

INFLUENCIA DE LA COMPOSICION Y MORFOLOGIA DEL AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE MORTEROS CEMENTICEOS

Priano, C.¹; Señas L¹; Maiza P.^{2,3}; Marfil S.^{2,4}; Valea J.¹

1. Dpto. de Ingeniería Universidad Nacional del Sur. Av. Alem 1253. 8000 Bahía Blanca. Te: 0291-4595101. Int 3223. email: cpriano@uns.edu.ar-
2. Dpto. de Geología UNS San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. 0291-4595184. FAX: 0291-4595148.
3. Investigador Principal CONICET e-mail: pmaiza@uns.edu.ar.
4. Investigador Independiente CIC. email: smarfil@uns.edu.ar.

Palabras claves: mortero, resistencia, arena

RESUMEN

El propósito de este trabajo es realizar un estudio comparativo de la influencia que tienen las arenas silíceas y cuarcíticas, en el desempeño mecánico de morteros elaborados con un mismo tipo de cemento.

Se utilizaron tres tipos de arenas, dos cuarcíticas y una silícea, con una misma distribución granulométrica. Se determinó su composición petrográfico – mineralógica y morfología. Se utilizó estereomicroscopio y difracción de rayos X. Se estudiaron las propiedades físicas de las arenas: absorción, forma, textura, densidad y porcentaje de vacíos. Se proyectaron tres morteros con relación agua/cemento 0,35; 0,50 y 0,60, y se moldearon probetas prismáticas para la determinación de la resistencia a flexotracción y compresión a 7, 28 y 45 días.

Los resultados de resistencias obtenidos indican un comportamiento diferente para cada arena, en función de la forma y textura de las partículas y de la cantidad de pasta necesaria para vincularlos.

1. INTRODUCCIÓN

Es frecuente utilizar los términos “carbonático”, “silíceo” y “cuarzoso” para calificar a las arenas utilizadas como agregados para hormigón. El primero se refiere a un material constituido por carbonatos (principalmente de calcio). Una arena “silícea” contiene, además de cuarzo, minerales tales como feldespatos (ortosa, microclino, sanidina, plagioclasas), olivinos, piroxenos, anfíboles, micas y otros minerales formadores de las rocas ígneas, que si bien son todos silicatos, el porcentaje de sílice es variable (alcanzando un máximo del 60 %, dependiendo del tipo de roca involucrada). Estos minerales están constituidos, además de sílice, por Al_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O , FeO y/o MgO . También pueden participar en su composición, partículas denominadas comúnmente “líticas”, que corresponden a fragmentos rocosos de composición y origen variable (ejemplo: canto rodado patagónico). Una roca ígnea ácida, por ejemplo, puede tener hasta un 40 % de cuarzo, el resto está constituido por algunos de los minerales silicáticos mencionados. El contenido total de sílice difícilmente supera el 75 %. Un agregado cuarzoso está constituido casi exclusivamente por cuarzo, este mineral es 100 % de sílice. Participan además los minerales mencionados en el párrafo anterior aunque en porcentajes muy bajos. Es frecuente hablar de agregado cuarzoso con contenidos de sílice del 90 %.

Respecto a la forma en los agregados naturales puede variar desde totalmente irregular a redondeada dependiendo de la madurez del sedimento. El material extraído muy cerca de la fuente de origen, ha sido poco erodado y además de conservar su composición, preserva las formas originales irregulares. A medida que aumenta el transporte (por ejemplo cerca de la zona de desembocadura en el caso de los ríos o en la cuenca de sedimentación) se incrementará el porcentaje de granos redondeados. Esta madurez modificará también la composición petrográfico-mineralógica ya que cerca del área de origen, la composición será similar a la de la roca madre, y a medida que aumenta el transporte disminuirá el contenido de los minerales friables, aumentando los porcentajes de minerales resistentes, especialmente de cuarzo (1).

Los áridos, en particular las arenas, poseen diferentes propiedades físicas macroscópicas como la cristalinidad, densidad, forma, dimensiones, redondez, porosidad, permeabilidad, dureza superficial, textura, módulo elástico, conductividad térmica, etc; además de propiedades químicas tales como su solubilidad, alterabilidad, hinchamiento, heladicidad, etc. (2). Estas características influyen en forma notable sobre las propiedades de los morteros y hormigones que con ellas se fabriquen, tanto en estado fresco como endurecido.

