

# el yeso en la prefabricación

JOSE MARIA EYMAR,  
Ayudante de Obras Públicas

La utilización del yeso en la construcción es un arte antiguo y conocido en casi todos los países de clima seco que tienen yacimientos naturales de piedra de yeso. Tal vez las primeras noticias de su empleo correspondan al antiguo Egipto, y en España quedan muestras que dan fe de la extraordinaria habilidad en el manejo del yeso por parte de los árabes.

Sin embargo, a pesar de su larga historia, poca fortuna ha tenido en lo que a su fabricación se refiere; esta fabricación siempre ha sido rutinaria y poco económica, si bien es verdad que los usos a que el yeso se destinaba no requerían la perfección del producto que hoy día va siendo necesaria ante la posibilidad de nuevas aplicaciones y nuevas técnicas en sustitución de las tradicionales y, en definitiva, es de esperar que este material sea aprovechado, con todas sus ventajas, contribuyendo, de un modo importante, a la moderna construcción.

En España hasta hace muy poco tiempo, el yeso se ha utilizado, casi exclusivamente, en revestimientos hechos «in situ», como aglomerante para recibir ladrillos en bovedillas de forjado, escaleras y en motivos ornamentales, donde puede decirse que el yeso se ha utilizado como material básico de elementos prefabricados, considerando como tales cornisas, escocias, etc.

El objeto de esta comunicación es esbozar, ya que su necesaria brevedad impide un más completo estudio, algunas de las más recientes aplicaciones del yeso en elementos prefabricados, pero antes se cree conveniente dar un pequeño repaso acerca de lo que es el yeso, cuáles son los tipos actualmente normalizados en España, qué ventajas e inconvenientes tiene el uso del yeso y cuáles son los medios para mejorar sus posibilidades de utilización.

## Obtención del yeso

El yeso procede de la calcinación del aljez o piedra de yeso (dihidrato:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Esta calcinación tiene por objeto la obtención del hemihidrato del sulfato cálcico ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ). Los productos obtenidos fraguan por adición de agua regenerando el dihidrato, debiendo el yeso a este fenómeno su carácter de conglomerante.

Conforme va subiendo la temperatura de calcinación de la piedra de yeso, se van obteniendo productos que si bien es verdad que todos son sulfato cálcico, sus propiedades y usos son distintos. De  $120^\circ$  a  $170^\circ\text{C}$  se obtiene el hemihidrato, del que existen dos formas alotrópicas llamadas yeso  $\alpha$  y yeso  $\beta$ .

El yeso  $\alpha$  muy empleado en moldes para productos cerámicos; se suele obtener en autoclave, pues para su formación es indispensable que se produzca una atmósfera saturada o próxima a saturación. Por eso cuando se fabrica el yeso  $\beta$  u ordinario en calderas se produce siempre yeso  $\alpha$  en mayor o menor cantidad, puesto que en la caldera siempre hay vapor de agua.

Las resistencias de los hemihidratos son:

	Hemihidrato	
	$\alpha$	$\beta$
Resistencia media a la tracción, una hora después del fraguado húmedo.	35 kg/cm <sup>2</sup>	6,6 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia media a la tracción en seco	66 kg/cm <sup>2</sup>	13 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia media a la compresión, una hora después del fraguado húmedo	280 kg/cm <sup>2</sup>	28 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia media a la compresión en seco	560 kg/cm <sup>2</sup>	56 kg/cm <sup>2</sup>

El hemihidrato  $\beta$  es el componente más importante de los yesos comerciales, siendo su proporción la que determina la clasificación de ellos

## Yesos y escayolas utilizados en España

Los yesos españoles admitidos en la norma UNE 41022 están clasificados en dos grupos: el yeso de 1.ª o yeso blanco y el yeso de 2.ª o yeso negro. La escayola es un material de la misma procedencia, pero más pura aún que el yeso de 1.ª y más finamente molido.

