

## **LOS NUEVOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN COMO ALTERNATIVA AL RECICLAJE DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES: MORTERO DE CEMENTO-CAUCHO RECICLADO (CCR)**

*Mercedes del Río Merino<sup>1</sup>; Mariano González Cortina<sup>1</sup>; Pilar Izquierdo<sup>1</sup> Jaime Santa Cruz Astorqui<sup>2</sup>; Isabel Salto Weiss Azevedo<sup>3</sup>*

*1. Dpto. de construcciones arquitectónicas y su control. E. U. Arquitectura Técnica . U.Politécnica. Avda. Juan de Herrera 6. 28040 Madrid. Tfno: 91 3367596; Fax: 91 3367634*

*2. Dpto. de Tecnología de la Edificación. E. U. Arquitectura Técnica . U.Politécnica. Avda. Juan de Herrera 6. 28040 Madrid. Tfno: 91 3367599; Fax: 91 3367637*

*3. Dpto. de Ingles Aplicado . U.Politécnica. 28040 Madrid. Tfno.; Fax:*

### **Introducción**

Evolucionar hacia una mayor sostenibilidad en la gestión de los recursos implica ser capaz de evaluar la eficiencia alcanzada en términos de ahorro de recursos naturales (tanto materiales como energéticos) y evitación de residuos. La metodología que intenta ponerse a punto actualmente, para evaluar comparativamente la eficiencia en el uso de los recursos se basa en el estudio integral del "ciclo de vida" (de la "cuna a la tumba" en la terminología anglosajona), de los productos, con el propósito de conocer el balance ecológico o "ecobalance" de todo el proceso: extracción, transformación, distribución, consumo, reutilización, reciclaje, disposición final de los residuos (tanto materiales como energéticos (1)).

Lógicamente gestionar de forma más sostenible los recursos implica acercarse progresivamente hacia la "producción limpia", objetivo que implica no sólo el menor consumo de recursos (materias primas y energía), sino la drástica disminución de los residuos. Esto es posible gracias a entre otros procedimientos la integración (reutilización y el reciclaje) de los mismos en nuevos procesos productivos, dando lugar a subproductos.

En esta ponencia se presentan algunos ejemplos sobre la incorporación de residuos industriales en conglomerantes dando lugar a nuevos materiales de construcción que compiten con los comercializados en la actualidad.

La incorporación de residuos en materiales de construcción presenta aspectos ambientales positivos y negativos. Entre los primeros cabe destacar la prolongación de la vida útil de los espacios de vertido, los ahorros de consumo de materiales vírgenes o importados y de consumo energético asociado a la fabricación de productos a los que sustituyen, así como la preservación de espacios naturales debida a una menor necesidad de explotación de recursos minerales (2). En la vertiente negativa cabe destacar la generación de polvo, ruido, vibraciones y aguas residuales, además de las afecciones producidas en los emplazamientos de las plantas de reciclado o las posibles distorsiones del entorno socioeconómico ligadas a desplazamientos de la mano de obra y recursos desde las actividades extractivas y de producción de materiales vírgenes a las de recuperación y reciclado. Finalmente son dignos de mención los posibles impactos sobre la salud causados por el inadecuado manejo y/o protección frente a componentes peligrosos que pueden existir en los residuos (particularmente en algunos de demolición), como el amianto (3).

## **Materiales de construcción procedentes del reciclaje de desechos industriales:**

Dentro de los residuos industriales merecen especial atención los residuos procedentes de la construcción o la demolición de edificios e infraestructuras.

Volumétricamente significan la mayor fuente de residuos industriales generada por un país desarrollado, evaluándose entorno a *450 kg* por habitante y año. El nuestro produce anualmente entorno a *20 millones de m<sup>3</sup>*, de los cuales no se recicla ni un uno por ciento, y se vierte incontroladamente casi todo el resto

De los RCD generados en España aproximadamente un 60% están constituidos por residuos de albañilería (escombros de mampostería) y un 20% aproximadamente corresponden a escombros de hormigón,

El reciclado de estos escombros deviene en áridos. En España existen, actualmente, seis plantas de áridos reciclados, tres en Barcelona, dos en el País Vasco y una en Madrid (4).

Actualmente, estos áridos se agregan en hormigones, morteros y asfaltos sustituyendo a los áridos naturales, con aplicaciones en: bases y subbases de firmes y de carreteras fundamentalmente (5).

Otro de los residuos industriales con aplicaciones en el campo de la construcción es el caucho procedente de neumáticos fuera de uso.

Actualmente en España un 80% de los NFUs (200.000 t) se depositan en vertedero (40% en vertederos ilegales), un 3% (7.500 t) se valorizan energéticamente, y solo un 1% (2.500 t) se recicla añadiéndolo triturado en hormigones para base de carreteras, en relleno de terrenos y en pavimentos asfálticos, en cualquier caso, estas aplicaciones no suponen un volumen alto de reutilización.

En cuanto a la adición de caucho en otras aplicaciones constructivas, comentar que se han encontrado numerosas referencias documentales sobre proyectos de investigación que utilizan el granulado de caucho como otro componente más en la fabricación de hormigones, sustituyendo parcialmente a los áridos finos o a las gravas (6).

En esta ponencia se resumen los resultados de una nueva aplicación un mortero de cemento aligerado con caucho, que sustituya a los morteros de cemento aligerados que se están utilizando en la actualidad en España con arcilla expandida. Este mortero tendrá aplicaciones, no estructurales, como material de relleno en: recrecidos de forjados, pendientes en azoteas, etc.