La estructura de poros de un mortero, u hormigón, queda definida por las cualidades de la pasta de cemento hidratada y de la interfase pasta-agregado. La fricción entre partículas de una arena triturada es superior a la de una arena natural, influyendo esta característica sobre la trabajabilidad de las mezclas. Por otro lado, la necesidad de aumentar el contenido de pasta influye sobre la resistencia y la durabilidad de los hormigones (3).

La determinación de la categoría mecánico-resistente de los cementos portland no se realiza sobre pasta cementícea sino mediante probetas de mortero normalizado. El método de fabricación, compactación, dimensiones y llenado de moldes, relaciones cemento/arena y agua/cemento, el curado y conservación de las probetas, así como las edades de su posterior ensayo a flexión y compresión están especificados en la norma IRAM 1622 (4). Se establece que la relación cemento/árido sea 1:3, la de agua/cemento 0,5 y las dimensiones de las probetas prismáticas sean de 4x4x16 cm. El llenado del molde debe realizarse en dos capas para luego ser compactadas cada una de ellas mediante una mesa de compactación. Las probetas se deben conservar dentro de sus moldes en cámara húmeda durante 24 horas, desmoldarlas y sumergirlas en agua hasta la edad de su ensayo a 2 y/o 7 y 28 días. En esta norma se utiliza una arena normalizada según las especificaciones de la IRAM 1633 (5).

El objetivo del presente trabajo es determinar la influencia de las características de tres diferentes arenas, sobre el desempeño mecánico de morteros, elaborados con un mismo cemento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron tres arenas: dos cuarcíticas normalizadas de España y Argentina, denominadas "T" y "R" respectivamente y una silíceas de uso corriente en el mercado en la zona de Bahía Blanca, denominada "F", proveniente de un yacimiento de la

Patagonia. La granulometría de las tres arenas correspondió a la indicada en la norma IRAM 1633 para arena normal (Tabla 1).

Tamiz IRAM	2 mm	1,7 mm	1,0 mm	500 μ	149 μ	88 μ
Retenido Acumulado (%)	---	7	28	72	93	96

Tabla 1. Granulometría.

Se determinaron parámetros que son propios de las arenas, tales como su densidad a granel y porcentaje de vacíos (IRAM 1548) (6), densidad relativa real, densidad relativa aparente y absorción de agua (IRAM 1520) (7).

Se utilizó difracción de rayos X y estereomicroscopio para determinar la composición y morfología de las arenas. Se trabajó con un difractor Rigaku D-Max III C, con radiación de Cu K α y monocromador de grafito a 35 Kv y 15 mA y un estereomicroscopio trinocular Olympus SZ-CTV, con cámara de video y programas computarizados para el tratamiento de imágenes.

Los morteros se elaboraron con agua desmineralizada y cemento proveniente de una fábrica de la provincia de Buenos Aires, caratulado como portland normal CPN (40). Se dosificaron mezclas con relación agua/cemento: 0,35; 0,50 y 0,60 y se moldearon 27 juegos de 3 probetas prismáticas de 4x4x16 cm cada uno, según la metodología indicada en la norma IRAM 1622. Los ensayos de flexión y compresión se realizaron a la edad de 7; 28 y 45 días.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Agregados

3.1.1 Ensayos físicos

Los resultados de densidad a granel, o peso unitario, en estado seco y compactado ($PU_{c,s}$), porcentaje de vacíos (Ev), densidad relativa en estado seco (d_1), densidad relativa aparente (d_3) y absorción de agua (A), se detallan en la tabla 2.

Arena	"T"	"R"	"F"
$PU_{c,s}$ (kg/m^3)	1630	1750	1810
Ev (%)	38	34,5	30
d_1	2,63	2,67	2,58
d_2	2,66	2,73	2,67
A (%)	0,5	0,8	1,1

Tabla 2. Resultados ensayos físicos a las diferentes arenas.

