

# Morteros con adición de fibras recicladas. Evaluación del comportamiento

## Mortars with recycled fiber addition. Performance evaluation.

Presentación: 22/10/2023

### **Axel Xavier Albaretto**

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional de Córdoba (Utn-Frc). CINTEMAC Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad.  
[axel69701@gmail.com](mailto:axel69701@gmail.com)

### **Bruno Nicolás Fulginiti**

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional de Córdoba (Utn-Frc). CINTEMAC Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad.  
[brunofulginiti99@gmail.com](mailto:brunofulginiti99@gmail.com)

### **Vanina Luz Ceballos**

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional de Córdoba (Utn-Frc). CINTEMAC Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad.  
[luzceballos2018@gmail.com](mailto:luzceballos2018@gmail.com)

### **Resumen**

El presente trabajo consiste en el desarrollo de morteros con adiciones de diferentes fibras recicladas, el objetivo del mismo es evaluar las prestaciones que le aportan las fibras seleccionadas y a su vez verificar si es apto para reparaciones de mampostería agrietada y/o de contrapisos de bajas cargas. Se estudiaron diferentes muestras; una de referencia llamada MP, una con fibras recicladas de la industria de la herrería (virutas de acero) con diferentes porcentajes de incorporación, denominados MF; y un mortero con incorporación de fibras recicladas plásticas obtenidas de escobillones en desuso denominado ME.

**Palabras clave:** Morteros – Fibras – Adición - Sustentabilidad

### **Abstract**

The present work consists of the development of mortars with additions of different recycled fibers. The objective of this study is to evaluate the performance provided by the selected fibers and, at the same time, to verify if it is suitable for repairing cracked masonry and/or low-load screeds. Different samples were studied, one as a reference called MP, one with recycled fibers from the iron industry (steel shavings) with different incorporation percentages, referred to as MF, and a mortar with incorporation of recycled plastic fibers obtained from used brooms, referred to as ME.

**Keywords:** Mortars – Fibers – Additions – Sustainability

### **Introducción**

En el presente proyecto se apuntó a utilizar un mortero con fibras con el fin de ser aplicados en mayores prestaciones que el asiento de mampostería o revestimiento. Se pensó para ser utilizado como reparación de morteros agrietados y contrapisos de bajas cargas. Por lo anterior, y tratando de lograr un material de alta resistencia a la tracción que permita cumplir con tales exigencias, se planteó la inclusión de fibras. Las fibras pueden proporcionar una adecuada resistencia mecánica a los esfuerzos internos de la mezcla. Al encontrarse

homogéneamente distribuidas dentro de un mortero, constituyen una micro-armadura que, por un lado, se muestra extremadamente eficaz para contrastar el ya conocido fenómeno de fisuración por retracción y, por otro, confiere a la mezcla una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la resistencia misma de las fibras. A su vez, alineados con la tendencia mundial de la economía circular [1] [2] y acorde a este concepto, se pensó este material como un mortero capaz de albergar fibras recicladas.

La solución técnica propuesta es desarrollar morteros con la incorporación de fibras de acero, provenientes de virutas que hoy constituyen un scrap o un residuo de herrerías, con distintos porcentajes, 5% al 20% denominado MF. Se los comparó con un mortero referencia MP y con un mortero con adición de fibras recicladas plásticas provenientes de escobillones fuera de uso, respetando el porcentaje recomendado para fibras comerciales plásticas de características similares, denominado ME.

## Desarrollo

### OBJETIVOS:

Verificar la factibilidad de incorporación de fibras plásticas recicladas en morteros.

Verificar que las propiedades físicas y mecánicas encuadren dentro de las normativas de morteros en la República Argentina.

Verificar la trabajabilidad de la mezcla en esta incorporación.

Analizar las propiedades que le confiere la fibra, la compatibilidad con el cemento y la estabilidad química.

Verificar la mejora en la resistencia a compresión y flexión de la mezcla con fibras recicladas respecto del mortero patrón.

Verificar que la mezcla obtenida sea apta para reparaciones de contrapisos y pavimentos de bajo tránsito / tránsito liviano.

### PLAN EXPERIMENTAL:

Se diseñó una mezcla patrón de mortero de cemento portland y agregados de peso normal (arenas naturales) como comparador de las mezclas modificadas. Se lo designó con las siglas MP.

Se elaboraron morteros con la incorporación de fibras de acero, con distintos porcentajes, 5% a 20% y se los denominó MF.

