LA CONSTRUCCION EN YESO ¿UNA SOLUCION PARA LOS PAISES EN VIAS DE DESARROLLO?

(GYPSUM CONSTRUCTION. A SOLUTION FOR DEVELOPING COUNTRIES?)

Vincent Lacour (C.S.T.B.)

Traducido y adaptado por:

M.^a Jesús Guinea y Pablo Díaz Romeral, Arquitectos

IETcc/CSIC

127-14

RESUMEN

Debate del coloquio «Construir en yeso, en los países en vías de desarrollo» celebrado, en París, el 21 y 22 de mayo de 1985. Dos caminos se abren para el empleo de este material en el tercer mundo:

- La utilización del hormigón de yeso, en forma de bloques de albañilería, aparece como la única solución para desarrollar el uso del yeso en muro exterior.
- Poner a punto –es de gran interés– unidades de pequeña escala, así como la cocción solar del yeso y la utilización del fosfogyeso.

SUMMARY

Discussion about the symposium «Gypsum Construction for Developing Countries», held in Paris on May 21-22, 1985. There are two opened ways for the use of this material in under developed countries:

- The use of gypsum concrete, forming masonry blocs, appears as the single solution for the development of the use of gypsum in exterior walls.
- To prepare –it is of the most interest– smalls scale units so as the solar baking and the use of phosphogypsum.

Cartel del coloquio.

El yeso aún no ha dicho su última palabra.

El coloquio «Construir en yeso, en los países en vías de desarrollo», celebrado en París los días 21 y 22 de mayo de 1985 ha sido la ocasión, después de varios años de investigación, experimentación y construcción, de dar una llamada de atención sobre el empleo de este material en el hábitat económico, en los países en desarrollo.

La confrontación de experiencias que se ha llevado a cabo en esta ocasión ha permitido desmitificar la construcción en yeso y seleccionar, entre los numerosos caminos emprendidos, aquellos más fiables y que, puestos en contacto con la realidad económica, pueden conducir a un desarrollo significativo en el sector yeso.

El debate en este coloquio se ha llevado a cabo en base a la investigación y experiencias reflejadas en las 21 ponencias presentadas. Los diferentes planteamientos técnicos referidos a la producción y puesta en obra, arquitectónica o económica, han llevado a la conclusión de una

vista de conjunto del sector yeso, desde la materia prima a la construcción, y ha hecho surgir algunos temas motores que van a permitir su desarrollo.

PRODUCCION DE MATERIAS PRIMAS

El yeso natural se encuentra en grandes zonas del planeta, y se extraen cada año 60 millones de toneladas repartidas en la forma siguiente:

- Europa.....	28 M
- América del Norte.....	22 M
- América del Sur	1 M
- África.....	3 M
- Asia y Oceanía	6 M

También existen otras fuentes de obtención del yeso constituidas por el yeso subproducto de las industrias químicas y, en particular, el yeso fosfórico, subproducto de la producción de ácido fosfórico y abundante en grandes cantidades en países como Francia, Senegal, Marruecos, Túnez, Brasil, etc.; entre 80 y 100 millones de toneladas salen cada año de las fábricas de producción de ácido fosfórico y son almacenadas en forma de terrones o arrojadas al mar.

El yeso fosfórico se caracteriza, en relación con el yeso natural, por la presencia de fosfato de calcio, asociado íntimamente al sulfato, lo que introduce en los cristales deformaciones que perjudican sus características mecánicas.

Por el contrario, la utilización del yeso fosfórico no precisa tamización y las impurezas, sin contar el fosfato, son prácticamente inexistentes; sin embargo, los procesos de depuración y secado del yeso fosfórico son costosos y constituyen un inconveniente para competir con el yeso natural.

En su comunicación, M. Riancho, estima que en Calcuta la utilización como retardador del fraguado del cemento, el yeso fosfórico producido y depurado in situ, sólo es competitivo con respecto al yeso natural cuando la distancia de transporte supera los 500 km.