El valor del peso unitario es función de factores intrínsecos al material como, densidad, granulometría, textura y forma. En este caso, la granulometría es igual para las tres arenas, por lo tanto, la variabilidad de la textura y la forma hace que en la arena F se logre un grado de acomodamiento mayor, lo que se refleja en el

resultado obtenido para la densidad a granel. Lo indicado anteriormente explica también el menor porcentaje de vacíos que tiene la arena F.

3.1.2 Forma:

Arena T: Predominan las formas irregulares equidimensionales (89%), el 8 % son redondeadas y el 3 % restante irregulares planares (Figura 1).

Arena R: Está constituida por 73 % de partículas redondeadas; 24 % irregulares equidimensionales y 3 % irregulares planares (Figura 2).

Arena F: El 69 % de los granos son irregulares equidimensionales; el 20 % redondeados y el 11 % irregulares planares (Figura 3).

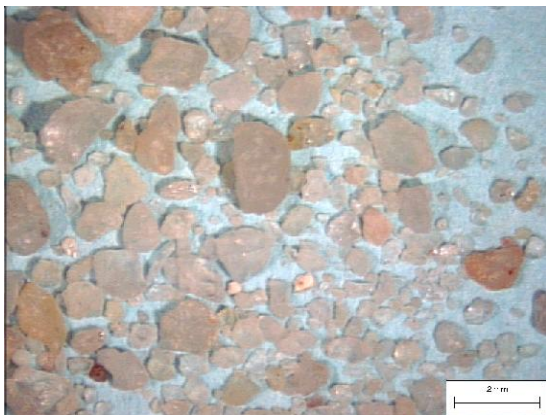


Figura 1: Arena T

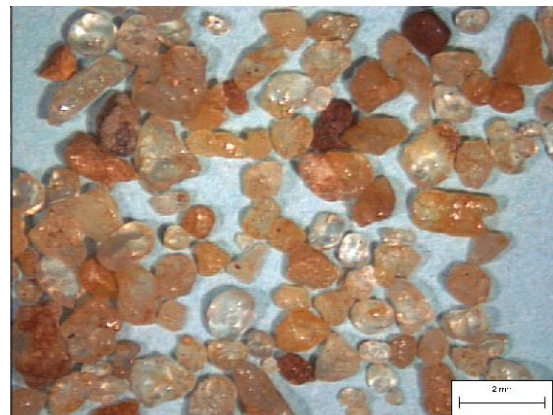


Figura 2: Arena R

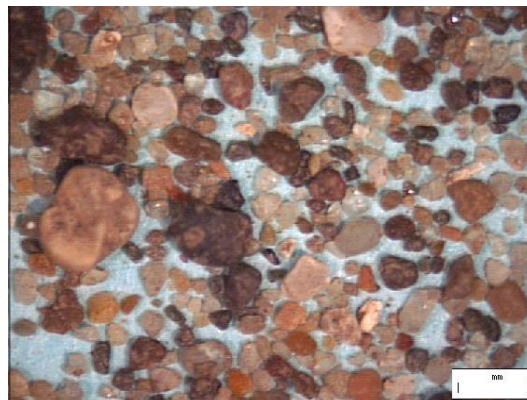


Figura 3: Arena F

3.1.3 Composición:

Arena T: Está constituida por 90 % de cuarzo, 8 % de feldespato y 2 % de micas (biotita y muscovita con predominio de la segunda sobre la primera). Se identificó muy escasa cantidad de minerales opacos y areniscas con cemento ferruginoso,

aunque su participación en la muestra total es menor del 0.1 %. Algunas partículas de cuarzo presentan tinción superficial por óxidos de hierro.

Arena R: El material está constituido en forma predominante por cuarzo (68 %), con cantidades subordinadas de rocas graníticas (10 %), areniscas cuarzosas (13 %), feldespato (7 %) y minerales opacos (1 %). Se identificó muy escasa cantidad de rocas metamórficas, calcedonia y terrones blandos aunque su participación en la muestra total es insignificante (0.1 %).

Arena F: En la composición de la arena predominan las rocas volcánicas 57 % (básicas y ácidas). En forma subordinada se identificó cuarzo 20 %, valvas carbonáticas 13 % y en menor proporción, minerales opacos 5 %, feldespato 3 % y vidrio volcánico 2 %.

