

Caracterización tecnológica de morteros con escombros de albañilería molido

Rubén Alberto López, Marcelo Masckauchan, Carlos Alberto Di Salvo, José Luis Verga, Alfredo Graich (1)

1 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires,
Departamento de Ingeniería Civil, Mozart 2300 (C1407IVT)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

lopezalberto49@hotmail.com

Recibido el 28 de Diciembre de 2012, aprobado el 25 de Febrero de 2013

Resumen

Se exponen resultados experimentales del análisis de las características técnicas, surgidas de la determinación de parámetros físicos y mecánicos, de escombros de albañilería obtenidos de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) provenientes de obras edilicias, y morteros producidos con ellos. La investigación marco denominada 'Factibilidad técnica y económica en la reutilización de escombros de albañilería resultantes de la demolición y construcción' toma resultados obtenidos de una anterior 'Caracterización de contaminantes de Residuos de la Construcción y Demolición en la Ciudad de Buenos Aires', realizada por el mismo equipo, que indicaba que el 90% (en peso) de los RCD analizados correspondía a escombros de albañilería.

PALABRAS CLAVE: ESCOMBRO MOLIDO - REUTILIZACIÓN - MORTEROS - RESISTENCIA A COMPRESIÓN - ADHERENCIA

Abstract

Presents experimental results of the analysis of technical features, arising from the determination of physical and mechanical parameters of masonry rubble obtained from the RCD from building sites, and mortar produced with them. The research framework is called 'Technical and economic feasibility of reuse of masonry rubble resulting from demolition and construction' and take results from a previous 'Characterization of contaminants from waste from construction and demolition in the City of Buenos Aires' by the same team, which indicated that 90% (in weight) of the RCD analyzed corresponded to rubble masonry.

KEYWORDS: GROUND RUBBLE - REUTILIZATION - MORTARS - RESISTANCE TO COMPRESSION - ADHERENCE

*Se desea destacar la colaboración en este proyecto de Silvio Bressan, María Elena Forzinetti, Jorge González Morón

Introducción

El objetivo del proyecto de investigación consiste en analizar la factibilidad técnica, económica y ambiental de reuso en origen, de los escombros de albañilería generados en obras edificaciones en zonas urbanas de alta densidad de ocupación, como árido para la elaboración de morteros de albañilería y hormigones de relleno.

En el proyecto "Caracterización de contaminantes de Residuos de la Construcción y Demolición RCD en la Ciudad de Buenos Aires", relizado por este mismo equipo, se estudiaron las fracciones de muestras aleatorias de 20 volquetes con RCD provenientes de obras de la C.A.B.A. (Di Salvo et al., 2007). El resumen de la cuantificación de cada fracción componente de dichos residuos se transcribe en la siguiente tabla:

Residuo	Porcentaje (%)
Escombros de albañilería	91,0
Madera	1,1
Papel y cartón	0,8
Metales	0,5
Plásticos	0,3
Yeso	0,2
Otros	6,1
TOTAL	100,0

Tabla 1: Cuantificación de cada fracción componente de residuos

De estos resultados se concluye la evidente preponderancia de la fracción "Escombros de albañilería" en relación al total de los residuos, conclusión que confirma los datos de los estudios tomados como antecedentes de la investigación mencionada. En consecuencia resultó adecuado plantear una investigación orientada a optimizar la reutilización de dichos residuos a fin de mejorar la gestión de los RCD en la industria de la construcción. Dicha mejora, por la incidencia de la fracción "Escombros de albañilería" expuesta, permite suponer a priori una ventaja ambiental, a verificar en el transcurso de la investigación, ya que significa una menor apropiación de materias primas como áridos y agregados y la reducción en peso y volumen del propio residuo a disponer.

Cabe señalar que el aprovechamiento de los escombros molidos resultantes de demoliciones o de material de albañilería excedente en las obras, es una técnica tradicional que se ha ido dejando en desuso, entre otros factores por las características del equipamiento requerido o la

cada vez mayor exigencia de reducción de los plazos de obra (Bressan et al, 2008). Sin embargo, ante una perspectiva actual de desarrollo sustentable, resulta apropiado estudiar la factibilidad de aplicación de esta práctica desde el punto de vista ambiental, técnico y económico.