El yeso natural o de origen químico tiene dos empleos principales:

- incorporación al cemento como retardador en dosificación 3-5 %
- fabricación de yeso por cocción.

El empleo del yeso como retardador del fraguado del cemento representa su utilización más importante. Ochocientos cincuenta millones de toneladas de cemento se producen cada año en el mundo, lo que lleva consigo la incorporación de 30-40 millones de toneladas de yeso, es decir, aproximadamente la mitad de la producción mundial de yeso.

La producción del yeso se lleva a cabo por cocción entre 100 y 700° C; de acuerdo con el tipo de cocción se obtienen diferentes productos con contenidos variables de semi-hidrato (a partir de 100° C), de anhidrita II, sobrecocida (a partir de 350° C) y de yeso sin cocer, cuya presencia acelera el fraguado del yeso, mientras que el sobrecocido sólo se rehidrata muy lentamente en presencia de agua líquida.

En los países industrializados los dispositivos normales de cocción corresponden a esta variedad de productos, así como a una gama de capacidades de producción que van desde varios millones de toneladas/año en hornos-marmitas a cientos de miles de toneladas/año en hornos.

Sin embargo, la cocción del yeso cuando se hace a bajas temperaturas (en concreto para el semi-hidratado) no requiere dispositivos complejos.

En el Souf (Argelia) el yeso se cuece tradicionalmente en hornos rectos constituidos por una sencilla excavación en el suelo, donde se instala el hogar elevado sobre un conglomerado de yeso.

Mauritania presentó dos comunicaciones referidas a unidades de escala reducida:

La de GEFOSAT, que se ocupa de la producción solar utilizando captadores planos y que permite obtener un rendimiento de 1,5 toneladas/m²/año. Propone una instalación de 600 m² de captadores, que precisa una superficie de 4.000 m² de terreno y que podría producir 920 toneladas/año.

La ponencia de la ADUA contempla el uso de hornos rotativos de pequeño tamaño (400 toneladas/año).

Conviene destacar que las dos técnicas llevan a la obtención de productos diferentes; la cocción solar no permite esperar temperaturas superiores a 105-115° C y produce, por tanto, un yeso sin anhidrita y con una proporción importante de yeso sin cocer y, en consecuencia, su fraguado es muy rápido y precisa técnicas de puesta en obra particulares; por el contrario, la técnica solar permite llevar a cabo unidades modulares cuyas dimensiones puedan adaptarse con facilidad a un mercado de escala pequeña.

La energía precisa para la cocción se cifra en 30 l de fuel por tonelada; para estas dos técnicas el conjunto de la energía de cocción + amortización del equipo, resulta similar. Es necesario tener en cuenta que la cocción solar precisa una mayor cantidad de mano de obra.

El coloquio ha mostrado el interés que presenta la realización de unidades rústicas de tamaño

pequeño, que puede servir a un mercado local como alternativa a las fábricas modernas implantadas en Túnez, Marruecos, Senegal, etc. y que no funcionan por encima del 20% de su capacidad nominal de producción comprendida entre 60.000 y 100.000 toneladas/año.

PUESTA EN OBRA

El yeso puede ser empleado de diversas maneras en los muros, cerramientos, cielos rasos y techos.

Tradicionalmente utilizado como hormigón de yeso, existe ahora en forma de elementos prefabricados (placas, paneles, cielos rasos) y obra de albañilería.

Referente a muros y techos, esta técnica consume gran cantidad de yeso.

Respecto al bloque de hormigón, que constituye la referencia en numerosos países, se dan dos inconvenientes: por una parte, en relación a los guarnecidos, a espesor igual sería necesario en masa de 3 a 4 veces menos cemento que yeso por metro cuadrado; por otra, todo el material utilizado debe ser transportado desde la fábrica de yeso, mientras que los áridos del hormigón tienen, generalmente, un origen local. En los dos casos el material de puesta en obra es muy reducido.

