

APROVECHAMIENTO
DE LOS ESCOMBROS
PARA MATERIALES DE

JOSÉ MANUEL PÉREZ LUZARDO

PROCESOS

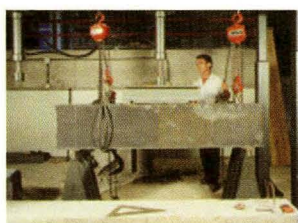


* El artículo es un resumen de los trabajos que, con el autor como investigador principal y un presupuesto de 250.000 \$ USA, constituye la aportación de la Comunidad Autónoma de Canarias al Plan Nacional de Calidad y Desarrollo de Materiales del Reino de España, cuatrienio 1995-1999.

1. INTRODUCCIÓN

La escasez de áridos apropiados para la elaboración de hormigones para la edificación, unida a la creciente protección que por razones medioambientales y paisajísticas se ha hecho de las canteras tradicionales que los aportan, aconseja la búsqueda de otras fuentes que permitan abordar el aumento de su demanda como material de construcción.

Ante el agotamiento de los solares de tierra de relleno, los mayores costes de las materias vírgenes y el aumento de los impuestos medioambientales, el sector del reciclaje está creciendo con mucha rapidez.



Previo al Plan de Ensayos (1994-1996) el hormigón se elaboró con quince meses de antelación a la fecha de las pruebas, utilizándose en la ejecución de vigas para su posterior ensayo en el puente de flexión del Laboratorio, dentro del programa de enseñanza del hormigón armado, de forma experimental, desarrollado en la asignatura de Estructuras de los estudios de Arquitectura. En el trienio 1996-1998 el hormigón de origen es el proveniente de la demolición (por remodelación) de piezas estructurales de hormigón de obras construidas con anterioridad. Se han utilizado hormigones de obras ejecutadas en la isla de Gran Canaria hace 10, 25, 40 y 60 años.

Si a lo anterior se une el plan de reposición de buena parte de la obra edificatoria-residencial, construida hace más de 25 años, y la frecuente demolición de elementos de obra civil por ampliación o remodelación de la misma, aparece como una posible solución, el uso del hormigón triturado como árido para la confección de nuevos hormigones. Dando así lugar a lo que el autor llama *escombromigón* u hormigón confeccionado con áridos provenientes del machaqueo de otros hormigones de obras demolidas.

En las Islas Canarias, lo limitado del suelo disponible, inherente a su condición física, unido a la gran cantidad de territorio fuertemente protegido, donde se asientan las principales canteras de aporte de áridos para la construcción, junto a las obras de demolición y reposición enumeradas en el apartado anterior, apuntan hacia la posibilidad de reciclaje de los escombros de la construcción (hormigones y mampostería) para la confección de nuevos materiales.





El soporte corresponde a una estructura de hormigón ejecutada hace diez años. Por cambio de uso se decide eliminar.

Se efectúa la extracción de una probeta de hormigón, con el pilar en carga. Una vez cortado, se realiza otra, en el laboratorio de la ETSALP. (De esta forma se obtienen datos de la resistencia del hormigón primitivo, en carga y sin ella, para poder compararla con la del confeccionado con el árido resultante de su machaqueo).

Las características de los hormigones canarios (por la utilización de áridos de naturaleza volcánica, arenas fósiles de dunas y cementos con adiciones

puzolánicas naturales) y las de los elementos de mampostería (tobas y toscas naturales, primero, y el bloque de picón con posterioridad) hacen que presenten unas características químicas y físico-mecánicas propias y desconocidas hasta el momento. Si bien países como los pertenecientes al Benelux, EE.UU., Japón y Alemania cuentan con experiencia en este campo, los materiales de construcción canarios antes mencionados, son muy distintos a los utilizados por esas naciones.

Con el objeto de determinar las características de los materiales reciclados se inicia, en 1993, en el Laboratorio de Construcción de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria un plan de ensayos que constituye el cuerpo principal de la aportación de la Comunidad de Canarias al Plan Nacional de Calidad y Control de los Materiales.

