

1. La producción de residuos de la construcción mediante demolición selectiva y no-selectiva (demolición tradicional).
2. La producción de materiales reciclados en tres clases de instalaciones diferentes, llamadas plantas fijas con alta tecnología, plantas fijas con baja tecnología y plantas móviles.
3. Utilización de materiales reciclados o de diferentes calidades: materiales de relleno, materiales consolidados del terreno, de corrección de terrenos y agregados para el hormigón.
4. Depósito de residuos de la construcción en vertederos de residuos y escombros.

En la imagen 2 están ilustrados diferentes casos, I-V, caracterizados por los niveles de calidad del reciclaje. Para cada uno de estos cinco casos se puede elaborar un modelo económico dado que se dispone de los datos necesarios para hacer los cálculos sobre los precios aproximados de los productos elaborados. Estos precios permiten compara la rentabilidad económica de las materias primas y las recicladas.

Figura 2.- Modelo macro-económico basado en las investigaciones alemana y danesa en conexión con el proyecto de la CEE.

El siguiente ejemplo reúne los factores de costo más importantes relativos a los residuos de la construcción (1 ECU + 1,2 dollar USA):

Transporte: 0,05- 2,5 ECU/hora/ km (0,05 con transporte > 50 km 2,5 con transporte < 25 km.). Vertido: 6,5 - 26 ECU/hora (no contaminado)

Trituración: 5, 0- 10 ECU/hora (dependiendo del tipo de planta y el tamaño).

Los costos extras deben preverse dependiendo del nivel de calidad:

- Demolición selectiva, generalmente un 10 -20% de aumento sobre los costos de la demolición tradicional.
- Tratamientos extra, por ejemplo, tamizado, limpieza, control de calidad, etc.
- Costos del vertido de los residuos refusados.

Varios países han introducido tasas especiales en favor del reciclaje. Dinamarca, por ejemplo, ha impuesto, desde el 1 de enero de 1990, una tasa de 130 coronas danesas (aproximadamente 16 ECUS) por tonelada de residuos que no se recicle. Con la ampliación de los proyectos de reciclaje, al desarrollo urbano, la renovación de las autopistas o la reparación de los desastres de la guerra, el modelo económico estará dominado por los costes del transporte, como el traslado de los productos de demolición y el

suministro de los nuevos materiales de construcción. En estos casos, el uso de materiales reciclados es muy atractivo.

Un proyecto piloto concluido recientemente en Dinamarca relativo a la demolición de dos puentes, aproximadamente 1.400 toneladas de hormigón sirvieron para los cimientos y las baldosas del suelo de nuevos edificios, lo que significó un ahorro total de 100 coronas danesas (unos 15 dólares aproximadamente) por tonelada con respecto a la demolición y depósito del material siguiendo los métodos tradicionales.

En Estados Unidos, la Asociación Federal de Carreteras, recicla los pavimentos de hormigón de manera habitual. Por ejemplo, durante la ampliación de siete mil carreteras en Wyoming, en 1985, el agregado fue una mezcla de materiales naturales y reciclados, con los que se ahorraron un 16%. El uso de materiales reciclados supuso un ahorro de 35.000-100.000 dólares USA por mil, en comparación a los métodos tradicionales.

Esto nos lleva a la conclusión de que las posibilidades de uso y marketing de los productos de hormigón reciclados son buenos y con unos precios competitivos. Existen, sin embargo, ciertas barreras mentales para el uso de los materiales reciclados. Esto causa dificultades considerables para una utilización racional de las posibilidades del reciclaje. En un programa para reciclar materiales de residuos de la construcción con la creación de plantas de tratamiento, es necesario hacer un gran énfasis a la información y educación junto a la organización y control del flujo de residuos y la gestión de las materias primas.

Organización y control de los sistemas de reciclaje

En muchos países, incluyendo varios estados miembros de la CE, Estados Unidos y Japón, la trituración de residuos de construcción y la reutilización de materiales para relleno la realizan habitualmente los contratistas de demolición. Estas actividades de reciclaje se llevan a cabo de acuerdo a la propia iniciativa de los empresarios, quienes evalúan los costos de la operación o las condiciones concernientes al depósito de residuos de la construcción sin regulación real o coordinación desde las autoridades.

En Holanda y Dinamarca fue necesario realizar el control y la coordinación del tratamiento de residuos dentro de ciertas regiones geográficas. Los beneficios que se pueden obtener con este control del tratamiento de los residuos de la construcción incluyen los siguientes:

- Reducción de los residuos que se vierten y por lo tanto una óptima utilización de la capacidad disponible del vertedero.
- El mayor reciclaje posible de los residuos de la construcción y una óptima utilización de los productos reciclados.
- La coordinación de los diferencias y posibles conflictos de intereses relacionados con la demolición y el vertido de los residuos de construcción.
- La limitación y prevención de los daños medioambientales respecto a un incorrecto tratamiento de estos residuos, especialmente por vuelco y depósito de residuos contaminados de la construcción.

Dado que el reciclaje de residuos de la construcción está especialmente dirigido a suplir las materias primas, entonces es apropiado que sean las propias autoridades las que controlen y coordinen las actividades de reciclaje desde una completa evaluación de la gestión de materias primas en cada región.