En albañilería, la mano de obra especializada en la realización de muros de bloques de hormigón existe con relativa facilidad; el montaje de bloques se realiza siempre de forma aproximada y los defectos de planeidad se esconden en el acabado de un guarnecido. «Los tunecinos son malos albañiles, pero los reyes del guarnecido» (Frase citada por Mlle. Marjhieri en su comunicación).

NECESIDAD DE FORMAR UNA MANO DE OBRA

La realización de tabiques de yeso se hace por montaje en junta delgada y permite obtener, si el transporte y almacenaje de planchas se realiza con suficiente cuidado, una superficie regular, no necesitando más que un raspado. El tamaño de las planchas, la simplicidad de su colocación y la ausencia de enlucido conducen, allí donde esta técnica está dominada, a economías importantes de mano de obra. La formación de la mano de obra para esta técnica, al ser muy simple, constituye un marco que, según la comunicación de M. Desuot, empresas senegalesas están preparadas para hacer un volumen suficiente de utilización de esta mano de obra. La Srta. Marjhieri subraya el desequilibrio que la introducción de esta nueva técnica puede provocar en las empresas

tunecinas: «no hay que hacer enlucido mientras que esto es la especialidad de la mano de obra, y hay elementos para colocar cuidadosamente cuando parecía que no lo sabían hacer».

La comparación de costes de salida de dos técnicas no puede hacerse para una región dada. Se puede, sin embargo, indicar que, en el caso del Senegal (cf. la comunicación de M. Desuot), el tabique interior de yeso es competitivo en sustitución de los tabiques de bloques de hormigón; esto no es cierto para el muro exterior.

La fabricación de bloques compactados yeso-arena se recuerda en la comunicación de Mme. Jacquet de M. M. Accetta y Pettang de l'Ecole d'Architecture de Saint-Etienne. No se trata más que de una experimentación sin valor económico; representa un camino de búsqueda interesante, en lo que tiende a utilizar el yeso artesanal de débiles características y a limitar el consumo del yeso, no utilizándole más que como aglutinante de un mortero de yeso-arena; el interés económico de esta técnica dependerá esencialmente del coste de la inversión y de la productividad de la prensa Dynatere.

El mismo objetivo de reducir la utilización del yeso ha llevado, a ADUA, a prefabricar bloques partiendo de una mezcla de yeso-arena-conchas vaciada en moldes de manera.

Otra técnica, contemplando la reducción del consumo en yeso, es la del yeso proyectado sobre armadura vegetal, presentada por M. Martinez; la economía del material se obtiene reduciendo el espesor del muro, teniendo en cuenta las propiedades mecánicas del complejo yeso + armadura vegetal; es preciso subrayar, mientras tanto, que el yeso proyectado es generalmente más caro que el yeso normal (+ 20% en el Senegal), y que la proyección necesita la adquisición de un material de proyección y una mano de obra formada para esta técnica. Esta es una técnica de empresa y no de destajista.

En lo que concierne a las cubiertas, las comunicaciones de M. M. Urien y de Verbotten y el ADUA proponen la realización de bóvedas y cúpulas con ladrillos recibidos con mortero de yeso; la primera llamada a la utilización tradicional, en Túnez, en ladrillos de tierra cocida.

La protección exterior de los muros en yeso es una de las dificultades técnicas esenciales en la difusión de la utilización de este material. Se sabe, en efecto, que el yeso pierde alrededor de la mitad de su resistencia cuando se empapa de agua. Dos tipos de protección han sido contemplados:

- a) Por una parte una protección arquitectural consistente en un voladizo de la cubierta, un zócalo de altura suficiente y un corte de ca-

pilaridad permiten proteger el muro de los chorros de agua de rebote sobre el suelo, así como de las subidas por capilaridad. Parece que en los climas donde las lluvias son de corta duración y alternan con tiempos bastante soleados (caso de Senegal y Mauritania) esta protección es suficiente.

- b) Por otra parte, una protección puede aportarse por la realización de un enlucido. Las investigaciones han conducido a la formulación de enlucidos yeso-cal aérea-arena, adaptados a los productos disponibles en Francia y en Túnez; el aumento que representa tal protección no es despreciable y puede comprometer la economía de la construcción en yeso.