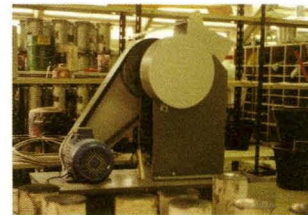
Dicho Plan, cuya primera fase ha concluido en 1998, ha supuesto la confección de unas 250 amasadas y más de 2.500 probetas de hormigón reciclado de escombros.

El apartado de la investigación relativo a los elementos de mampostería ha significado la confección y ensayo, en el laboratorio, de bloques de áridos reciclados en un número cercano a las 100 unidades.

Las conclusiones parciales de la investigación, hasta el momento realizada, han sido expuestas en sendos Congresos Iberoamericanos sobre materiales de construcción, organizados en las ciudades de La Habana (Cuba) y Porto Alegre (Brasil) en 1995 y 1997, respectivamente.



El pilar es demolido con martillo perforador y machacadora de mandíbulas.



El árido resultante se separa en la fracción 0-5 y la 5-40. La proporción de ambas fracciones es de 2/3 del total para la 5/40 (este valor coincide con el de otros ensayos). La 5/40 se utilizará en la ejecución de hormigón y bloques, la 0/5 en diversos ensayos experimentales (estabilización de tierras y confección de adobes y tapiales)



2. LA PRODUCCIÓN DE ESCOMBROS

a. Unión Europea (UE)

La producción del hormigón de escombros en la Unión Europea (UE) pasa de los 55 millones de toneladas anuales en 1980 a 175 millones en el año 2000.

Los escombros de mamposterías (bloques y ladrillos) para este año significarán unos 52 millones de toneladas. Estas cifras pueden ser más altas dada la obsolescencia del parque edificatorio y de obra civil que prevé su reposición.



Por otra parte la distancia entre los solares de demolición y las áreas de vertido son más grandes y el transporte representa un alto coste. Al mismo tiempo la falta de buenos áridos naturales se está dando en algunas áreas urbanas, y la distancia entre las canteras y los solares de nueva construcción presentan distancias más grandes, y un mayor coste del transporte.

En España se producen anualmente 25 millones de toneladas de escombros.

b. Islas Canarias

Del total de residuos generados, el 10% corresponde a los derivados de la demolición de edificios, obra civil y restos de obras de nueva construcción.

Cada edificio demolido genera unos 500 kg. de escombros por m² construido. Esta cantidad se eleva a 1.000 kg/m² en la obra civil (puentes, carreteras, depósitos, etc.).



En Canarias se debe estimar en torno a 750 Kg. por persona y año la producción de escombros de demolición, de los cuales 2/3 (unos 500 Kg.) son de hormigón y mampostería. Debido a las características de la construcción en las islas, la proporción de escombros de hormigón y mampostería se invierte respecto a los valores de otras comunidades, correspondiendo el 70% a los escombros

de bloques y ladrillos y el 30% restante al hormigón.

La demolición total de un edificio cuya primera fase se construyó en 1930, y estuvo sujeto a sucesivas ampliaciones de la estructura, ejecutadas con hormigón armado, permitió realizar un plan de ensayos con hormigones de 25, 40 y 60 años de fabricación. Este plan (actualmente en fase de análisis) aportará una cantidad extraordinaria de datos, toda vez que el cemento, arena y áridos de los hormigones varía según el año de confección. Los datos de resistencia de los hormigones originales confirman la evolución a la baja de sus calidades conforme es menor la edad del material. La compacidad, permeabilidad y absorción es, igualmente, mejor en los hormigones de 60 años que en los de 25 años.