La figura 2 muestra los difractogramas de las arenas T y R. La arena R está constituida en forma predominante por cuarzo (Q), con feldespato (F) subordinado. En la arena T se aprecia que la cantidad de feldespato es mucho menor que en la anterior, aunque aparecen las principales reflexiones. Se identificó además un pico en 10 Å adjudicado a mica (M). No se representan los resultados de la arena F por su composición polimórfica.

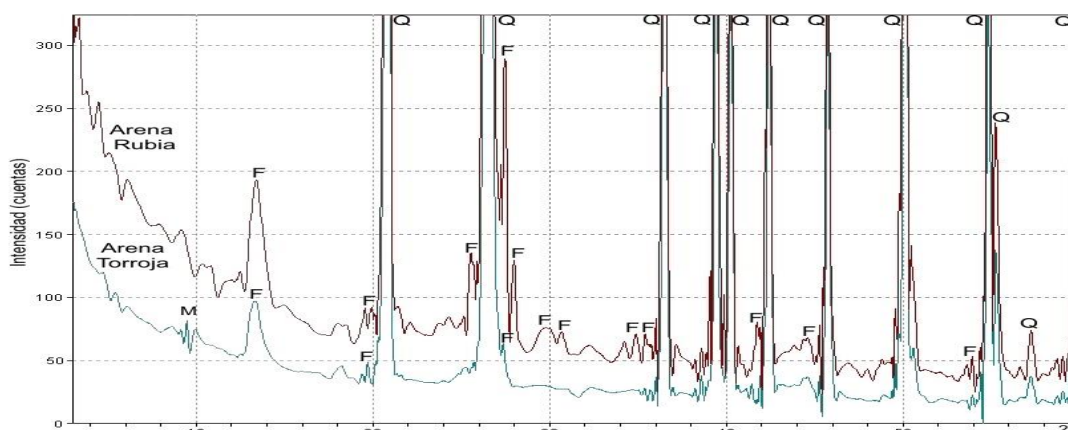


Figura 2. DRX de las arenas T y R.

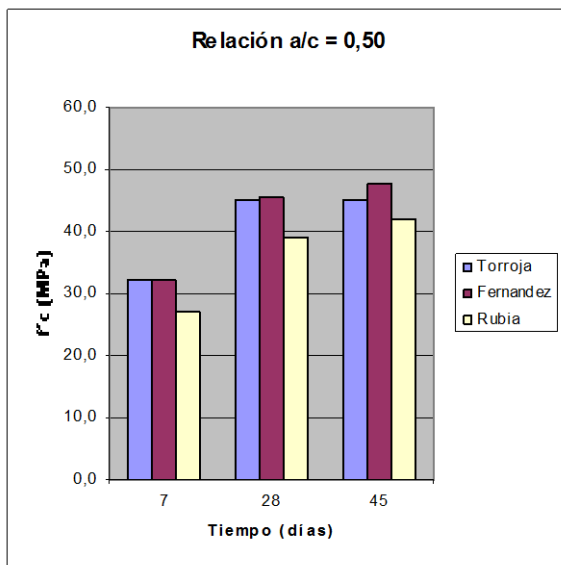
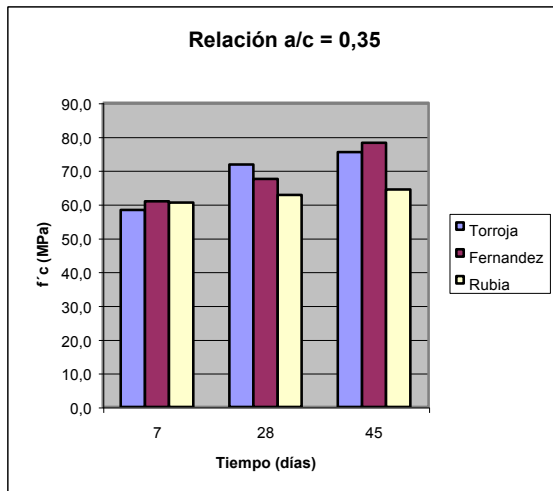
3.2 Ensayos mecánicos de los morteros:

Los resultados de los ensayos a flexión y compresión para todos los morteros, a las edades de 7, 28 y 45 días, se detallan en la tabla 3 y en las figuras 3 y 4.