OPERACIONES

Edificios en yeso existen en diversos países de Africa. M. Bian en su informe indica que 10.000 m² de edificios en yeso han sido realizados desde hace cinco años, principalmente en el Senegal y en Mauritania; igualmente en Argelia, Túnez, Marruecos y en Mali.

Proyecto CHODAK en Senegal.

Alzados.

Planta.

Sección constructiva.

La experiencia acumulada, muestra que es posible, técnicamente, construir en yeso mediante diferentes técnicas utilizadas (albañilería de bloques y placas, proyección, moldeado, impregnación de yute). Sólo la primera es viable, económicamente, a condición de disminuir el consumo de yeso, ya sea por huecos o por la utilización de hormigón de yeso en lugar de yeso puro. Por otra parte, la realización de cubiertas de yeso sí es técnicamente posible e interesante; desde el punto de vista arquitectural no está económicamente justificado para el hábitat económico.

ECONOMIAS DE LA FILIAL - PAPELES E INTERESES DE LOS DIFERENTES PROTAGONISTAS

Las industrias del yeso son ciertamente interesantes por la difusión de su empleo. Es sorprendente constatar que en países tales como el Senegal, Túnez y Marruecos, unidades de producción de yeso funcionan a menos del 20% de su capacidad de producción. Esto se explica, en parte, por el hecho de que la producción del yeso no es, a veces, actividad principal de la sociedad referida; ésta se interesa más siguiendo el caso de la producción de cemento o de abono. En el primer caso, la utilización del yeso como retardador del cemento puede constituir el principal mercado de la fábrica de yeso.

LOS CEMENTEROS

Tienen poco que temer de la competencia del yeso; ésta no podrá ser real más que si se desarrolla en gran escala la utilización del mismo en los muros exteriores, lo que no parece pueda producirse en un plazo previsible.

Sobre el plan mundial la cantidad de yeso producida es inferior a 20 veces a la del cemento, y si en ciertos países capaces de fabricación de yeso exceden de esta producción, no es lo mismo en su producción real. En el caso del Senegal M. Desuot destaca la complementariedad de los intereses del productor de yeso a base de fosfoyeso y de la cementera; la producción de fosfoyeso seco depurado para la cementera puede constituir el mercado principal y, asegurando una mejor utilización de capacidades de producción, permite la fabricación de yeso con buena rentabilidad.

LOS PRODUCTORES DE LADRILLOS Y BLOQUES DE HORMIGÓN

Constituyen los competidores de los productores de yeso, aunque esta competencia no alcanza a la utilización del yeso para la realización de techos o para la decoración. La realización de bóvedas de ladrillo recibidas con yeso, citada

por M. M. Urien y de Verbotten, puede constituir un terreno de entendimiento entre ladrilleros y yeseros.

LOS DISEÑADORES

Se sienten poco estimulados por la utilización del yeso en los tabiques; en cambio, su utilización exterior puede constituir una fuente interesante de diversidad arquitectónica; ésta precisa la redacción de documentos técnicos que no existen todavía y que modificarán el trabajo de los despachos de estudio.

LAS EMPRESAS

Ven su papel disminuido por la utilización de placas de yeso. Mientras que en el caso de bloques de hormigón éstos son a la vez productores de elementos de construcción y montadores en obra, en el caso del yeso, las empresas aseguran más la puesta en obra de elementos proporcionados por el productor de yeso. Por otra parte, en lo que se refiere a las placas de yeso utilizadas en tabiques, su principal triunfo es el poder ser puestas en obra con juntas delgadas y sin enlucido, lo que sólo es posible si el transporte y el almacenaje sobre la obra mantiene la calidad de superficie de las placas, lo cual da lugar al promotor a tener un cuidado particular en la organización de su obra. Se puede temer una reticencia de las empresas en este comienzo de industrialización de la construcción.

La comunicación de M. Desuot indica que ciertas empresas consideran favorablemente la utilización de placas de yeso para la realización de tabiques y el crecimiento de su competencia que esta técnica constituye.