Como anteriormente se ha indicado, es la cantidad de sulfato cálcico hemihidratado (hemihidrato  $\beta$ ) la que determina la clasificación que, según las normas UNE 41022 y 41023, es la siguiente, en peso de hemihidrato:

Escayola ... .. 80 %      Yeso de 1.ª ... .. 66 %      Yeso de 2.ª ... .. 50 %

Estas normas también indican las resistencias mínimas a flexión sobre probetas de  $4 \times 4 \times 16$  centímetros de pasta pura que, apoyadas en dos puntos separados 10,67 cm, deben resistir unas cargas centradas mínimas de:

280 kg para escayola.      160 kg para yeso de 1.ª      120 kg para yeso de 2.ª

Las resistencias mínimas a la compresión, determinadas sobre las medias probetas procedentes del ensayo a flexión, indican las mencionadas normas que han de ser:

Escayola ... .. 150 kg/cm<sup>2</sup>      Yeso de 1.ª ... .. 100 kg/cm<sup>2</sup>      Yeso de 2.ª ... .. 75 kg/cm<sup>2</sup>

## Inconvenientes de los yesos y escayolas

Varios son, a nuestro juicio, los inconvenientes que existen en los yesos, inconvenientes que han limitado mucho su utilización en piezas prefabricadas; su rapidez de fraguado, su disminución de resistencia en estado húmedo, la pérdida de resistencia por el necesario exceso de agua de amasado y los problemas del secado de piezas, siendo en la fabricación en taller donde estos inconvenientes se acusan más. A continuación vamos a estudiar estos problemas y dar algunas posibles soluciones, por desgracia no muy satisfactorias en algunos casos.

## Retardadores de fraguado

Iniciándose el principio de fraguado de un yeso entre los 5 ó 10 minutos y concluyéndose a los 10 ó 15 minutos, ya se comprende que las dificultades para amasar y utilizar grandes cantidades de yeso—lo que es caso corriente en taller—son considerables. De aquí que se hayan buscado desde hace tiempo productos que añadidos al yeso hagan más lento este fraguado, con objeto de obtener pastas que puedan manipularse con cierta comodidad.

En «Estudio de Materiales» capítulo II, del que es autor el Doctor Ingeniero Sr. Arredondo, se indican los siguientes grupos de productos que actúan como retardadores.

### 1 Sustancias que disminuyen la solubilidad del yeso:

Glicerina.	Eter.	Acido bórico.	Acido láctico.
Alcohol.	Azúcar.	Acido cítrico.	Sosa.
Acetona.	Acido acético.	Acido fosfórico.	

### 2 Compuestos orgánicos de elevado peso molecular que actúan como coloides protectores:

Queratina.	Albúmina.	desecho de origen animal (por ejemplo, pelo).
Caseína.	Goma arábiga.	Productos de transformación de los aminoácidos con formaldehído.
Cola.	Gelatina.	Malvavisco en polvo.
Pepsina.	Proteínas hidrolizadas.	Tanino.
Peptonas.	Melazas.	
	Productos de hidrólisis de sustancias de	

### 3 Sustancias que influyen sobre la estructura cristalográfica del yeso:

Acetato cálcico.      Carbonato magnésico.

En muchos países y, especialmente, en Inglaterra, se utiliza como retardador la queratina, sustancia que se obtiene de las pezuñas y cuernos y que se adiciona en la proporción de un 0,1 por ciento. Recientes ensayos realizados por el Doctor Tobío han demostrado la posibilidad de sustituir la queratina por el ácido algínico, que existe en grandes cantidades en las algas pardas abundantísimas en nuestras costas cantábricas y atlánticas. La incorporación de ácido algínico en polvo se hace por simple mezcla con el yeso, removiendo bien para homogeneizar el conjunto y añadiendo después el agua necesaria. Con un 0,75 por ciento de ácido algínico y un 50 por ciento de agua de amasado, se retrasa el comienzo de fraguado hasta los 65 minutos. En líneas generales, cada 0,1 por ciento de ácido algínico retrasa el fraguado unos 10 minutos, disminuyendo la resistencia a tracción en unos 2 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Impermeabilización de yesos**

