

# Aplicaciones constructivas de un material compuesto de escayola y fibras naturales de *Typha Latifolia*

## *Constructive applications of composite gypsum reinforced with Typha Latifolia fibres*

A. GARCÍA SANTOS

Dpto. de Construcción y Tecnología Arquitectónicas.  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de MadridFecha de recepción: 7-VIII-02  
Fecha de aceptación: 13-IV-03

ESPAÑA

**RESUMEN**

La investigación presente analiza la posibilidad de reforzar los morteros de escayola mediante la utilización de fibras de *Typha Latifolia*, creando un material compuesto en el que las fibras contribuyen al aumento de resistencia mecánica, a la vez que se produce una reducción del peso y una regulación de los tiempos de fraguado.

Las propiedades de estos materiales hacen que, en determinadas aplicaciones, su utilización resulte ventajosa con respecto a materiales tradicionales.

**SUMMARY**

The present research analyses the possibility to reinforce gypsum using enea fibres (*Typha Latifolia*) creating a compound material in which the fibres contribute to increase mechanical resistance, producing as well a reduction of the weight and a possible regulation of the set time.

The properties of these materials make its use advantageous in certain applications compared to traditional materials.

**PALABRAS CLAVE:** materiales compuestos, escayola reforzada, fibras vegetales, *Typha Latifolia*.

**KEYWORDS:** compound materials, reinforced gypsum, vegetable fibres, *Typha Latifolia*.

**1. INTRODUCCIÓN**

Es indudable que en los últimos años existe un interés por la utilización de los materiales compuestos en los que mediante la especialización de funciones dentro del material se consiguen incrementos en sus propiedades mecánicas, además de una reducción en el peso de modo que se penalice menos a la estructura de las edificaciones.

La utilización de fibras vegetales como refuerzo de los materiales conglomerantes no es un tema reciente, puesto que han venido utilizándose históricamente, como es el caso del esparto (6).

Las fibras que se manejan en esta investigación proceden de investigaciones realizadas en el Área de Producción Vegetal de la E.T.S. de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid, en el que se seleccionan tipos de plantas que puedan sanear suelos húmedos con-

taminados. Se analizan en este trabajo las posibles utilidades para nuevos materiales de construcción de fibras vegetales utilizadas para la descontaminación de suelos.

El comportamiento conjunto entre las fibras y la matriz no presenta grandes complicaciones de reacciones químicas entre componentes, al actuar únicamente enlaces secundarios entre las fibras y los componentes de la escayola. La fuerza de adhesión total del compuesto, se debe a las fuerzas de los enlaces secundarios y a los entrelazamientos mecánicos entre las fibras. Las primeras son debidas a las fuerzas polares de tipo electrostático que puedan establecerse entre la matriz y los agregados, mientras que las segundas son debidas al rozamiento o enlace físico producido por irregularidades en las superficies de contacto.

Como es bien conocido, el refuerzo de un material compuesto puede lograrse por medio de los métodos siguientes:

. Aumento de la superficie de contacto de los agregados cristalinos de la escayola al disminuir la porosidad interna, conllevando un aumento de las resistencias mecánicas y un aumento de peso (1).

. Distribución de los agregados fibrosos para posibilitar una especialización de la absorción de tensiones internas, tracción para las fibras y compresión para la matriz de escayola (3) (5).

. Optimización de las cantidades de cada agregado sobre la base de un análisis del comportamiento tensión-deformación-plasticación-rotura (2).

De esta manera, es posible usar simultáneamente todos estos métodos para obtener mejores resultados, aunque en esta investigación sólo se han utilizado los dos últimos, intentando reducir el peso del material compuesto.

El objetivo, pues, de la presente investigación ha sido obtener y caracterizar en sus propiedades un material compuesto de fibras naturales de *Typha Latifolia* (usadas en el tratamiento de suelos contaminados) en una matriz de escayola

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Escayola

Se ha utilizado escayola tipo E-35/L como clase de matriz.

El análisis mineralógico de difracción de rayos X (DRX) sobre la escayola se obtuvo el siguiente resultado de su composición:

D: Dihidrato. $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	0,54%
E: Hemihidrato $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$	93,03%
An: Anhídrita $\text{CaSO}_4$	0,00%
Cc: $\text{CaCO}_3$	0,05%
$\text{MgCO}_3$	0,23%
S: $\text{SiO}_2$ e insolubles	2,11%

Este análisis ha demostrado que la escayola utilizada está compuesta principalmente por semihidrato y cantidades inferiores al 10% del resto de componentes, así como cantidades de anhídrita del 3,7%, tal y como se muestra en la Figura 1.