En el caso donde se desarrolla la utilización de bloques yeso-arena, la producción de éstos no podrá hacerse más que en proximidad inmediata de la obra, y será entonces realizada por las empresas. Su papel es entonces muy parecido a aquel que tienen, en lo que se refiere al bloque de hormigón.

PARA LA MANO DE OBRA

La utilización del yeso se traduce más en un replanteamiento de las cualificaciones profesionales, que por efectos cuantitativos sobre el empleo.

Mme. Marghieri subraya que si esta técnica no necesita competencia de alto nivel, se traduce por una modificación del equilibrio entre los albañiles, que ven su papel volverse más importante y en que se pide una precisión mayor y los enlucidores se vuelven prácticamente inútiles.

Otros grupos de oficios se encuentran también influidos y deben ser conscientes del soporte sobre el que ejercen su actividad (pintores, electricistas, plomeros...).

LAS OFICINAS DE CONTROL

Estas oficinas y otros organismos, los cuales tienen el papel de controlar y garantizar la calidad de los edificios, pueden tener un papel negativo cara a una tecnología reciente. Es cierto que las dudas de los maestros de obra, de los usuarios y de las empresas, en lo que se refiere a la durabilidad de un material sensible al agua como es el yeso, incluso si no están justificadas, contribuyen a hacer más lenta la difusión misma, aun cuando se afirma que económicamente es aceptable. La puesta a punto con las oficinas de control de documentos, definiendo las condiciones de una puesta en obra duradera del yeso, constituye entonces un reto importante.

Esta acción referida al sector formal, en las oficinas de control, debe expresarse bajo otras formas en el sector informal, en particular bajo el impulso de organizaciones no gubernamentales.

LOS USUARIOS

La comunicación de Mme. Marghieri insiste sobre la reticencia de los usuarios tunecinos con respecto del yeso y su sensibilidad al agua, teniendo en cuenta el hábito que existe en este país de lavar los suelos con mucha agua. Este punto ha sido contemplado en el curso de la sesión de este coloquio consagrado a la protección exterior del yeso.

Además del problema técnico se expresa también una reticencia global cara a un producto localmente innovador y mal conocido. Como para toda innovación, un trabajo importante de sensibilización del público está por hacer. No olvidemos que la introducción de la placa de yeso en Francia se hizo en 20 años.

LOS MAESTROS DE OBRA

Los maestros de obra públicos y privados pueden ser reacios a correr el riesgo de utilizar un material poco conocido y, por consiguiente, a la vez sospechoso de ser poco durable y difícil de vender. Este rechazo no puede ser vencido más que por un ahorro en relación a las técnicas tradicionales. En las condiciones actuales, esto no se verifica en el Senegal más que para los tabiques y falsos techos.

En lo concerniente al Estado, como subraya M. Desuot, el interés principal del yeso reside en una diversificación de los materiales de construcción.

LA ENERGIA

El yeso tiene la reputación de ser un material poco consumidor de energía. La comunicación de M. M. Arien y de Verbotten muestra que en Túnez un tabique interior en placas de yeso incorpora un 15% de energía más que un tabique equivalente en ladrillos. M. Desuot, en cuanto a él, indica que en el Senegal un tabique de placas de yeso incorpora un 30% de energía más que la del tabique equivalente realizado en bloques de hormigón. Lo que no condena al yeso porque, por una parte, parece que el yeso en polvo producido en Túnez es anormalmente consumidor de energía y que, por tanto, puede esperarse un ahorro a nivel de su producción, por otra parte, se trata en el Senegal del fosfoyeso, donde hemos visto que era más consumidor de energía que el yeso natural.

Dos vías de investigación se abren, pues, para mejorar la situación:

- Simplificar, ver, suprimir el depurado del fosfoyeso.
- Utilizar el yeso bajo forma de hormigón de yeso y disminuir así la energía incorporada por metro cúbico de tabique.