Uno de los más graves inconvenientes del yeso es su susceptibilidad frente al agua. Esta susceptibilidad se manifiesta de dos formas, cada una de las cuales constituye muchas veces un serio problema: por una parte, las masas de yeso absorben con gran facilidad el agua y en una gran proporción, dando lugar a la aparición de manchas y humedades; por otra parte, el yeso húmedo pierde resistencia en una proporción asombrosa. Por ejemplo: un 10 por ciento de agua significa una pérdida de resistencia de hasta un 70 por ciento; y un 40 por ciento de agua, que es aproximadamente la que corresponde a saturación, representa una pérdida nada menos que del 80 por ciento de la resistencia de probetas secadas en estufa.

Estas cifras dan idea del efecto pernicioso del agua en el yeso aun en cantidades muy bajas. Sería preciso, por tanto, lograr la impermeabilización absoluta del yeso, con lo cual se evitarían manchas y se conservarían las resistencias.

En un artículo publicado en el núm. 177 de la revista ION, del que es autor el Doctor Tobío, se indican una serie de productos cuya aplicación da como consecuencia una cierta impermeabilización del yeso, impermeabilización nunca completa. Estos productos son:

Impermeabilización por adición de sustancias inorgánicas tales como:

Cal ordinaria.	Tierra de diatomeas.	Cloruro cálcico.	Sales de aluminio, espe-
Cal hidráulica.	Pómez.	Oxido de cromo.	cialmente alumbre.
Dolomitas calcinadas.	Cenizas volantes.	Bentonita.	Barita cáustica.
Caliza.	Cemento.	Silicato sódico.	Sales diversas.

Impermeabilización por adición de sustancias tales como:

Estearato de calcio.	Dextrina.	Betunes.	Parafina.
Acido oleico y sus sales.	Colofonia.	Asfaltos.	Ceras diversas.
Jabón.	Resinatos.		

Impermeabilización por inmersión en líquidos o soluciones diversas tales como:

Soluciones acuosas de sales amónicas.	Solución de vidrio soluble (silicato sódico).
Soluciones acuosas de sales de sodio.	Soluciones de bórax, alumbre o cloruro cálcico.
Soluciones acuosas de sales de potasio.	Soluciones de sales de magnesio, aluminio y zinc.
Acido fosfórico diluido.	Soluciones orgánicas de parafina.
Acido oxálico.	Resinas sintéticas.

Impermeabilización superficial por aplicación en forma de pinturas de:

Soluciones acuosas de vidrio soluble.	Pinturas de aceite de linaza.
Soluciones acuosas de fluosilicato sódico.	Emulsiones colofonia-caseína.
Empastes a base de cemento-caseína.	"Cementos impermeabilizantes" portland-caseína en
Pinturas compuestas de polvo de zinc, arcilla, talco	forma de papillas muy fluidas.
y cloruro cálcico.	Soluciones de jabón.

El hecho de que exista una gama tan extensa y variada de impermeabilizantes para yeso, indica, en primer lugar, la gran atención que ha merecido este tema y, en segundo lugar, que la solución final está muy lejos de haberse conseguido.

El ácido algínico—del que ya se ha indicado su uso como retardador de fraguado—actúa también como impermeabilizante o, mejor dicho, como agente rebajador de la capacidad de absorción de humedad por parte del yeso, pudiendo lograrse disminuciones de absorción de hasta un 50 por ciento.

Las adiciones de portland y alginato sódico o bien portland solo, rebajan considerablemente la capacidad de absorción de agua por el yeso. Un 8 por ciento de portland puede rebajar esta absorción en un 65 por ciento, y un 8 por ciento de portland con un 2 por ciento de alginato sódico la rebajan aproximadamente en un 80 por ciento.

De todas formas la impermeabilización total del yeso no tenemos noticias de que se haya logrado ni parece factible al menos siguiendo sistemas económicamente interesantes. Como ya hemos visto una pequeña cantidad de agua disminuye considerablemente la resistencia y, como consecuencia, por ahora el yeso ha de limitarse a ser usado tanto en interiores o en exteriores en climas muy secos y con ciertas precauciones de protección en casos de lluvia.