Morteros	Edades	T		R		F	
		f _c (Mpa)	f _t (Mpa)	f _c (Mpa)	f _t (Mpa)	f _c (Mpa)	f _t (Mpa)
a/c = 0,35	7 días	58,3	7,0	60,4	5,1	60,8	6,5
	28 días	71,7	11,1	62,8	9,3	67,4	10,8
	45 días	75,5	11,6	64,4	9,8	78,1	11,5
a/c = 0,50	7 días	32,3	6,9	27,1	4,8	32,1	6,3
	28 días	45,2	8,1	38,9	5,8	45,5	6,6
	45 días	45,3	8,7	42,0	7,0	47,9	7,7

a/c = 0,60	7 días	22,6	5,6	24,7	4,2	25,0	5,6
	28 días	30,8	6,3	27,4	5,6	36,6	6,4
	45 días	34,3	6,8	30,3	6,1	42,5	6,4

Tabla 3. Resistencias a compresión y flexión para todas las relaciones agua/cemento y diferentes edades.



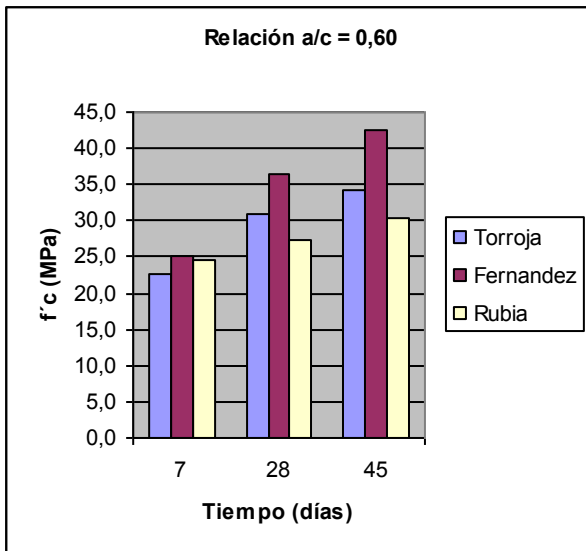
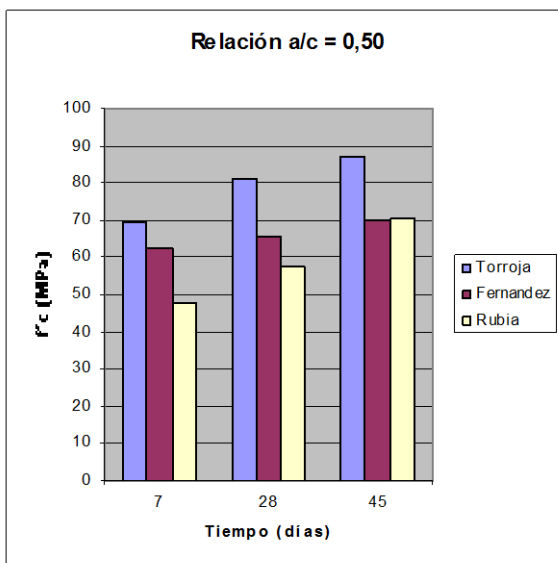
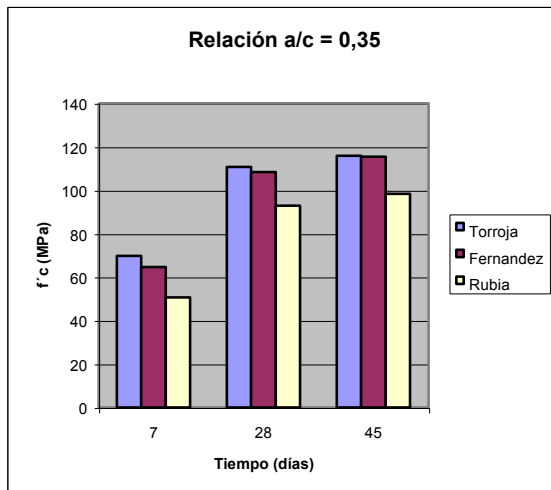


Figura 3. Resistencias a compresión para las tres relaciones agua/cemento y a las diferentes edades de ensayo.