3. RECICLAJE DE LOS ESCOMBROS

El reciclaje de los escombros no sólo es necesario bajo los criterios anteriormente mencionados (impacto medioambiental y escasez de recursos de áridos naturales), que aunque son muy importantes, no son los únicos. A estos dos deberían añadirse otros, menos conocidos, pero de capital importancia. Uno sería el volumen que los escombros ocupan, debido a la gran cantidad de huecos que presentan (el caso del Polvorín, significa ocupar un volumen equivalente al de la superficie de un estadio de fútbol y una altura de un edificio de seis plantas).

Relacionado con el aspecto anterior está la tendencia a utilizar los vacíos rellenos de escombros (de difícil compactación por la cantidad de huecos que presentan), que una vez cubiertos con una escasa capa de tierra y vegetación, son destinados a solares para la edificación de planta horizontal. (La pertenencia del autor, al cuerpo de peritos expertos en patología de edificios, permite afirmar que el número de daños en edificios cimentados en terreno de esta naturaleza, no sólo es muy elevado sino que en la mayoría de los casos, cuando no son declarados ruinosos, son de difícil y costosa reparación).

Hay que hacer notar que no se encuentran escombros de anteriores civilizaciones. La tradición histórica de la construcción siempre ha sido utilizar sus propios desechos para levantar las nuevas construcciones. Los edificios hechos con escombros de ladrillo se conocen desde los tiempos de Roma. Los restos romanos fueron aprovechados para las edificaciones románicas y árabes y hasta la basílica renacentista del Vaticano fue construida con la cantera del Foro romano.



La utilización de materiales provenientes de edificaciones ya existentes (a partir de una selección muy cuidadosa de los elementos aprovechables), ha sido una práctica habitual hasta hace poco tiempo en nuestras obras. Sin ir más lejos, durante el período de reconstrucción posterior a la Segunda Guerra Mundial, fue necesario, por un lado, satisfacer una enorme demanda de materiales de construcción y, por otro, eliminar los escombros de las ciudades destruidas. La cantidad de escombros de ladrillo en las ciudades alemanas estuvo comprendida entre los 400 y 600 millones de m³. Con su uso se redujo los costes de limpieza del lugar y se contribuyó a satisfacer en gran medida la demanda de materiales

para la construcción. En la República Federal Alemana las plantas del reciclado de escombros produjeron cerca de 11,5 millones de m³ de ladrillos, hechos con escombroáridos a finales de 1955, con los que se construyeron 175.000 viviendas.

Sin embargo, esta tendencia de la construcción al ahorro ha cambiado en los últimos tiempos. La introducción, por razones económicas, de demoliciones rápidas y en masa (debido al encarecimiento de la mano de obra respecto a los materiales) ha acabado con una tradición secular. Paralelamente los residuos de la construcción están creando problemas medioambientales. La cuestión está en cómo dar marcha atrás en este proceso, en un entorno de sociedad consumista, en la que todo tiene que ser nuevo, y con sensibles adelantos en los medios de transporte y de reutilización de los materiales.

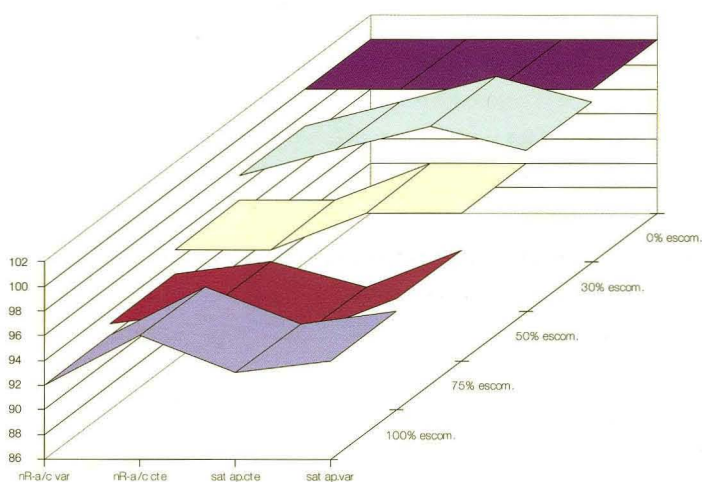


La manzana urbana donde se encuentra la sede actual del Cabildo Insular de Gran Canaria, en Las Palmas, se va a demoler (tanto el anexo actual, como las edificaciones que lo bordean) para construir la nueva. En esta operación, nuevamente, se generará una importante cantidad de escombros.