### **Exceso de agua en amasado**

Para que teóricamente se realice el fraguado de un yeso hace falta añadir, aproximadamente, un 19 por ciento de agua. En la práctica esto no es factible por la imposibilidad de amasado y por la rapidez del fraguado de la pasta de yeso que llega a estar antes en contacto con el agua, siendo necesario añadir mucha más agua de la teóricamente necesaria; cuanto más agua de amasado se emplee, mayor será la facilidad de la operación y más se retrasará el fraguado.

Esta agua en exceso, que no tiene intervención alguna en el proceso químico de hidratación, permanece en la pasta hasta que las condiciones son propicias para la evaporación. Al secarse la pasta fraguada, por la total evaporación del agua, el espacio que ocupaba ésta queda vacío, dando, como consecuencia, una masa más o menos porosa según la mayor o menor cantidad de agua de amasado y, como consecuencia, también una mayor o menor resistencia mecánica.

La influencia del agua de amasado en la resistencia a la compresión de un yeso es la siguiente:

Agua de amasado, % ... ..	45	50	60	80	100
Resistencia a la compresión, kg/cm <sup>2</sup> ...	170	150	120	86	57

En el Instituto Eduardo Torroja se hicieron hace algunos años unos ensayos encaminados a lograr grandes resistencias en yesos  $\alpha$ : se amasaban con gran cantidad de agua, que después era retirada de la masa por centrifugación y se dejaba casi la estrictamente necesaria para su fraguado. Se obtenían así unos grumos de pasta que se vertían en moldes y que se consolidaban por vibración. Este procedimiento, apto para elementos prefabricados, dio, como consecuencia, la obtención de probetas de gran resistencia.

### **Secado de yesos**

Las piezas de yeso recién fabricadas, salen del molde con humedad que oscila entre el 55 y el 60 por ciento en peso de la pieza seca. Esta humedad representa una baja resistencia; esto no es un gran inconveniente en piezas pequeñas, pero sí es un problema en piezas grandes (por ejemplo, paneles para tabiques) en las cuales ha de tenerse un gran cuidado en la manipulación en taller y que obliga a situar las piezas en un sitio fijo hasta que pierden tal cantidad de agua que pueden ser manejadas e, incluso, llevadas a obra. La cantidad de agua máxima para su manejo es del orden del 20 por ciento del peso de la pieza seca. En estas piezas grandes el secado natural aun en condiciones óptimas, es decir, en verano, necesita unos 4 ó 5 días, como mínimo, lo cual obliga a disponer de grandes zonas de secado, cubiertas además en gran parte del año.

El secado artificial, del cual se realizaron ensayos sobre grandes piezas para tabiques, en el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, en el año 1958, dio como resultado económico el de que, aun en inmejorables condiciones, esta operación de secado representa

unas 5 pesetas por m<sup>2</sup> de panel de yeso de unos 7 cm de espesor y compuesto de dos láminas unidas por unos nervios interiores, a semejanza de algunos de los paneles para tabiques fabricados en el extranjero.

Este precio del secado artificial no cabe duda que constituye un tanto por ciento apreciable del precio de fabricación (del orden del 10 por ciento), que conviene tener en cuenta si se compara con el precio o las dificultades que hemos visto tiene el secado natural.

Durante la fabricación y el secado de piezas de yeso, es frecuente observar alabeos debidos a diferentes velocidades de fraguado y secado: Estos alabeos no suelen tener importancia en piezas pequeñas y suelen ser absorbidos por las tolerancias estipuladas para las piezas, pero en piezas grandes es necesario evitarlos.

En unas piezas para tabiques, fabricadas en el Instituto Eduardo Torroja, se observó una tendencia al alabeo, no ya en el secadero, sino antes de desmoldar, cuando la pieza se encontraba aún en el banco de moldeo. Este alabeo se iniciaba al retirar los costeros del molde; entonces la cara expuesta al aire iniciaba una retracción, mientras que en la cara inferior en contacto con la superficie del banco y, por tanto, protegida, este proceso se desarrollaba más lentamente dando, como consecuencia, que la pieza se llegaba a levantar unos milímetros en cada extremo, siendo necesario el colocar unos pesos con objeto de evitar esta deformación. En el secado es totalmente necesario asegurarse que las corrientes de aire actúan por igual en las caras de las piezas; por este motivo se aconseja que, aún en tiempo seco, las zonas de curado estén cubiertas, pues una cara de la pieza expuesta al sol significa la deformación de la pieza en la mayoría de los casos.