El plan de trabajo propuesto incluye las siguientes etapas:

- Determinación de las cualidades técnicas del material obtenido con la reutilización del escombro de albañilería molido.
- Desarrollo de un protocolo que establezca una metodología y equipos apropiados para lograr la mayor eficiencia de la reutilización del escombro en obra.
- Finalmente la evaluación de las ventajas técnicas y económicas que pueda ofrecer la reutilización propuesta frente a las modalidades

actuales en la industria de la construcción, como asimismo las ventajas ambientales que surjan de su aplicación. (Municipalidad de Rosario, 2009)

En el presente trabajo se expone el avance efectuado en relación a la primer etapa, consistente en la determinación de diversos parámetros que permiten establecer las propiedades técnicas del material obtenido reemplazando parte del agregado fino por escombro de albañilería molido, en morteros destinados a mezcla de asiento para mampostería y a revoques. Los parámetros físicos y mecánicos determinados son aquellos considerados significativos y se obtuvieron mediante ensayos efectuados en el Laboratorio de Ingeniería Civil :

- Ensayos para la caracterización de los materiales utilizados
- Ensayos para la determinación de parámetros físicos y mecánicos de una mezcla de referencia

y las mezclas con escombros molidos:

- o Ensayos de consistencia
- o Ensayos a la flexión
- o Ensayos a la compresión
- o Ensayos de adherencia

Caracterización de los materiales utilizados en las mezclas a ensayar

A fin de determinar las cualidades técnicas del material obtenido con el escombros de albañilería molido, se compararon los parámetros físicos y mecánicos del mismo con una mezcla de referencia característica utilizada habitualmente para mezcla de asiento de mamposterías y para revoques. En definitiva las mezclas ensayadas fueron:

- Mortero 1 (Mortero de referencia): Mortero hidráulico reforzado con arena como árido fino
- Mortero 2: Mortero hidráulico reforzado con arena (75% en volumen) y escombros de albañilería molido (25% en volumen) como árido fino
- Mortero 3: Mortero hidráulico reforzado con arena (50% en volumen) y escombros de albañilería molido (50% en volumen) como árido fino. Por lo tanto, como primer paso se debían caracte-

terizar las fracciones del material utilizado como árido fino, tanto la arena, a fin de mantener las mismas características para las diversas muestras a ensayar, como el escombros de albañilería molido que la reemplaza en los morteros 2 y 3. En lo que hace a los aglomerantes, cal hidráulica y cemento portland, en todos los casos se mantuvieron las proporciones y se usaron materiales de la misma procedencia, cuyas características están certificadas por el fabricante.

Ensayos de caracterización de las fracciones de áridos

a) Determinación de la densidad relativa real y absorción de agregados pétreos finos (IRAM 1520/2002):

- o Densidad relativa real
- o Densidad en estado saturado superficie seca
- o Absorción

b) Análisis granulométrico de la arena (IRAM 1505/2005)

c) Análisis granulométrico del escombros de albañilería molido (IRAM 1505/2005)

Material	Densidad relativa real (Kg/m ³)
Escombros de albañilería molido	2375
Arena silíceo oriental	2610

Tabla 2: Densidad relativa real

Material	Densidad SSS (kg/m ³)
Escombros de albañilería molido	2322
Arena silíceo oriental	2560

Tabla 3: Densidad en estado saturado superficie seca

Material	Absorción (%)
Escombros de albañilería molido	8,69
Arena silíceo oriental	0,85

Tabla 4: Absorción

Tamiz N°	Peso retenido (g)	Peso que pasa (g)	Porcentaje que pasa (%)
4	0,8	518,9	99,8
8	1,7	517,2	99,5
16	2,6	514,6	99,0
30	14,9	499,7	96,1
50	267,1	232,6	44,7
100	217,2	15,4	3,0
200	13,4	2,0	0,4
Fondo	2,0	-	-

Tabla 5: Análisis granulométrico de la arena. Peso de la muestra: 519.7 g

R. A. López et al - Caracterización tecnológica de morteros...

Tamiz Nº	Peso retenido (g)	Peso que pasa (g)	Porcentaje que pasa (%)
4	0,0	500,8	100
8	50,4	450,4	89,9
16	60,6	389,8	77,8
30	46,2	343,6	68,6
50	56,9	286,7	57,2
100	70,3	216,4	43,2
200	132,9	83,5	16,7
Fondo	83,5	-	-