El control de los residuos que va desde la producción de residuos hasta su reciclado o vertido, depende de sistemas de control aceptables, como por ejemplo leyes y reglas, impuestos y exenciones, planes de aprobación y control, junto con sanciones. La mayoría de los residuos de la construcción se origina en los trabajos de demolición y el permiso para estos trabajos es concedido normalmente por las autoridades de urbanismo. Esto significa que el contratista o propietario de la obra puede ser obligado a dirigir una demolición selectiva y disponer los residuos separados seleccionados en algunas plantas de tratamiento. En Dinamarca, la ley obliga a los condados a enviar los residuos a una o más plantas que hayan hecho arreglos con el condado respectivo para recibir los residuos a unos precios determinados. El contratista también debe advertir la cantidad y tipo de residuos. Esto garantiza que se lleve a cabo un tratamiento adecuado del tráfico de residuos desde el principio.

La planta de tratamiento y debe asegurar unas mínimas distancias de transporte, es decir situarse lo más cerca posible del centro de la ciudad donde se originan la mayoría de los residuos de la construcción y donde se da una más alta demanda de reciclaje de materias primas. Dependiendo de las actividades locales, se pueden habilitar vertederos temporales de residuos y pequeñas plantas móviles que pueden emplearse para un tratamiento primario de los residuos. Una planta regional de reciclaje debería estructurarse para cubrir las demandas locales de materias primas.

La venta de los materiales de las plantas de tratamiento deberían coordinarse con la venta local de materias primas. Esto requiere que las partes interesadas se reúnan para concretar la marcha de los trabajos, por ejemplo los contratistas de demolición, compañías de transporte, la industria de las materias primas, de la construcción, las plantas de tratamiento de residuos y los inversores privados y públicos.

Es importante que se fijen los sistemas de reciclaje, las estrategias con objetivos explícitos y apropiados para el tratamiento de los residuos. Estas estrategias se tienen que concertar con la situación de la política local referente a los proyectos de reconstrucción, desarrollos portuarios, etc.

Como conclusión, remarcar que el reciclaje de residuos de la construcción ofrece un amplio número de posibilidades para reducir el nivel de residuos. Está comprobado que una cantidad de material reciclado puede usarse para reemplazar las caras materias primas. Es cierto, están las barreras de la tradición, pero hay que vencerlas para ilustrar que la reutilización de residuos de la construcción es el camino del futuro.

Imagen 3.- Alternativas para la producción de productos reciclados.

Referencias

Nordisk Rad/ Nordisk Ministerrad (1990) **Nordic action-plan for cleaner technology, waste and reuse** (NU 1990: 4) ()

COWIconsult (1990) **Draf/ Working paper: ECC -Project Material Actions Programme No. 1 D-0022**

Lauritzen Erik & Kristensen Nils (August 1990) **Kuwait: Advanced System for Recycling of Concrete Waste** (Rambøll & Hannemann Consulting Engineers and Demex Consulting Engineers A/S Times 1/ 91 ISWA)

Halmø Terje Martin (1984) **Fast Avfall** (Tapir 1984 (Norway))

Hansen T. C. (1986) **Recycled aggregates and recycled aggregate concrete** (Second state-of-the-art report developments 1945- 1985. RILEM Technical Committee- 3/DCR 1986)

Idorn G. M., Svensson S. E. (December 1989) **Concrete Advancement of Construction Technology**

Idorn G. M. (1990) **Concrete Forever** (Rambøoll & Hannemann Bulletin n. 17)

Danish Concrete Association 1989 **Recommendation for the use of Recycled Aggregates for Concrete in Passive Environmental Class** (Publication n. 34, Oct.1989)

Federal Highway Administration **Recycling Portland Cement Concrete** (U.S. Department of Transportation)

DEMEX Consulting Engineers A/S (1989) **Project concerning recycling of building waste in the Municipality of Copenhagen** (Copenhagen City Council)

Fecha de referencia: 30-09-1997

1: *Nordisk Rad/ Nordisk Ministerrad* (1990) **Nordic action-plan for cleaner technology, waste and reuse** (NU 1990: 4)

2: *COWIconsult* (1990) **Draf/ Working paper: ECC -Project Material Actions Programme No. 1 D-0022**

3: *Lauritzen Erik & Kristensen Nils* (August 1990) **Kuwait: Advanced System for Recycling of Concrete Waste** (Rambøoll & Hannemann Consulting Engineers and Demex Consulting Engineers A/S Times 1/ 91 ISWA)

4: *Halmø Terje Martin* (1984) **Fast Avfall** (Tapir 1984 (Norway))

5: *Hansen T. C.* (1986) **Recycled aggregates and recycled aggregate concrete** (Second state-of-the-art report developments 1945- 1985. RILEM Technical Committee- 3/DCR 1986)

6: *Idorn G. M., Svensson S. E.* (December 1989) **Concrete Advancement of Construction Technology**

7: *Idorn G. M.* (1990) **Concrete Forever** (Rambøoll & Hannemann Bulletin n. 17)

8: *Hansen T. C.* (1986) **Recycled aggregates and recycled aggregate concrete** (Second state-of-the-art report developments 1945- 1985. RILEM Technical Committee- 3/DCR 1986)

9: *Hansen T. C.* (1986) **Recycled aggregates and recycled aggregate concrete** (Second state-of-the-art report developments 1945- 1985. RILEM Technical Committee- 3/DCR 1986)

Boletín CF+S > 2 -- Especial sobre RESIDUOS > <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst2.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X