### **Elementos prefabricados**

Además de la utilización del yeso en elementos prefabricados puramente decorativos (cornisas, molduras, etc.), también se usa para la fabricación de elementos a los que generalmente no se confía una misión resistente y, además, y salvo raras excepciones, para su uso en interiores exclusivamente. Así se fabrican: elementos para tabiques, bloques para muros, bovedillas de relleno para forjados, placas de cielorraso, paneles de cartón y yeso para revestimientos, etc., etc.

En los elementos para tabiques, la tendencia actual está dirigida hacia la fabricación de piezas de la altura de suelo a techo, aunque también se fabriquen piezas pequeñas y los revestimientos de paneles de cartón y yeso.

Los elementos que pudiéramos llamar pequeños, suelen tener de dimensiones 70 × 35 × 6 ó 60 × 40 × 7. Se fabrican vertiendo el yeso sobre el molde y disponiendo en éste unos vástagos que, retirados cuando el yeso comienza su fraguado, dejan unos huecos. Otras veces estos bloques son prensados y, en este caso, son macizos. Generalmente estas piezas son machihembradas y se colocan en obra como los ladrillos, es decir, poniendo el conglomerante sobre una junta antes de situar la siguiente hilada; pero existen patentes (Promonta y M.V.) en que los bloques que son prensados se colocan en seco, efectuándose el rejuntado mediante el relleno de juntas por las dos caras del tabique y el posterior vertido de una pasta muy fluida desde las juntas superiores, la cual corre por todas las juntas del tabique.

Los elementos grandes, es decir, aquellos que su altura corresponde a la distancia entre el suelo y techo, suelen estar constituidos por dos láminas conexionadas por unos tabiquillos, bien formando nido de abeja, bien formando cuadrícula, o formando un panel sandwich en el que el núcleo es un yeso poroso obtenido por la adición a la masa de un agente espumante (generalmente sulfato de aluminio y bicarbonato sódico). El SUPERPANEL, patente inglesa, es un panel que contiene en su interior una placa ondulada, de fibrocemento, por lo cual los fabricantes le conceden propiedades resistentes. El sistema de fabricación es simple: primeramente se vierte sobre el molde una capa de yeso sobre la que se coloca inmediatamente la placa de fibrocemento; cuando el yeso ha fraguado se voltea el conjunto volviendo a colocar la placa ondulada sobre una capa de yeso recién vertido. Las dimensiones de estos paneles son del orden de 60 cm de ancho, espesores de 6 × 7,5 cm y alturas variables hasta 3,30 metros. La firma BELL-ROCK, también inglesa, fabrica paneles para tabiques de dimensiones muy análogas y con el núcleo interior constituido por tabiquillos, también de yeso, formando una retícula hexagonal. Se fabrican en dos fases como los paneles anteriormente descritos.

En Estados Unidos, Gypsteel Plank fabrica unos paneles por el sencillo sistema de rellenar con yeso un marco de chapa plegada.

El PLASTERBOARD o paneles de cartón y yeso constituyen elementos para revestimientos que se han venido usando en Inglaterra y Estados Unidos desde más de cuarenta años y actualmente se fabrica en muchos países (Francia, Alemania, Rusia, etc.).