Tabla 6: Análisis granulométrico del escombros de albañilería molido.
Peso de la muestra: 500.8 g

Determinación de parámetros físicos y mecánicos de una mezcla de referencia y las mezclas con escombros molido

Con el propósito de determinar el desempeño de morteros para albañilería (es decir mezcla de asiento de mampostería, revoques de muros y carpetas) se propuso trabajar, como se señaló más arriba, con tres morteros diferentes. El mortero 1 o de referencia, utiliza como ligante cal hidráulica con la incorporación de una pequeña proporción de cemento Portland para aumentar su capacidad de desarrollo de resis-

tencia mecánica y, como agregado fino, arena silícea oriental. Los otros morteros tienen el mismo ligante y en igual proporción variando solo las características del agregado: en el mortero 2 se reemplaza $\frac{1}{4}$ en volumen de la arena silícea por escombros de albañilería molido, mientras que en el mortero 3 el reemplazo propuesto es de $\frac{1}{2}$ en volumen del árido original.

Se visualiza la composición de las tres mezclas propuestas, en volumen en Tabla 7 y en peso en Tabla 8.

	Mortero 1	Mortero 2	Mortero 3
Denominación	Mortero hidráulico reforzado (MHR)	Mortero hidráulico reforzado mixto (MHRM)	Mortero hidráulico reforzado mixto (MHRM)
Cal hidráulica	1	1	1
Cemento	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Arena	4	3	2
Escombros de albañilería molido	-	1	2
Agua	15%	15%	15%

Tabla 7: Relaciones en volumen

	Mortero 1	Mortero 2	Mortero 3
Denominación	Mortero hidráulico reforzado (MHR)	Mortero hidráulico reforzado mixto (MHRM)	Mortero hidráulico reforzado mixto (MHRM)
Cal hidráulica	5,15	5,26	5,37
Cemento	2,57	2,44	2,5
Arena	42,63	32,63	22,19
Escombros de albañilería molido	-	4,5	9,18
Agua	5,79	5,91	6

Tabla 8: Relaciones en peso (kg) - 25 litros de mezcla

PROYECCIONES - Publicación de investigación y posgrado de la Facultad Regional Buenos Aires

Los pesos de agua de mezcla utilizados en cada uno de los tres casos se establecieron fijando como criterio el obtener pastas de igual consistencia, adoptando un valor de 50%, determinado según la norma IRAM 1570/1994 "Determinación de la consistencia por el método de escurrimiento", la que permite una adecuada trabajabilidad. (Ver Imagen 1)

Determinación de las resistencias a flexión y compresión

En una primera etapa se moldearon 3 probetas prismáticas de cada mortero siguiendo los

lineamientos de la Norma IRAM 1622/2006. De cada mortero se ensayó una probeta a los 7 días de edad, una a los 14 días de edad y la restante a los 28 días. Cabe aclarar que cada probeta permite realizar un ensayo de flexión y dos ensayos de compresión. Los resultados de resistencia a flexión y promedio de los dos ensayos de compresión se indican en las tablas 9 y 10.

En las imágenes 2 a 5 se observan el equipamiento y dispositivos utilizados para distintos ensayos para la evaluación de parámetro de resistencia a la flexión y compresión.