Por otro lado, se diseñó un mortero con adición de fibras plásticas. Estas fibras recicladas fueron obtenidas de escobillones y escobas en desuso, cortando las mismas del plástico contenedor y utilizándose tal cual se obtienen del residuo. El porcentaje de incorporación se basó en la recomendación que existe de fibras comerciales plásticas con características similares. Utilizando en este caso 3.275 Kg/m<sup>3</sup> (Kg.fibra/m<sup>3</sup>). Según datos de fibra comercial se recomienda de 0.9 a 4.5 Kg/m<sup>3</sup> estando dentro de los límites. Esta mezcla se denominó ME10.

Para cada una de las muestras se evaluó, en estado fresco la trabajabilidad, mediante el escurrimiento en la mesa del flow table. Y en estado endurecido, las propiedades mecánicas: resistencia a compresión y flexión a 7 días y a 28 días del mortero y peso unitario. Todos estos ensayos se realizaron tanto para el mortero patrón como los morteros con fibras recicladas.

Por sus resultados, se decidió profundizar la investigación solo en morteros con adición de fibras plásticas para evaluar el comportamiento como reparación en contrapisos y pavimento de bajas cargas. Se realizó el ensayo a compresión de probetas cilíndricas, ensayo a tracción por compresión diametral, ensayo de viga a Flexión y ensayo de choque en baldosas. Este último para estudiar el comportamiento ante un impacto. Todos los ensayos se realizaron en tres probetas como mínimo, por lo que se obtuvo un resultado promedio de todas aquellas muestras consideradas válidas de acuerdo a lo que dicta la Norma IRAM de cada uno de los ensayos realizados.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:

Se presentan las características físicas de los materiales utilizados: cemento, arena mezcla, fibras recicladas:

Cemento: se utilizó un cemento portland compuesto CPC40. Con una resistencia a la compresión de 40 MPa a los 28 días.

Agregados: Se utilizaron dos arenas, una fina y una gruesa, de origen natural de cauces de ríos de la provincia de Córdoba, cuyas partículas son de forma redondeada. Las muestras analizadas no contienen impurezas, sales ni tierra. La arena utilizada para esta investigación es una arena mezcla, con 40% de contenido de arena fina y 60% de arena gruesa para obtener una mejor distribución granulométrica y módulo de finura; el análisis granulométrico se realizó en función a la Norma IRAM 1505 [3]. En la Figura 1 se observa la granulometría de los agregados. Los agregados se caracterizaron con densidad relativa, módulo de finura y porcentaje de absorción según Norma IRAM 1520 [4]. En la Tabla 1 se presentan los valores obtenidos.

Muestra	Densidad relativa [g/cm <sup>3</sup> ]	Absorción [%]	Módulo Finura
Arena mezcla	2,63	1,2	2,62
Arena Fina	2,63	1,2	1,98
Arena Gruesa	2,63	1,0	3,05

Tabla 1: Caracterización del agregado natural.

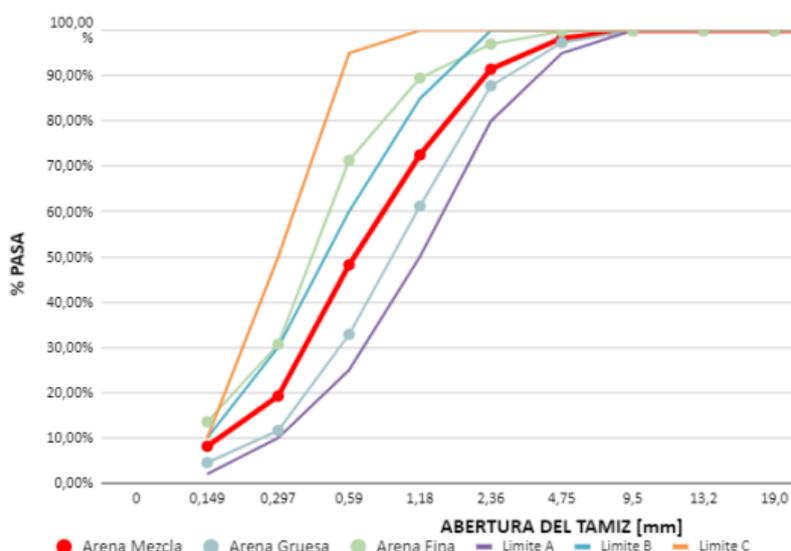
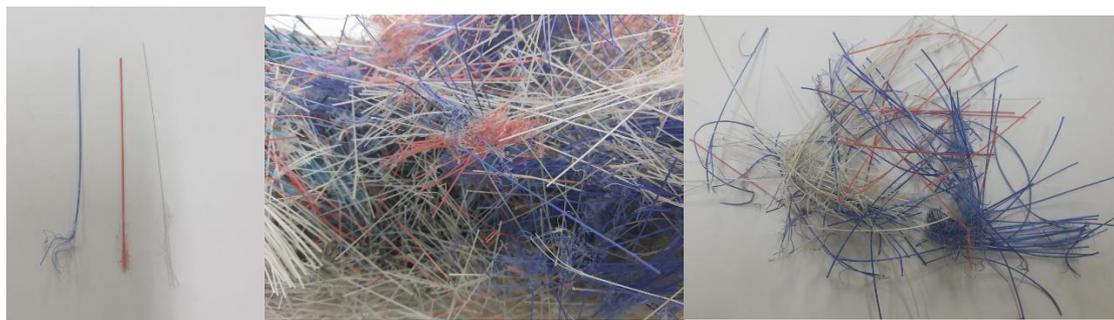