Estos paneles están constituidos por la lámina de yeso, recubierta por ambas caras con hojas de papel fuerte o cartón. La fabricación, en líneas generales, se realiza de la forma siguiente: se fijan dos rollos de cartón con su eje en horizontal; uno de ellos va desenrollándose sobre una mesa de rodillos y sobre él va vertiéndose la pasta de yeso en proceso continuo; el otro rollo de cartón se va incorporando por encima del yeso e inmediatamente antes de pasar el conjunto a través de unos rodillos de laminación. El panel continuo así formado continúa avanzando por la mesa de rodillos (de unos 200 m de longitud), en la que efectúa el yeso su fraguado y al final de la cual una guillotina realiza el corte a las medidas deseadas, pasando, a continuación, los paneles a un secador de aire. Este material se fabrica en dos tipos: paneles para enlucir y paneles destinados a recibir un acabado a base de pintura; los primeros tienen una cara recubierta con un cartón muy áspero, al que se sujeta muy bien el enlucido. Las dimensiones de estos paneles son muy variables: desde 40 a 90 cm de ancho; longitudes, de 1,20 a 1,50 m, con espesores siempre muy próximos a los 10 mm; el peso es del orden de los 9 kg por metro cuadrado. Estos paneles tienen una conductividad térmica muy baja; pero la verdad es que, como los espesores son muy reducidos, su utilidad como aislante es prácticamente nula.

La colocación de estos elementos se hace en general clavándolos a elementos de madera empujados en fábrica de ladrillo u hormigón.

Los bloques resistentes para muros han sido y son fabricados, pero con una serie de limitaciones en su utilización (viviendas de una planta, climas muy secos), que, prácticamente, puede afirmarse que nunca han sido de interés general. Por otra parte, son normalmente más caros que el bloque de hormigón. Las bovedillas de relleno para forjados se utilizan en zonas en que la competencia con la bovedilla de hormigón es favorable a aquéllos, y en España son frecuentes en la zona levantina y en el sur. En Francia, GYPSOLITH, entre otros, fabrica este tipo de piezas.

En Estados Unidos se utiliza el yeso armado en elementos prefabricados, hasta el punto de existir unas normas publicadas por el GYPSUM ASSOCIATION aprobadas en la American Standard Association. El yeso armado es fabricado, entre otros, por United States Gypsum, en forma de placas, para su utilización en cubiertas, siendo necesaria, naturalmente, una perfecta protección, generalmente hecha de fieltros asfálticos. Estas placas se fabrican con dimensiones de  $75 \times 30 \times 7,5$  y  $300 \times 40 \times 7,5$  cm, con bordes machihembrados y unos enganches especiales para su sujeción a la estructura.

Las placas de yeso para cielorrasos constituyen piezas que actualmente están alcanzando gran difusión. Son piezas en las que se cuida extraordinariamente el aspecto estético, y, aunque caras, se están utilizando mucho, como ya se ha dicho. Se fabrican generalmente con una serie de perforaciones y contienen un núcleo de material absorbente (vermiculita, fibra de vidrio, etc.), con lo cual las condiciones antisónicas de las placas suelen ser excelentes. Los tamaños más frecuentes de estas piezas suelen ser  $60 \times 60 \times 3,5$ ;  $50 \times 50 \times 3,5$ , y  $40 \times 40 \times 3$  centímetros. Su fijación a techos se ejecuta por medio de tornillos que penetran en unos listones o nudillos de madera embebidos en la parte inferior del forjado.

Una interesante aplicación del yeso es la que en Inglaterra se realiza bajo el nombre de PIRODEX, y, aunque no se pueda considerar ni mucho menos como elemento prefabricado, encierra un interés tal, que no hemos podido evitar la tentación de reseñarlo brevemente. El PIRODEX es un yeso que se coloca en obra bombeándolo a razón de unos 800 m<sup>3</sup> en espesores de 5 cm y en jornada de ocho horas. Se vierte sobre tableros que generalmente son de cartón y yeso; su utilización se limita a cubiertas y es necesaria la consabida protección de fieltro asfáltico.

Como ha podido observarse, las limitaciones en la utilización del yeso son grandes y creemos que son debidas a que no se haya podido lograr—que nosotros sepamos—la impermeabilización total en condiciones económicamente aceptables, siendo lástima que un material, con las condiciones de resistencia que posee en estado seco, no pueda ser más intensamente utilizado por el temor de su asombrosa pérdida de resistencia en estado húmedo.