### **Mortero de cemento caucho reciclado (CCR)**

Para la caracterización del material se desarrolla un plan de ensayos sobre probetas prismáticas de 4x4x16 (cm), de mortero de cemento (Cem II/A- I 32,5N). sin aligerar, de mortero de cemento sustituyendo la arena por granulado de caucho (0,4-2,0 mm) al 100%, 75% y 50%, y por mezclas al 50%, 75% y 25% de arcilla expandida y caucho y se les someten a ensayos de medida de densidad, resistencia mecánica (flexotracción y compresión), dureza Shore C y comportamiento frente al agua. Los resultados de los ensayos se comparan con los resultados obtenidos sobre probetas de mortero de cemento sin aligerar y aligerado con arcilla expandida, determinando cual de todos los morteros analizados aporta una mejor relación densidad/resistencia mecánica.

### **Resultados y conclusiones de los ensayos:**

**Trabajabilidad:** Durante el amasado, se constata una falta de adherencia entre el cemento y el granulado de caucho dando lugar a una disgregación del mortero y decantándose la lechada de cemento al fondo.

**Densidad:** En general, todas las probetas realizadas pierden, a los 7 días, un 6% de peso, a los 14 días un 18%, y se estabilizan en peso entre los 21 y 28 días. La adición de caucho en el cemento supone una reducción de la densidad geométrica de más de un 60% con respecto al mortero no aligerado, pero la cantidad de caucho añadida no es proporcional a la reducción de densidad obtenida. Por otra parte, los valores de densidad de los morteros aligerados con caucho son superiores a los obtenidos en morteros aligerados con arcilla expandida, donde se han obtenido las mayores reducciones de densidad para consistencias similares (consistencia medida por el asiento sufrido por la mezcla, a los 2 minutos de ser vertida en cono normalizado).

**Ensayo a flexotracción:** En todos los casos, incluso con adiciones mínimas de caucho en el mortero, se constata una pérdida de resistencia significativa, mayor con mayores adiciones. Sin embargo se observa una mejora en el comportamiento ante la rotura, al proporcionar mecanismos alternativos de absorción de energía alargándose el periodo Plástico y permaneciendo las probetas unidas después de la rotura.

**Ensayo a compresión:** Los resultados obtenidos en este ensayo sobre los morteros con caucho son muy inferiores a las probetas realizadas con morteros sin aligerar, aunque son similares a los obtenidos en los morteros de cemento aligerados con arcilla expandida. Al igual que en el ensayo a flexotracción, se constata un alargamiento del periodo plástico y al producirse la rotura no se deshacen las probetas por completo sino que se quedan aplastadas permaneciendo unidas en su totalidad.

Fig 1 y 2. Resultados medios de los ensayos mecánicos realizados sobre morteros de cemento aligerados y sin aligerar

**Ensayo de dureza superficial:**

Los resultados obtenidos en los morteros de caucho son muy inferiores a los de las probetas de mortero no aligerado e incluso a las probetas de mortero aligerado con arcilla expandida.

**Determinación del coeficiente de absorción de agua.**

Se realiza un ensayo que consiste en pesar las probetas completamente secas y después sumergirlas totalmente en agua durante 72 horas hasta conseguir la saturación total de todos los poros del material. De los resultados se concluye que el mortero con adición de caucho es más poroso pues la absorción del mortero caucho aumenta respecto al mortero sin aligerar un 11,02%.

**Ensayo de absorción capilar de probetas:** se sumergen parcialmente las probetas en una cubeta llena de agua hasta una altura de 1 cm y se mide el ascenso del agua, así como el incremento de peso de las probetas cada 10

minutos, finalizando el ensayo una vez que ya no se produce ascenso de agua (a los 50 minutos).

De los resultados se concluye que la capacidad de absorción por capilaridad del mortero caucho es superior a la del mortero de cemento aproximadamente un 63,73 %. Sin embargo, el ascenso del agua es más lento lo que confirma de nuevo una mayor porosidad de este material.

### **Conclusiones**

Para una misma consistencia, el mortero aligerado con arcilla expandida consigue una menor densidad así como unos valores mayores en la resistencia a flexotracción y en la dureza superficial. A pesar de esto, se considera que el mortero de cemento-caucho obtiene una densidad similar a las densidades de los morteros aligerados que se comercializan en la actualidad. Dentro de las adiciones analizadas, se recomienda la adición denominada 50% de caucho por obtener una mejor relación entre la densidad, las resistencias mecánicas y la dureza superficial. Además, este material tiene un bajo modulo de elasticidad, lo que implica una mayor adaptabilidad entre los elementos contiguos (terreno y muro de contención / solera, terreno y conductos, solera / forjado y solados, etc), donde casi siempre existe una gran diferencia de rigideces que provoca fisuraciones en el elemento mas frágil ante movimientos del elemento soporte.

Por tanto se confirma que se puede sustituir la arcilla expandida, económicamente más costosa así como menos sostenible, por materiales granulares procedentes de residuos de neumáticos, posibilitando, por otra parte, nuevas vías para el reciclaje.

Los campos en los que inicialmente parece viable su utilización son: Formación de pendientes en azoteas; Soleras; Rellenos en rehabilitación de forjados y Recalces de cimentaciones antiguas.

### **Referencias**

- (1) Ley 10/1998, de 21 de Abril, de residuos. BOE 96, de 22-04-98
- (2) Plan de gestión de RCD. Comunidad autónoma de Madrid. 2002.
- (3) Orden MAM/304/2002, de 8 de Febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. BOE 43, de 19-02-02
- (4) Catálogo de residuos utilizables en la construcción (cedex). Julio 2001.
- (5) "Demolición y reutilización de estructuras de hormigón". Recomendaciones y Manuales Técnicos. Estructuras y edificación (E-7). Colegio de Ingenieros de Caminos y Puertos de Madrid.
- (6) 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)