Figura 1: Granulometría de los agregados.

Fibras recicladas plásticas: Las fibras utilizadas fueron obtenidas de escobas y escobillones en desuso. Se retiró el plástico contenedor que conforma el escobillón y se utilizaron los pelos del mismo como fibra dentro del mortero. En la Figura 2 y Figura 3, se observan los escobillones utilizados y las Figura 4, Figura 5 y Figura 6, las fibras obtenidas.



Figuras 2 y 3: Escobillones en desuso.



Figuras 4, 5 y 6: Fibras plásticas seleccionadas.

Fibras recicladas de acero: las fibras fueron obtenidas de la industria de la herrería.



Figura 7: Fibras de acero seleccionadas.

#### DOSIFICACIÓN:

Para el diseño de las mezclas se consideraron las especificaciones de la Norma IRAM 1676. El mortero patrón se compone en masa por una parte de cemento, 3 partes de arena y cantidad necesaria de agua para alcanzar una consistencia +/- 110 %. Los morteros con fibras conservan la misma dosificación de cemento, agua y agregados del mortero patrón, sólo varían los distintos porcentajes de adición de fibras.

En la Tabla 2 se presentan las dosificaciones utilizadas para 1m<sup>3</sup>.

Designación	Cemento [Kg/m <sup>3</sup> ]	Agregados [Kg/m <sup>3</sup> ]	Fibras [Kg/m <sup>3</sup> ]	Relación A/C
MP	450	1350	0	0,56
MF5			22,5	
MF7,5			33,75	
MF10			45,00	
MF15			67,50	
MF20			90,00	
ME			3,275	

Tabla 2: Dosificaciones de los morteros.

#### ENSAYOS DE LABORATORIO:

Ensayos en estado fresco:

Ensayo de consistencia:

Fue el parámetro utilizado para dosificar el mortero patrón, de acuerdo a lo establecido en la Norma IRAM 1570 [4]. La determinación se realizó utilizando el método del escurrimiento en la mesa Flow Table. Manteniendo fijas las cantidades de agregados y cemento, la variable es el agua necesaria para obtener escurrimiento de 210 cm que equivale a una consistencia de 110 %. Este mismo ensayo se realizó al mortero con fibras, ya que la dosificación sólo varió en la adición de fibras, el objetivo fue verificar cambios en la trabajabilidad.

Ensayos en estado endurecido:

Resistencia a flexión y compresión:

Los valores de resistencia a flexión se determinaron a 7 y 28 días en probetas prismáticas de  $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$  según lo indica la Norma IRAM 1622 [5].



Figuras 8, 9 y 10: Roturas a flexión de fibras de acero y plásticas.

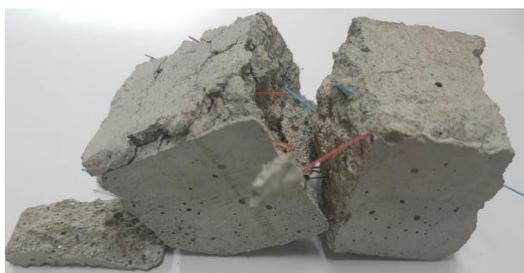


Figura 11: Roturas a compresión de fibras plásticas.

Masa real seca del mortero en estado endurecido:

Se determina la masa real seca, medidas sobre un volumen constante, utilizando probetas de  $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ .

Resistencia a compresión de probetas cilíndricas:

Ensayo a compresión de probetas cilíndricas de  $10 \times 20 \text{ cm}$  según Norma IRAM 1546 [7] - Hormigón de cemento portland - Compresión a 28 días.

Resistencia a tracción por compresión diametral:

Tracción por compresión diametral según norma IRAM 1658 [8] - Hormigón - Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral a 28 días en probetas cilíndricas de  $15 \times 30 \text{ cm}$ .



Figuras 12 y 13: Rotura por tracción a compresión diametral en probetas con fibras plásticas.

Resistencia a flexión de vigas:

Viga a Flexión según norma IRAM 1547 [9] - Hormigón de cemento portland - Ensayo a tracción por flexión a 28 días en probetas prismáticas de 15x15x60cm.



Figuras 14 y 15: Rotura por flexión en vigas con fibras plásticas.

Módulo de elasticidad:

Ensayo de módulo de elasticidad según norma ASTM C-469 [11], en probetas cilíndricas de 15x30cm.

Resistencia al impacto:

Ensayo de Choque en baldosas según norma IRAM 1522 [10] -Baldosas aglomeradas en cemento con cara vista plana. Se hizo el ensayo de dos baldosas de 5x20x20 cm<sup>3</sup> obteniendo: Roturas a una altura de 90cm.



Figura 16: Rotura por impacto en probetas con fibras plásticas.

RESULTADOS:

A continuación, se presentan los resultados derivados de los ensayos señalados anteriormente (Tabla 3). Las figuras 17, 18 y 19 ilustran en un gráfico de barras los resultados obtenidos de los diferentes ensayos, comparando el desempeño de cada mortero.

Ensayos	Unidad	MP	MF5	MF7,5	MF10	MF15	MF20	ME
Consistencia - IRAM 1570	%	110						110
Resistencia a flexión – 7 días IRAM 1622	Mpa	4,7	5,1	5,1	4,9	4,5	4,1	3,7
Resistencia a flexión – 28 días IRAM 1622	Mpa	6,5	6,3	6,6	7,3	7,1	6,4	6,5
Resistencia a compresión – 7 días IRAM 1622	Mpa	18,3	23,1	22,6	18,7	20,8	19,7	22,3
Resistencia a compresión – 28 días IRAM 1622	Mpa	26,3	24,3	36,3	37,2	38,0	37,3	35,5
Masa real seca del mortero en estado endurecido	Gr	578	572	593	590	595	566	581
Resistencia a compresión de probetas cilíndricas - IRAM 1546	Mpa	-	-	-	-	-	-	32
Resistencia a tracción por compresión diametral - IRAM 1658	Mpa	-	-	-	-	-	-	11
Resistencia a flexión de vigas – IRAM 1547	Mpa	-	-	-	-	-	-	2,9
Modulo de Elasticidad - ASTM C469-94	Kg/cm <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	205100
Resistencia al impacto – IRAM 1522	-	-	-	-	-	-	-	No se perciben roturas para alturas menores a 60 cm

Tabla 3: Resultados obtenidos.



Figura 17: Resistencia a flexión [MPa] a 7 y 28 días.

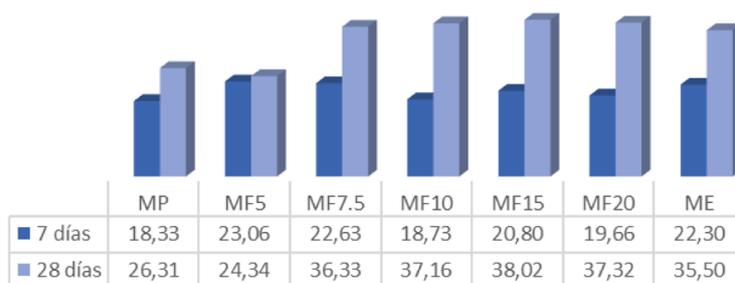


Figura 17: Resistencia a compresión [MPa] a 7 y 28 días.

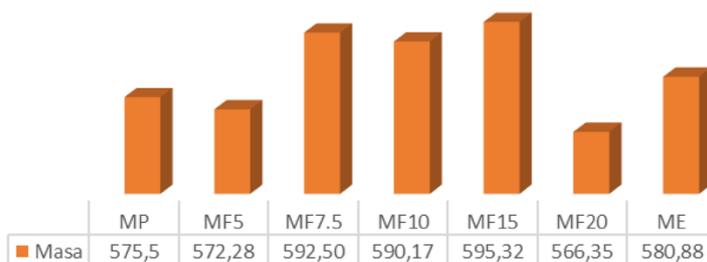


Figura 16: Masa real seca [Gr].