### 2.2. Fibras de *Typha Latifolia*

Las fibras seleccionadas son fibras naturales de *Typha Latifolia* (comúnmente conocida como enea), con longitudes en torno a los 3-4 centímetros.

La enea, también denominada anea o espadaña, aceña, suca o bayón, de la Familia de las Typhaceas *G. Typha*. Esp. *T. Latifolia*, es una planta acuática de sitios pantanosos, aguas tranquilas o con movimientos lentos, de 1,5 a 2,5 metros de tamaño, con rizoma ramificado y ramas anuales erguidas, hojas alternas, largas, estrechas y verde-grisáceas. Flor pequeña, unisexual, rodeada de pelos marrones en la flor femenina y de amarillos en la masculina. Las flores femeninas se sitúan en una espiga grande y densa y, encima de ésta, la espiga masculina, más delgada y pálida. Florece entre junio y julio, el fruto es un aquenio.

### 2.3. Dispersión de melamina formaldehído (Melment F-10)

La melamina formaldehído es un producto sintético que permite reducir la cantidad de agua en la mezcla, manteniendo la plasticidad. La reducción de la cantidad de agua reduce la red capilar, compactándose el material, disminuyendo con ello su porosidad y aumentando su resistencia (2).

### 2.4. Métodos

Los ensayos de resistencia mecánica se han realizado de acuerdo con la Normas UNE 102.031 Yesos y Escayolas de Construcción. Métodos de Ensayos Físicos y Mecánicos, y a la Norma UNE 102.032 Yesos y Escayolas de Construcción. Métodos de Análisis Químico.

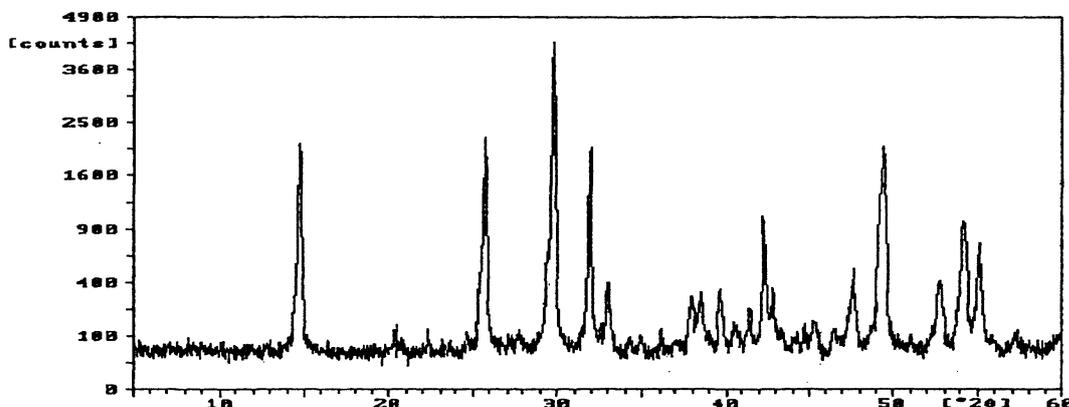


Figura 1.- Difracción de rayos X sobre la escayola.

Se realizaron probetas prismáticas de 4x4x16 cm en moldes metálicos normalizados con diferentes porcentajes de adición de fibras de Typha Latifolia y, de éstas, con dispersión de policondensado de melamina formaldehído. Para comparar los resultados obtenidos y analizar la influencia de las adiciones realizadas, se realizaron unas probetas base de referencia, de escayola sin ningún tipo de adición y de escayola con adición del 0,5% de melamina formaldehído, ya que se comprobó el comportamiento de la adición sólo de fibra y de fibra con adición del 0,5% de melamina formaldehído.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 1.1. Tiempos de fraguado

Los resultados de los ensayos realizados se reflejan en las Figuras 2 y 3, que relacionan los porcentajes de adición con los tiempos de inicio y fin de fraguado, expresados en minutos.