Instalación móvil de trituración de escombros

- 100% escom.
- 75% escom.
- 50% escom.
- 30% escom.
- 0% escom.



Variación de la densidad del hormigón según el porcentaje de escombros-áridos. Los hormigones con 100% de escombros son un 10% más ligeros que los naturales.

Se entiende como reciclaje el tratamiento o manipulación de escombros de forma mecánica y (o) manual, para crear un componente (material) nuevo de construcción, de hecho, una materia prima. La reutilización, significa que, sin manipulación o tratamiento alguno, (a excepción, quizá, de uno superficial) es utilizado para una función igual, o muy parecida, a la que inicialmente tuvo.

En Alemania, Dinamarca, Bélgica y Holanda se prevé que para el año 2000 el 50% de los áridos utilizados en la confección de hormigones y ladrillos de todo tipo serán reciclados de escombros de demolición.

En cuanto a los escombros, el hormigón es 100% reciclable siempre que no esté contaminado, es decir, mezclado con otro tipo de sustancias de muy diferente naturaleza, como maderas o plásticos.

El material utilizado en las actividades de reciclaje realizadas habitualmente es escombros que procede directamente de obra de demolición, siendo posible el reciclado del escombros de mampostería para su posterior uso como árido en la producción de un nuevo hormigón. Toda preclasificación de escombros en origen abarata, considerablemente, los costos.

La propuesta contempla que en Gran Canaria se ubiquen lugares de recepción y tratamiento de los escombros donde, mediante una o más instalaciones móviles de trituración,

éstos serían procesados y convertidos en áridos útiles para la confección de hormigones y bloques de construcción. Estos lugares, localizados en áreas cercanas a los "puntos limpios" de tratamiento selectivo de residuos, demandarían una superficie de unos 10.000 m².

Toda instalación de preparación de escombros se compone de 3 unidades fundamentales: Separación, Fragmentación y Clasificación. El costo de una instalación móvil de trituración, de 80 toneladas/hora, es de unos 100 millones de pesetas.



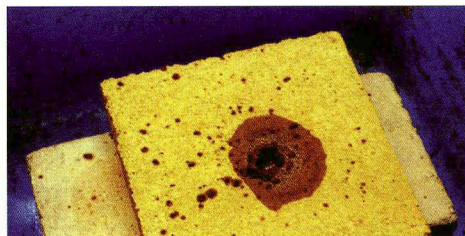
Planta estacionaria de generación de áridos a partir del tratamiento sistemático de escombros de la construcción.

4. APROVECHAMIENTO DE LOS ESCOMBROS

La calidad de los materiales reciclados es comparable, incluso mayor, que la de los vírgenes, debido a que las impurezas naturales desaparecen en el proceso de reciclado.

Para poder afirmar lo anterior, la investigación desarrollada ha:

- Caracterizado el árido de escombros (escombrárido), siguiendo recomendaciones del Comité Técnico de Normalización AEN/CTN-146 "Áridos". Grupo -áridos reciclados- de AENOR. y ANEFA (Asociación Española de Fabricantes de Áridos).
- Elaborado dosificaciones de hormigón reciclado de inertes canarios (*escombrormigón*) en contacto con el equipo de trabajo de hormigones de la red de Laboratorios del Servicio de Calidad del Gobierno de Canarias.
- Aportado el protocolo de hormigones reciclados en las Islas Canarias al GEHO-CEB (Grupo Español del Hormigón).
- Ensayado bloques de hormigón vibropresado de áridos reciclados según las instrucciones de la RILEM (The International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures), Informe nº 6 de la Comisión 37.
- Elaborado el plan de implantación y costes de una planta de regeneración de áridos conforme a experiencias de una empresa productora radicada en la Península.