Por otra parte, M. M. Arien y Verbotten señalan para el caso de Túnez el interés de bóvedas de ladrillo recibidos con yeso, que aportan una economía energética del orden del 30% en relación con las técnicas normales.

CONCLUSIONES

Del panorama contemplado con ocasión de este coloquio se abren dos vías para su desarrollo en el tercer mundo. Estas vías son estrechas y la subutilización de las capacidades de producción de las fábricas de yeso, en algunos países, debe animar a una gran vigilancia económica en la elaboración de los proyectos y a un gran dinamismo comercial en su realización.

- A corto plazo, la utilización del yeso en los cerramientos interiores (tabiques) y en los falsos techos debe poder desarrollarse en proximidad de las fábricas de yeso existentes.
- La utilización del hormigón de yeso, en particular bajo forma de bloques de albañilería, aparece como la única solución para desarrollar el uso del yeso en muro exterior, siendo éste barato como compuesto semi-hidratado. Es una vía de investigación la cual no ha conducido actualmente más que a la realización de prototipos.
- Ya que las unidades de producción del yeso son de pequeña escala, comparadas con las cementeras, ésta es todavía demasiado importante en relación a los mercados de la cons-

trucción de poca amplitud, y donde el yeso no asegura en cualquier momento más que una parte del aprovisionamiento en materiales de obra gruesa en alojamientos. Hay pues lugar para poner a punto unidades de pequeña escala, es decir, produciendo entre 1.000 y 5.000 toneladas/año.

Desde este punto de vista la cocción solar es interesante por sus características modulares

y su pequeña escala, ya que no parece aportar economías apreciables sobre el conjunto de amortización + energía.

- Un tercer camino de búsqueda, a más largo plazo, concierne a la utilización del fosfoyeso cocido, pero no refinado. Esta es la sola vía eventual de desarrollo de la utilización del fosfoyeso fuera de su uso, después de refinado y secado, como retardador del cemento.

* * *

publicación del I.E.T.c.c.

Bohdan Lewicki

Este libro trata de los problemas relativos a la construcción de los edificios de viviendas o públicos realizados con elementos prefabricados de grandes dimensiones. Se han estudiado los problemas de arriostramiento, así como los que plantea la resistencia de los elementos y de la estructura; se han examinado las cuestiones de orden higrotérmico, acústico y de resistencia al fuego; también se ha profundizado en el estudio de la estanquidad de los muros exteriores y de las juntas.

La obra incluye numerosas ilustraciones que dan detalles de diversas soluciones, así como ejemplos de cálculo, tablas de valores numéricos, diagramas y ábacos.

Un volumen encuadernado en tela, de 24 x 17 cm, compuesto de 616 págs.

Precios: 2.500 ptas.; \$USA 36.00.

Zorislav Franjetić

En la obra de Franjetić se expone de una forma minuciosa, ordenada y sistemática, todo un cuerpo de doctrina que reúne el conocimiento actual sobre el endurecimiento rápido del hormigón. Parte el autor de los principios básicos y llega a las últimas consecuencias y realidades técnicas y económicas.

Es una obra de consulta, tanto para el investigador sobre la materia, como para el proyectista y el realizador y montador de plantas e instalaciones y equipos de curado y endurecimiento rápido.

Un volumen encuadernado en cartón, de 17 x 24,5 cm, compuesto de 385 págs. 110 figuras y 10 tablas.

Precios: 2.500 ptas.; \$USA 36.00.

A. M. Haas

Al escribir este libro el autor intentó poner a disposición de los estudiantes y de los ingenieros unos conocimientos prácticos, adecuados para servir de guía en el diseño y construcción de láminas delgadas de hormigón.

El autor está convencido de que el éxito en el diseño de una lámina exige, por parte del proyectista, un examen de las tres fases por las que pasa la materialización de la lámina: el diseño, el análisis estructural y la construcción de la estructura.

Un volumen encuadernado en tela, de 17 x 24,5 cm, compuesto de 420 págs., 141 figuras, 22 fotografías y 6 tablas.

Precios: 2.500 ptas.; \$USA 36.00.