Como puede verse en dichas figuras, las adiciones de fibras de Typha Latifolia dan lugar a una reducción de los tiempos de fraguado, de modo directamente proporcional al porcentaje de adición de fibra, tanto en el comienzo como en el fin del fraguado. La reducción de los tiempos

de fraguado es más importante en los tiempos de final de fraguado que en los de inicio. Los tiempos de inicio de fraguado de las probetas exentas de aditivo permanecen constantes desde el 0% hasta el 1,5% de adición de fibra.

Las adiciones con fibras de Typha Latifolia y policondensado de melamina-formaldehído producen una reducción de los tiempos de fraguado de modo directamente proporcional al porcentaje de adición de fibra, tanto en el comienzo como en el fin del fraguado, a excepción del tiempo del comienzo de fraguado donde permanece constante desde el 2% en adelante de adición de fibra.

Comparando los tiempos de fraguado entre las probetas realizadas con y sin aditivo, se aprecia un gran aumento en los tiempos de fraguado cuando se añade melamina formaldehído con respecto a las que no lo tienen tanto en el comienzo como en el final de fraguado.

#### 1.2. Densidad

En las Figuras 4 y 5 se observa la influencia de las adiciones sobre la densidad aparente del compuesto, ya que el peso de los elementos constructivos tiene cada vez más incidencia sobre la elección de unos materiales sobre otros.

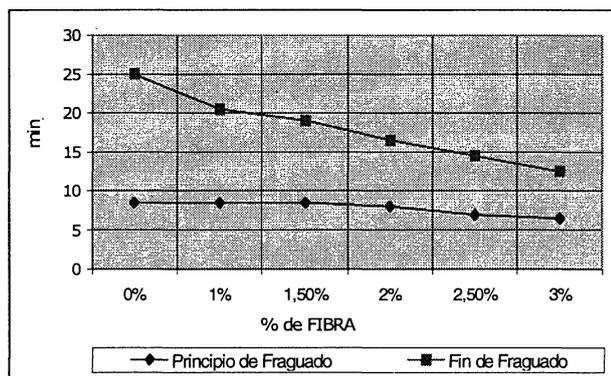


Figura 2.- Escayola reforzada con Typha Latifolia (enea) .

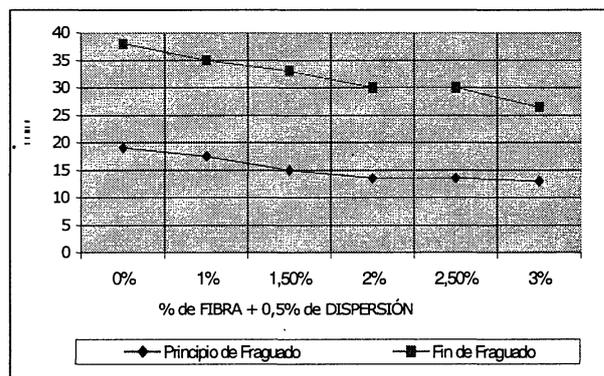


Figura 3.- Escayola reforzada con Typha Latifolia (enea) más dispersión de melamina -formaldehído al 0,5 %.

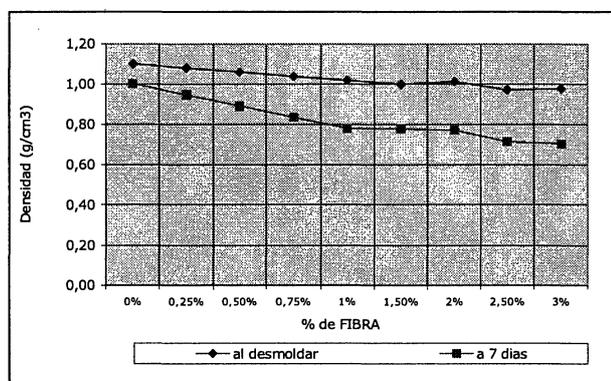


Figura 4.- Escayola reforzada con Typha Latifolia (enea).