Puzolana natural de las Islas Canarias, utilizada con escombros 0-5, (finos) en los ensayos de confección de ladrillos simil silico-calcáreos.

Los escombros de hormigones y mampostería pueden ser utilizados para:

- Elaboración de hormigones estructurales o constructivos. (Ver Apartado 5)
- Confección de bloques de hormigón vibropresado. (Ver Apartado 5)
- Cuando la mezcla de áridos finos de demolición, agua y puzolana natural pulverizada es preparada y secada en autoclave, el hidróxido cálcico de los finos puede ser capaz de reaccionar con partículas minerales de los áridos, de las puzolanas naturales, y formar productos de reacción de considerable resistencia a la compresión, al igual que los ladrillos silico-calcáreos (utilizados habitualmente en Canarias hasta la aparición del bloque de hormigón).
- La fracción 5-15 mm. de áridos reciclados puede ser empleada como base de carreteras bajo la forma de grava-cemento (3% de cemento).
- Los áridos finos de demolición se están usando, en un plan experimental de ensayos, para la estabilización de tierras y su uso en adobes y tapias**
- Los finos (fracción 0-5 mm.) pueden ser usados para los filtros de tratamiento de aguas residuales.
- Los finos (fracción 0-5 mm.) pueden ser usados para las bases de apoyo de las redes de saneamiento urbanas.
- Los finos (fracción 0-5 mm.) pueden ser usados, por su contenido en hidróxido cálcico, como arena de limpieza de animales domésticos y aves de corral.



*** Ensayo experimental de penetración de agua en tierras estabilizadas con finos de escombros. Investigación llevada a cabo por el Prof. Dr. Carlos Guigou Fernández. En el Laboratorio de Construcción de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.*

5. MATERIALES FABRICADOS CON ESCOMBROS

a. Hormigón

En la actualidad muy poco hormigón demolido es reciclado o reutilizado en cualquier parte del mundo. La pequeña cantidad que se recupera es sobre todo reutilizable como base o sub-base en carreteras en construcción. El resto es vertido o dispuesto en terraplenes.

En Japón se aplica una ecotasa, equivalente a 10 dólares USA, a cada tonelada vertida.

Reciclar el hormigón para producir hormigón estructural de calidad para otros usos, distintos que el de pavimentos, es técnicamente posible. Para ello se ha establecido el plan de ensayos en el que se han investigado las características de las dosificaciones utilizadas y las mejoras a introducir. Se pretende lograr unas resistencias acordes con los valores mínimos (25 N/mm²) de la Instrucción Española de Hormigón, así como cumplir los requisitos de durabilidad, analizando los parámetros físicos y químicos, que concluyan en las vías de investigación a

desarrollar para obtener aquellas dosificaciones óptimas que posibiliten la utilización del *escombromigón* como hormigón de piezas estructurales.



La investigación realizada se implementará con un convenio suscrito entre la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, el Ayuntamiento de Telde (municipio de la isla de Gran Canaria) y el empresariado local, para el que se cuenta con una financiación de la Unión Europea adscrita al POMAL (Programa Operativo para el Medio Ambiente Local).

Los bloques confeccionados con el árido proveniente del machaqueo de escombros de derribos de estructuras de hormigón, introducen una mejora sustantiva de los aspectos mecánicos y físicos, sin apenas incrementar el peso de la unidad, aspecto importante para la manipulación por el operario en obra y para su consideración en el cómputo de cargas.

Con un presupuesto inicial de 500.000 euros se acometerá la recuperación del valle de Jinámar (de gran interés botánico-paisajístico, geovolcanológico y arqueológico), la creación de un punto limpio y de una planta de reciclaje para la reutilización de los escombros del municipio y localidades limítrofes.

b. Bloques de Hormigón Vibropresado

El bloque canario de hormigón aligerado bien merece una reflexión, ya no es sólo un material usual en las islas, sino que sus más de cuarenta años de vida lo elevan a material tradicional.