Imagen 1. Disco de asentamiento y molde para determinación de consistencia



Imagen 2. Probeta con dispositivo para ensayo de flexión

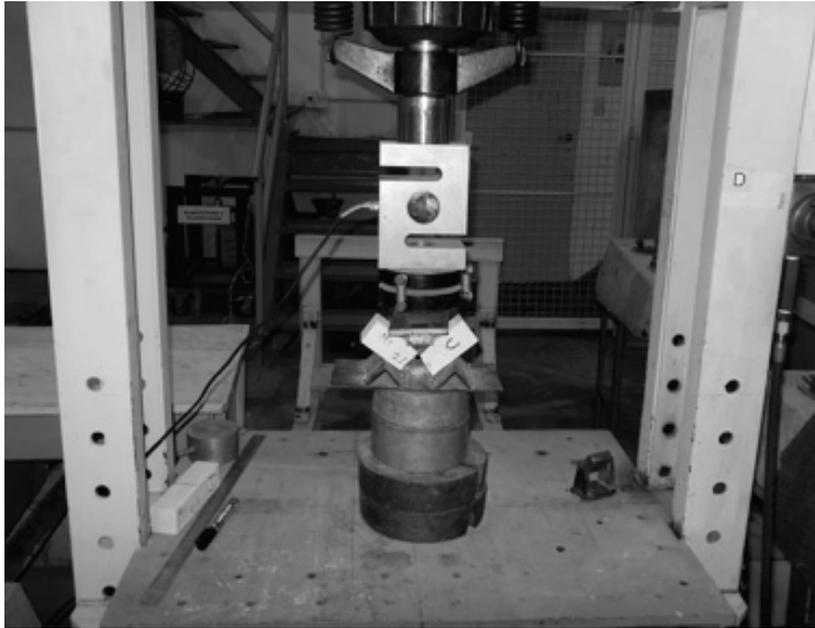


Imagen 3. Probeta con dispositivo para ensayo de flexión

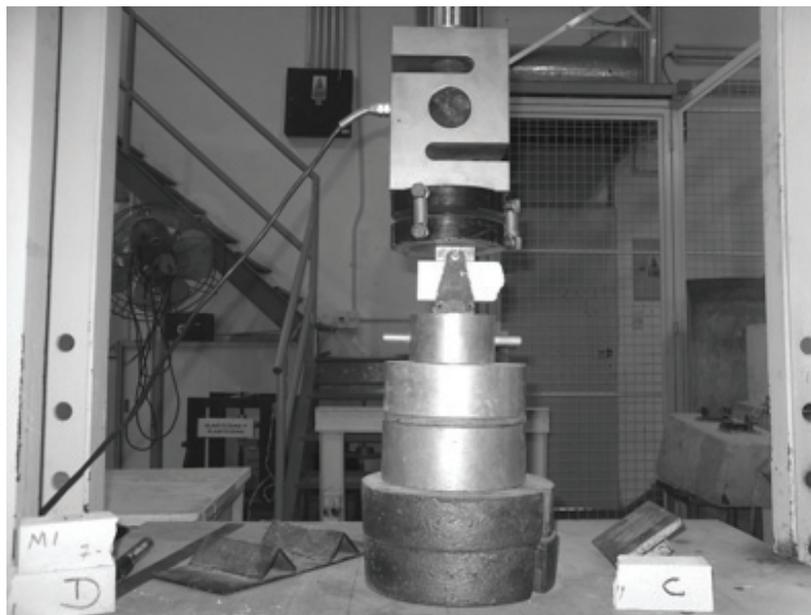


Imagen 4. Probeta con dispositivo para ensayo de compresión

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	*	0,23	0,46
Mortero 2	0,23	0,46	0,46
Mortero 3	0,46	0,46	0,69

Tabla 9: Resistencia a la flexión en MPa

*El dispositivo de detección de carga no acusó registro

PROYECCIONES - Publicación de investigación y posgrado de la Facultad Regional Buenos Aires

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	0,55	0,64	0,95
Mortero 2	1,17	1,47	1,35
Mortero 3	2,18	2,68	3,56

Tabla 10: Resistencia promedio a la compresión en MPa

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	-	0,23	0,23
Mortero 2	0,23	0,23	0,46
Mortero 3	0,23	0,69	0,69

Tabla 11: Resistencia a la flexión en MPa

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	0,77	0,77	0,86
Mortero 2	0,92	1,23	1,56
Mortero 3	2,09	2,94	3,07

Tabla 12: Resistencia promedio a la compresión en MPa

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	0,23	0,23	0,23
Mortero 2	0,23	0,23	0,23
Mortero 3	0,46	0,69	0,69

Tabla 13: Resistencia a la flexión en MPa

Edad del mortero	7 días	14 días	28 días
Mortero 1	0,80	0,86	1,04
Mortero 2	0,95	1,04	1,53
Mortero 3	2,64	3,07	3,34

Tabla 14: Resistencia promedio a la compresión en MPa

Determinación de la adherencia (Norma IRAM 1764/2003)

Utilizando los mismos morteros se realizaron ensayos de adherencia construyendo probetas conformadas por tres ladrillos macizos cerámicos pegados en dos tercios de su superficie lateral como se observa en la Figura 1:

Por cada mortero se realizaron tres probetas las que se ensayaron a los 28 días de edad. Los resultados de cada una se promediaron. Para obtener el valor de adherencia se dividió cada valor de carga de rotura por la superficie de contacto entre los tres ladrillos. En la tabla 15 se informan estos resultados.