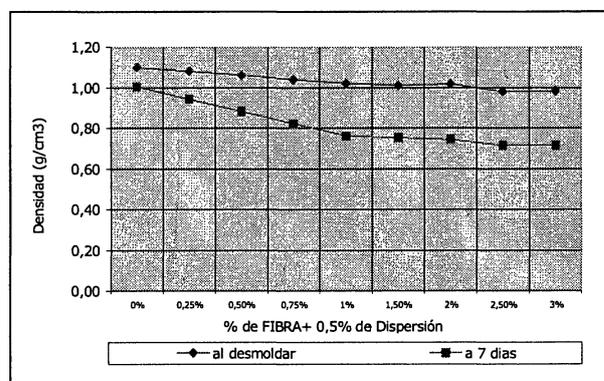


Figura 5.- Escayola reforzada con Typha Latifolia (enea) más dispersión de melamina -formaldehído al 0,5 %.

La densidad del compuesto de escayola con fibras de Typha Latifolia aquí investigado, disminuye en relación con el aumento del porcentaje de adición de las fibras.

Las adiciones binarias de fibras y emulsiones poliméricas, (fibras de Typha Latifolia y policondensado de melamina - formaldehído) disminuyen la densidad en relación con el aumento del porcentaje de adición de las fibras. Comparando la disminución de densidad entre las adiciones unitarias y binarias se observa que producen una disminución de densidades similares. Se observa también tanto en las adiciones unitarias como binarias que la disminución de la densidad es mayor en el desmoldeo que a los siete días, en relación con el incremento del porcentaje de adición de fibras.

### 3.3. Resistencias mecánicas

En las Figuras 6 y 7, se observa la influencia de las adiciones sobre la resistencia mecánica del compuesto.

En la Figura 8 se observa el incremento porcentual existente en las diferentes adiciones con respecto a las probetas realizadas sin ningún tipo de adición, con el fin de observar comparativamente la influencia de las adiciones sobre la resistencia mecánica del compuesto.

Los valores de resistencia mecánica ante tensiones de flexotracción del compuesto de escayola con fibras de Typha Latifolia aumentan en relación con el aumento del porcentaje de adición de la fibra, mientras que disminuyen drásticamente los valores de resistencia mecánica a compresión.

Las adiciones de fibras de Typha Latifolia y aditivos de policondensado de melamina-formaldehído producen resultados mecánicos similares a las adiciones unitarias.

En probetas con fibras (exentas de aditivo) se igualan los valores de resistencia mecánica ante tensiones de compresión y flexotracción con porcentajes de adición del 2,75% como se observa en la Figura 6.

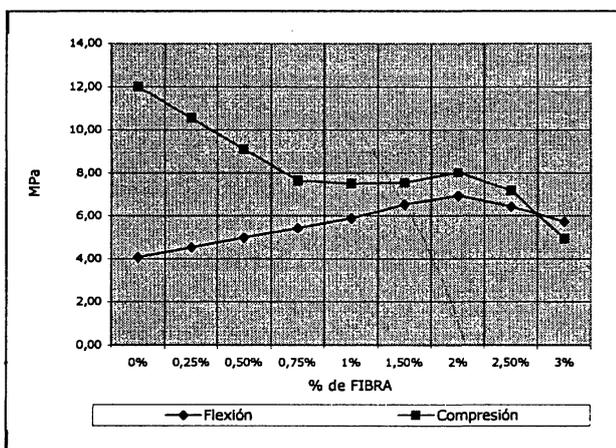


Figura 6.- Escayola reforzada con Typha Latifolia (enea).

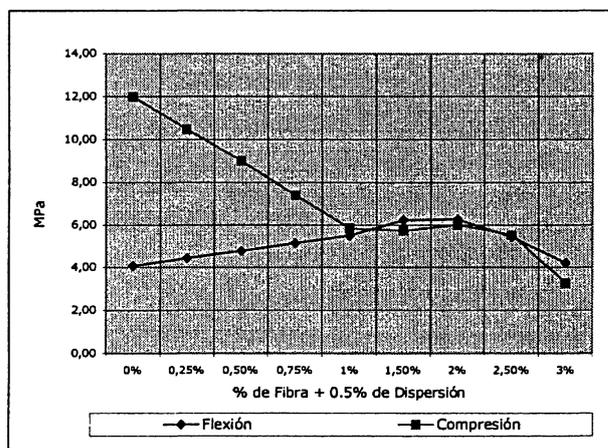


Figura 7.- Escayola reforzada con Typha Latifolia (enea) más dispersión de melamina-formaldehído al 0,5 %.