En la mayoría de las fábricas de Canarias el único control de calidad al que, generalmente, se ve sometido el bloque es aquel que consiste en fijar la cantidad de cemento a introducir en la dosificación del hormigón que lo constituye, de tal modo que sea la suficiente para que, al retirar la ponedora, el bloque no se desmorone cuando es apilado, paletizado o transportado, y para que las mermas que se producen por rotura sean mínimas, de tal manera, que el cociente entre las unidades de bloque vendidas y las unidades de bloque producidas se acerque lo más posible a la unidad. Sin embargo, este control único, de la cantidad de cemento de las amasadas, es claramente insuficiente para seguir lo que al respecto está reglado.

Cuando la misión del bloque va a ser con fines estructurales, el valor mínimo de la resistencia bruta a la compresión es de 60 kp/cm^2 ó N/mm^2 , y como novedad respecto a lo recogido en la norma tecnológica, interviene también la resistencia neta, o lo que es lo mismo el resultado de dividir la tensión de rotura por la sección neta del bloque, que, cuando se va a utilizar con fines estructurales, tiene que arrojar un valor superior a los 125 kp/cm^2 ($12,5 \text{ N/mm}^2$). En los ensayos realizados se puede observar que los bloques de 6, 9 ó 12 cms. de espesor (comúnmente utilizados en divisiones y cerramientos), presentan unos valores medios de resistencia a la compresión que se encuentran en el límite inferior exigido por la norma UNE (en torno a los 40 kp/cm^2 , algunos de ellos un valor un poco menor).



El Valle de Jinámar, situado en el municipio grancañario de Telde, cuenta con numerosos conos volcánicos formados por picón (lapilli), que han sido objeto de intensas extracciones para su uso en la fabricación de bloques y bovedillas de hormigón vibropresado. La vegetación de la zona cuenta con tabaibales, eufhorbiáceas y cardonales de singular belleza.

Sin embargo, en los bloques de 20 ó 25 cm de espesor, con independencia del número de cámaras que posean, la media de la resistencia bruta obtenida está en torno a los 20, 28 ó 35 kp/cm^2 , lo que los convierte en no aptos para misiones estructurales ni siquiera para ser utilizados como cerramiento. El único que estaría cercano al valor exigible para cerramientos (con 38 kp/cm^2 de resistencia bruta) sería el de 25 cm. de tres cámaras.

Los valores obtenidos para los ensayos realizados con los bloques confeccionados con picón (lapilli volcánico) de $20 \times 25 \times 50 \text{ cms.}$, fabricados con una máquina ponedora de cuatro unidades, a semejanza de los que habitualmente se realizan en cualquier fábrica de la geografía insular, confirman los valores medios de párrafos anteriores.



En las lomas de mayor altura se ha encontrado, hace unos ocho años, uno de los mayores yacimientos prehistóricos de las Islas Canarias, con más de seiscientos enterramientos. El valle, por las extracciones, vertidos incontrolados y desertización, entra en un proceso de deterioro que se intenta frenar mediante la realización de un proyecto financiado por la U.E., en convenio con el Ayuntamiento de Telde, el Departamento de Construcción de la U.L.P.G.C. y el empresario local vinculado a la elaboración de hormigones y bloques.

Especial mención habría que hacer a los resultados obtenidos con los bloques en los que el árido utilizado proviene del machaqueo de escombros de hormigón, en los que, frente a un 16% de aumento medio del peso unitario se obtienen aumentos de los valores resistentes a compresión del 111% (lógicamente, al ser hechos con la misma máquina ponedora, el incremento es igual para las resistencias bruta y neta). Así mismo, los bloques de áridos de *escombromigón*, presentan mejoras en los parámetros de absorción y succión con respecto a los tradicionales de picón, en torno al 21% y 62%, respectivamente, habiéndose logrado bloques que, por vez primera, cumplen con los valores exigidos por la Norma para la succión.