## Conclusiones

Del análisis de los resultados obtenidos se puede concluir en primer lugar que es viable la incorporación de las fibras plásticas recicladas de escobillones en desuso. Estas fibras son compatibles y químicamente estables con la pasta de cemento. Los resultados de resistencia obtenidos muestran que los morteros con adición de fibras recicladas presentan propiedades mecánicas acorde a lo especificado en las normativas de morteros en el país. La incorporación de fibras plásticas recicladas no modifica la trabajabilidad como así tampoco la masa del mortero, esto se visualiza en los resultados de los ensayos de consistencia y masa respectivamente. Respecto a los morteros con incorporación de virutas de acero con residuos de herrería, esto es un punto positivo ya que se logra insertar una fibra reciclada al mortero sin afectar la trabajabilidad del mismo. Se observa también en las fotografías que la distribución es uniforme en toda masa del mortero, no se observan aglomeraciones de fibras, ni flotación de las mismas. Mecánicamente, la incorporación de fibras resulta en una mejora en el comportamiento de los morteros a flexión a partir de los 28 días, ya que se observa que a los 7 días la resistencia es menor que la del mortero de referencia. A compresión, la mejora es inminente en ambas etapas de ensayo. Se observa en las fotografías que la adherencia de las fibras al mortero es excelente, logrando mantenerse unido a la matriz cementicia luego de la rotura. Se observa en los resultados a flexión en vigas y tracción por compresión diametral que el mortero cumple con la resistencia mínima para formar parte de un contrapiso. Por lo tanto, se cumple la premisa de que podría ser utilizado para reparaciones de los mismos. Como conclusión de la labor realizada se puede decir que se ha logrado un material de buena trabajabilidad en estado fresco y con mejores condiciones de resistencia frente al mortero patrón. Los resultados obtenidos permiten asumir que el mortero diseñado con fibras plásticas recicladas podría ser utilizado en reparaciones de fisuras y contrapisos de bajo tránsito. Respecto de la característica sustentable del material se concluye que la utilización de este tipo de morteros generaría una contribución positiva al medio ambiente, ya que se utiliza un residuo tal cual se encuentra sin transformación química, con una pequeña transformación física que consiste en sacar las cerdas de su plástico contenedor. Por todo lo anterior, podría ser utilizado como mortero de reparaciones para fisuras tanto en muros como en contrapisos. El desafío a partir de ahora es realizar una prueba in situ, realizando una reparación real y de esta manera verificar si se comporta de acuerdo con lo esperado.

Todos los morteros con fibras cumplen con la normativa IRAM 1676 [6], siendo de calidad elevada. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, permite reutilizar residuos que hoy debido a que son generados a baja escala no tienen un destino de economía circular definido.

## Referencias

[1] ANDRADA, R.; BARONETTO, C.; POSITIERI, M.; OSHIRO, A.. “Estudio de morteros elaborados con agregado de reciclado de residuos de la construcción”. 51º Congresso Brasileiro do Concreto, Brasil – ISBN 978-987-21660-3-8. Edición 17. Pp 53-60 (2009).

[2] ANDRADA, R.; BARONETTO, C.; POSITIERI, M.; OSHIRO, A; ROMERO A; BORIONI, C.”Uso de cenizas de cáscaras de girasol y maní como adición en morteros”. Anais do 53º Congresso.

[3] IRAM 1505. Agregados. Análisis granulométrico, 2003.

[4] IRAM 1570. Morteros para mampostería. Determinación de la consistencia. Método de escurrimiento. 1994

[5] IRAM 1622. Cemento portland: método de determinación de las resistencias a la compresión y a la flexión; 2006.

[6] IRAM 1676. Morteros para mampostería. Clasificación y requisitos. 2012 [2] R.M. German, Sintering, Theory and Practice, 1996, John Wiley and Sons, Inc. (Libro).

[7] IRAM 1546. Hormigón de cemento portland. Método de ensayo a compresión; 1992.

[8] IRAM 1658. Hormigón. Determinación de la resistencia a tracción simple por compresión diametral; 1995.

[9] IRAM 1547. Hormigón de cemento portland. Ensayo de tracción por flexión; 1992.

[10] IRAM 1522. Baldosas aglomeradas con cemento con cara vista plana; 1971.

[11] ASTM C-469. Standard Test Method for Static modulus of elasticity and Poisson’s Ratio of concrete in compression.