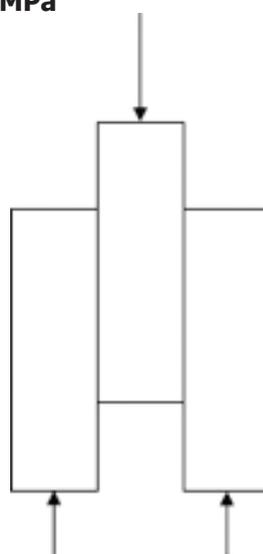


Fig. 1. Conformación de probetas



Imagen 5. Ensayo de adherencia

Tipo de mortero (denominación)	Adherencia (MPa)
Mortero 1	0,20
Mortero 2	0,23
Mortero 3	0,26

Tabla 15: Valores de Adherencia (MPa)

Conclusiones

De los resultados obtenidos resulta notable el aumento de la resistencia a la flexión y especialmente a la compresión en los morteros donde se reemplaza parte de la arena silíceo por el escombros de albañilería molido, llegando en el caso del mortero 3 (donde el agregado es mitad arena y mitad escombros molido) a triplicar la resistencia a la compresión. Las hipótesis que se plantean para explicar este comportamiento son dos:

1. En primer lugar el aumento de la fracción de partículas que pasan el tamiz N° 200 (0.4% en la arena silíceo y 16.7% en el escombros molido) (Ver Tablas 5 y 6), lo que implica una reducción de los espacios vacíos y por lo tanto mayor compactación del mortero, resultando en una mayor resistencia (flexión y compresión) del material endurecido.

2. En menor medida también es esperable un aumento de resistencia (flexión y compresión)

por la aparición de cierta capacidad aglomerante adicional aportada por el carácter hidraulizante de la mezcla de cerámica finamente molida (proveniente del escombros) con el hidróxido de calcio (la cal hidráulica).

Se entiende que deberán realizarse más ensayos que confirmen la tendencia evidenciada en este trabajo y efectuar ensayos de densidad del mortero endurecido para demostrar el aumento de compactación propuesto en la hipótesis anterior.

Referencias

- BRESSAN, S. A.; BUGALLO, A. I.; DI SALVO, C. A.; FORZINETTI, M. E.; GRAICH, A. M.; GONZÁLEZ MORÓN, J.; MASCKAUCHAN, M.; MAZZEI, H.; VERGA J. L. (2008) "Investigaciones ambientales en Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires: su potencialidad pedagógica y formativa." Revista Proyecciones - Publicación de Posgrado e Investigación de la Facultad Regional Buenos Aires, UTN, Vol. 6, Nº 1, pp. 43 – 51.
- DI SALVO, C. A.; BRESSAN, S. A.; BUGALLO, A. I.; FORZINETTI, M. E.; GRAICH, A. M.; GONZÁLEZ MORÓN, J.; MASCKAUCHAN, M.; VERGA J. L.; LÓPEZ, A. R., (2007) "Avances en 2007 de la caracterización de contaminantes de RCD en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires". 6º Encuentro PROCMA, San Nicolás.
- Municipalidad de Rosario, "Buenas prácticas ambientales en la construcción", 2009, www.cimpar.org.ar
- Norma IRAM 1505. 2005. Agregados. Análisis granulométricos. 12 pp. Buenos Aires.
- Norma IRAM 1520. 2002. Agregados finos. Métodos de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua. 14 pp. Buenos Aires.
- Norma IRAM 1570. 1994. Morteros para mampostería. Determinación de la consistencia. Método de escurrimiento. 6 pp. Buenos Aires.
- Norma IRAM 1622. 2006. Cemento Portland. Métodos de laboratorio de determinación de las resistencias a la compresión y a la flexión. 25 pp. Buenos Aires.
- Norma IRAM 1764. 2003. Morteros para mampostería. Métodos de ensayo de adherencia de los revoques y las carpetas. 11 pp. Buenos Aires.