Los indicadores de mejora señalados corresponden tanto a los confeccionados con la fracción 5-10 de áridos de escombros, como cuando la totalidad del árido proviene de dicha fuente, siendo de esperar que, con bloques realizados con prensas de mayor presión, dichos parámetros sean todavía mejores.

6. CONCLUSIONES

- a. Es posible reciclar el hormigón y la mampostería y producir agregados para ejecutar tanto un nuevo hormigón como fabricar bloques. La investigación ha sido desarrollada por el autor.
- b. Las plantas para la producción de áridos de hormigón reciclado no son muy diferentes de las de producción de áridos de machaqueo procedentes de canteras.
- c. En las Islas Canarias, aparece como idónea la utilización de una planta de 2ª generación con separadores magnéticos. El costo de una instalación para Gran Canaria estaría alrededor de 100 millones de pesetas.
- d. Debe implantarse una ecotasa a los vertidos de escombros que coadyuven a su reciclado y a subvencionar el costo de la tonelada de árido reciclado. (Una primera estimación lo fijaría en 3.500 ptas/Tn).
- e. En el laboratorio se ha encontrado que las resistencias a compresión, tracción y flexión de los hormigones de áridos reciclados pueden ser iguales o más altas que las de los hormigones originales cuando los primeros se confeccionaron con la misma, o más baja, relación agua-cemento que los segundos.
- f. Cuando se usa arena natural, hasta un 30% de árido de machaqueo convencional puede ser reemplazado por árido grueso reciclado sin cambios significativos de las propiedades mecánicas del hormigón.
- g. El procedimiento de amasado del *escombromigón* no es diferente del hormigón convencional, y pueden ser usados procesos iguales.
- h. La relación agua/cemento requerida para una determinada resistencia a la compresión será la misma para un *escombromigón* hecho con árido reciclado grueso y arena natural que para un hormigón convencional. (Se necesitan unos 10 lts/m³ más de agua).
- i. Por razones de durabilidad, es necesario fijar en 30 mm. el tamaño máximo del árido.
- j. Por razones técnicas y económicas se recomienda producir el *escombromigón* con un árido reciclado no menor de 4mm. y arena convencional*** para el resto del árido.

*** El reciclado de escombros no debe negar el progreso y la búsqueda de mejores materiales. La utilización de arenas naturales (la idónea es la del Sáhara) y aditivos polifuncionales aparece como necesaria para la confección de cualquier hormigón (reciclado o no) con garantías de durabilidad.

**** El negro de humo, añadido a la masa en una proporción del 3% de cemento es un superfluidificante natural (el análisis químico da como resultado un 99,9% de grafito, carbono puro), que no presenta los inconvenientes de los químicos (en éstos, debido a la imposibilidad de rectificar, es necesario precisar, exactamente, la dosis adecuada a la trabajabilidad deseada, la cual se aplica de una sola vez, presentando, por otro lado, una rápida pérdida de sus cualidades, que, para determinados tajos de obra dificulta su uso).

k. La experiencia práctica ha mostrado que el *escombromigón* es tan fácil de apilar, mezclar, transportar, verter y acabar como un hormigón convencional. No obstante, debido a la relativa más alta absorción de agua del árido reciclado, se recomienda almacenar los áridos reciclados en condiciones de remojado previo y así lograr un estado de saturación y superficie tan seca como sea posible.

l. La exigencia de una alta compacidad (como parámetro asociado a la durabilidad), exige, para lograr una docilidad y trabajo de la mezcla que permita una puesta en obra adecuada (descenso de cono de Abrams igual o superior a los 6 centímetros), el uso de un aditivo superfluidificante. El autor ha llevado, con éxito, una campaña de ensayos en la que se ha utilizado como tal un negro de humo rectificado.*****

m. Los bloques confeccionados con el árido proveniente del machaqueo de escombros de derribos de estructuras de hormigón, introducen una mejora sustantiva de los aspectos mecánicos y físicos, sin apenas incrementar el peso de la unidad, aspecto importante para la manipulación por el operario en obra y para su consideración en el cómputo de cargas.