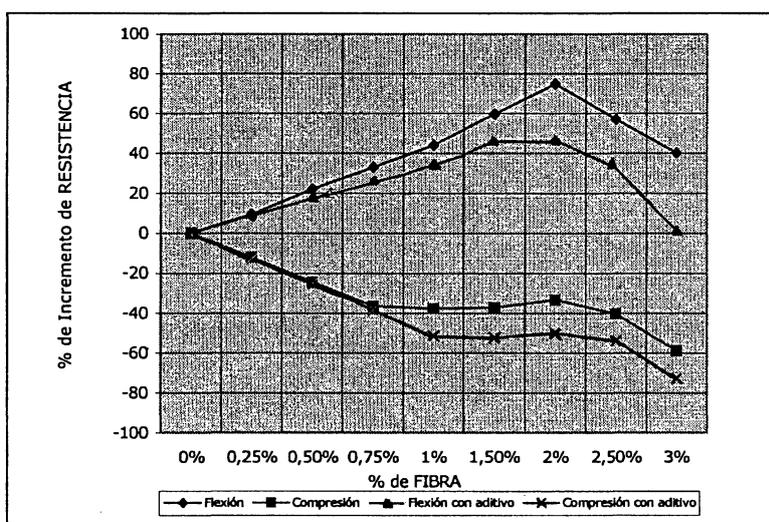


Figura 8.- Escayola reforzada con Typha Latifolia (enea). Escayola reforzada con Typha Latifolia (enea) más dispersión de melamina-formaldehído al 0,5 %.

Se observa que se igualan los valores de resistencia mecánica ante tensiones de compresión y flexotracción a partir de adiciones con aditivo del 1% de fibra con el 0,5% de dispersión.

#### 4. CONCLUSIONES

De los ensayos realizados y de los análisis efectuados, se puede concluir que la adición de fibras vegetales de Typha Latifolia como elemento de refuerzo de la escayola produce incremento de valores de resistencia mecánica ante tensiones de flexotracción similares en adiciones con y sin aditivo, de modo directamente proporcional al porcentaje de adición de fibra. La adición binaria (con aditivo) de fibras de Typha Latifolia y policondensado de melamina - formaldehído produce incrementos de resistencia inferiores que con las adiciones exentas de aditivo.

Sin embargo, la adición de fibras vegetales de Typha Latifolia como elemento de refuerzo de la escayola produce disminuciones, en general, de los valores de resistencia mecánica ante tensiones de compresión.

La adición de fibras vegetales de Typha Latifolia produce un efecto de reducción de peso directamente proporcional al porcentaje de adición de fibra. Se produce una reducción del peso similar con las adiciones con y sin aditivo. La adición del 2% de fibra de Typha Latifolia produce una reducción de peso del 7,94% al desmoldar y del 23,06% a los siete días.

Por lo tanto se concluye que, dadas sus propiedades de resistencia y reducción de peso, se trata de un material que puede ser utilizado para las siguientes aplicaciones: en paneles prefabricados para divisiones interiores y cielorrasos modulares prefabricados.

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) D. J. Gunn, "Mechanism for the formation and growth of ionic precipitates from aqueous solution". P. 133-140. University College of Swansea, Wales, 1976.
- (2) A. García Santos. "Comportamiento mecánico del yeso reforzado con polímeros sintéticos". Tesis Doctoral, E.T.S.A.M. Informes de la Construcción. Vol. 40, nº 397 (1988), pp. 67-89.
- (3) A. García Santos. "Manual del yeso", Atedy (Asociación Técnica Y Empresarial Del Yeso) Con D. Luis De Villanueva Domínguez. Ed. Dossat, Madrid, 2000.
- (4) F. Massazza. "Superfluidificantes y aditivos inorgánicos". 1er Simposio sobre aditivos para el hormigón. Madrid, 1983.
- (5) B. A. Sanders, ASTM "Short Fiber Reinforced Composite Materials", 1982.
- (6) N. Swamy. "Natural fibre reinforced cement and concrete". Ed. Blackie. London, 1988.