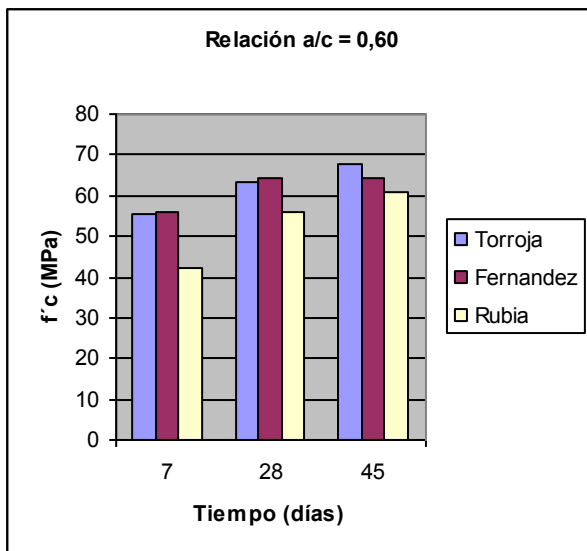


Figura 4. Resistencias a flexión para las tres relaciones agua/cemento y a las diferentes edades de ensayo.

Los valores de resistencia a flexión y compresión fueron menores en los morteros elaborados con la arena R, para todas las relaciones agua/cemento y todas las edades de ensayo, en porcentajes que variaron entre 18% y 29% dependiendo de la relación agua/cemento.

La resistencia a compresión y flexión de los morteros elaborados con las arenas cuarcíticas, T y R, presentaron diferencias a pesar que tienen una composición mineralógica similar. Las diferencias de forma y textura de ambas arenas hicieron que la demanda de pasta y la estructura de la interfase influyeran en el resultado final.

Las arenas F y T a pesar de tener diferente composición petrográfico - mineralógica, dieron resultados similares para los morteros de relación a/c 0,50.

La resistencia de un mortero es la combinación de las resistencias del esqueleto granular, la pasta ubicada en los espacios vacíos y el vínculo de interfase. El porcentaje de vacíos es importante debido a la cantidad de pasta necesaria para rellenarlos. Cuando ésta es de alta resistencia, tiene mayor influencia en el resultado final. Cuando la resistencia de la pasta es baja, la menor cantidad de vacíos hace que en el resultado final influya notoriamente la mayor cantidad de partículas. Esto explica que la resistencia a compresión del mortero T con a/c=0,35 sea mayor que para F. En cambio, para a/c=0,60, la situación se invierte.

4. CONCLUSIONES

- Los valores de resistencia de todos los morteros estudiados y a todas las edades ensayadas, se vieron notablemente influenciados por la forma, textura y grado de empacamiento de los clastos.

- Las diferencias en el comportamiento mecánico de los morteros no son atribuibles a la composición petrográfico – mineralógica de los agregados estudiados.
- La mayor absorción determinada en la arena F se adjudica al elevado porcentaje de rocas volcánicas que presenta.

Referencias

- (1) F. J. Pettijohn. "Rocas Sedimentarias". Editorial Universitaria de Buenos Aires. EUDEBA. 731 p. 1963.
- (2) C. López Jimeno. "Áridos: Manual de prospección, explotación y aplicaciones". U.D. Proyectos, E.T.S.I. Minas. Universidad Politécnica de Madrid. 2003.
- (3) O. Cabrera, H. Donza, L. Traversa. "Influencia de la forma y textura superficial del agregado fino sobre la succión capilar del hormigón". 16ª Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. Mendoza. pp 195-202. 2006.
- (4) IRAM 1622 "Cemento Portland. Determinación de resistencias mecánicas". 2006.
- (5) IRAM 1633 "Arena normal". 1965
- (6) IRAM 1548 "Agregados. Determinación de la densidad a granel y de los espacios vacíos". 2003.
- (7) IRAM 1520 "Agregados finos. Métodos de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua. 2002.