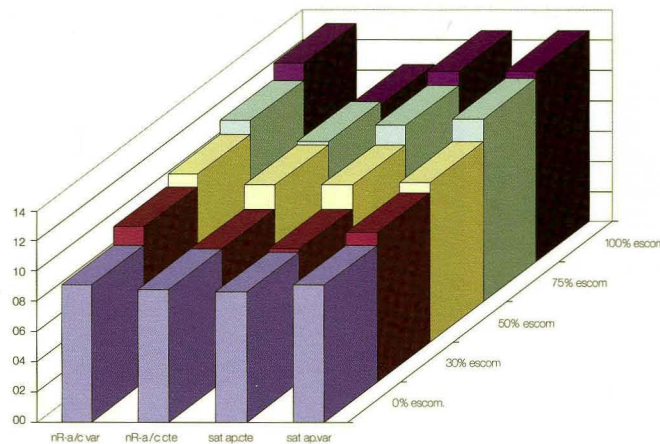
n. Existen múltiples aplicaciones de los escombros de hormigón, que van desde su uso en la fabricación de ladrillos sílico-calcareos, bloques de hormigón vibropresado, bases de apoyo de las canalizaciones, confección de nuevos hormigones y otros usos domésticos e industriales.

o. Normas, Standards y Test-Métodos para los áridos reciclados y el *escombromigón* han sido preparados en los Estados Unidos de América del Norte, Japón, Holanda, Gran Bretaña y Dinamarca.

No obstante, el uso de áridos reciclados del hormigón para usos de la construcción, en general, resulta más costoso que el de los áridos convencionales, incluso en un país como Holanda, donde hay una escasa cantidad de éstos. En muchos países esta situación está cambiando gradualmente a favor de los áridos reciclados.*****

Cabe esperar, por eso, que el coste extra que ahora es, comúnmente, cargado en el proceso de triturado y machacado del viejo hormigón, pueda ser más bajo una vez que la fase inicial de desarrollo haya concluido. También, el precio de los áridos convencionales, probablemente, continúe incrementándose en el futuro debido a la escasez de los materiales en bruto y a que los costos de transporte siguen en alza.

***** En Canarias, en las plantas de machaqueo y clasificación de los áridos, hay un sobrecoste debido al gran desgaste por abrasión. El árido reciclado es menos abrasivo.



BIBLIOGRAFÍA

· Proceedings of the Second International RILEM Symposium. Demolition and Reuse of Concrete and Masonry, vol. II, London, Chapman and Hall, 1988.

· T.C. Hansen. Recycling of Demolished Concrete and Masonry. Report of Technical Committee 37-DRC. RILEM, Chapman and Hall, 1992.

· Pérez Luzardo, José Manuel: "El pigmento negro de humo como aditivo superfluidificante". III Jornadas sobre Aplicaciones arquitectónicas de los materiales compuestos y aditivados. Madrid, 17 diciembre 1993.

· Pérez Luzardo, José Manuel: "Resistencia y durabilidad del hormigón reciclado de escombros en las Islas Canarias". Patología y control de calidad del hormigón. GEHO-CEB, febrero 1997, pp. 109 - 119.

· GEHO-CEB: Demolición y reutilización de estructuras de hormigón. (Estructuras y Edificación) (E-7), septiembre 1997.

· Pérez Luzardo, José Manuel - Guigou Fernández, Carlos: "Mejoras del hormigón reciclado de escombros en las Islas Canarias". CON-PAT 97 Porto Alegre-Brasil, octubre 1997, pp. 233-240.

La absorción de agua aumenta conforme lo hace la presencia de escombrárido, pasando, progresivamente, del 8% al 14%. Con el 30% de árido de escombros y aportación constante de agua se obtienen valores iguales a 0%.