\*\*\*

## Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja

### QUÍMICA DEL CEMENTO (2003-2004)

#### CURSO DE POSTGRADO DEL CSIC

El objetivo de este curso es introducir a los alumnos en un campo de especialización cual es la química de los cementos. En él se aborda, desde puntos de vista científicos y tecnológicos, el proceso de fabricación de los cementos, su proceso de hidratación, las microestructuras desarrolladas y su relación con las propiedades, la durabilidad de materiales en base cemento frente a agresivos, técnicas de caracterización, nuevos cementos, cementos especiales, etc. El curso se completa con prácticas de laboratorio y una visita a una fábrica de cemento.

**Profesores:** M. T. Blanco, F. Puertas, A. Palomo, T. Vázquez, S. Martínez, A. Fernández

**Lugar de Celebración:** Sala Nervi del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Serrano Galvache 4, 28033 Madrid

**Fechas :** 4,11,18, 25, de marzo, y 1, 15, 16, 22 de abril de 2004

**Contacto:** blancomt@ietcc.csic.es

# MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

## Monográfico dedicado al VIDRIO EN LA CONSTRUCCIÓN

La revista MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN editada en el Instituto de Ciencias de la Construcción EDUARDO TORROJA, dedica un número doble (N<sup>os</sup> 242/243) a un solo material: *El vidrio*.

Haciéndose eco del creciente interés que suscitan las investigaciones e innovaciones sobre los productos derivados del vidrio, este material se trata, por primera vez en la Revista, de forma monográfica, con la amplitud que permite un número especial.

Los distintos artículos que componen este número son muestra de la gran variedad de características, propiedades y aplicaciones bajo las que se presentan los derivados del vidrio. Entre sus usos más comunes se encuentran: elementos transparentes de cerramientos, materiales estructurales en las fachadas, aislamientos de muros y cubiertas, recubrimientos de pisos y paredes, componentes de refuerzo de placas,

paneles, morteros y hormigones, como material decorativo y estético. Hoy en día, el vidrio es un material indispensable en la construcción y su tecnología está en continua evolución para dar respuesta a la constante demanda de nuevos productos con carácter multifuncional.

En este número especial se recogen trabajos de investigación originales e inéditos que cubren una temática muy diversa dentro de los materiales vítreos destinados o aplicados en construcción. Aparecen artículos relacionados con las vidrieras artísticas, los acristalamientos, los vidrios funcionales, las fibras de refuerzo, los vitrocerámicos y los porcelanatos. Los autores de estos trabajos, tanto los nacionales como los internacionales, son especialistas reconocidos en sus respectivos campos científicos.

Los artículos que componen este número especial son:

- Procesos de alteración de las vidrieras medievales. Estudio y tratamientos de protección.  
(*Alteration processes of medieval stained glass windows. Study and protection treatments*).  
J. M<sup>a</sup> Fernández Navarro.
- El efecto de la corrosión en vidrieras coloreadas.  
(*The effect of corrosion of stained glass windows*).  
J. Leissner.
- Formulación de vidrios absorbentes del calor.  
(*Formulation of heat absorbing glasses*).  
P. Álvarez-Casariago y P. Mazón.
- Dimensionamiento de placas de acristalamiento para edificios mediante un modelo probabilístico de rotura.  
(*A probabilistic model for failure design of glass plates in building*).  
A. Fernández Canteli, I. Viña y A. Bernardo Sánchez.
- Caracterización de fibras de lana de roca para aislamiento obtenidas a partir de basaltos canarios.  
(*Characterization of fibers as rockwool for insulation obtained from canary islands basalts*).  
J. M. Cáceres, J. E. García Hernández y J. M<sup>a</sup> Rincón.
- El GRC: Material compuesto de matriz inorgánica reforzado con fibras de vidrio AR.  
(*GRC: Composite material from an inorganic matrix reinforced with ar glass fibres*).  
P. I. Comino.
- Los materiales vitrocerámicos en la construcción.  
(*Glass-ceramic as building materials*).  
J. M<sup>a</sup> Rincón y M. Romero.
- Gres porcelánico: Aplicaciones arquitectónicas, procesado y propiedades físico-mecánicas.  
(*Porcelainized stoneware: Architectural, processing and physico-mechanical properties*).  
T. Manfredini, M. Romagnoli y J. M<sup>a</sup> Rincón.

**Venta de ejemplares:** Distribución de Publicaciones  
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja  
Serrano Galvache, s/n - 28033 Madrid.  
Tfno.: (91) 302.04.40 - Fax: (91) 302.07.00