

CALIDAD

LA MODIFICACIÓN DE LA **EH-91** EN RELACIÓN CON LA

DEL HORMIGÓN

Comprobación de la consistencia por Cono de Abrams

La Comisión Permanente del Hormigón, en su reunión del 11 de febrero de 1994, adoptó una serie de "propuestas para mejorar la calidad del hormigón" con la recomendación de que fueran incorporadas en la revisión de la Instrucción EH-91.

Dichas propuestas han sido publicadas por el M.O.P.T.M.A. y comentadas por el Grupo de Trabajo para la Calidad del Hormigón en la Edificación del Grupo Español del Hormigón (G.E.H.O), en su Boletín nº 15 de noviembre de 1994 y, parece que, próximamente será publicada la nueva Instrucción EH/97 que recoge estas recomendaciones, modificando la actual Instrucción.

Dada la importancia que algunas de ellas tienen para impulsar la mejora de la calidad de los hormigones, en particular en relación con su durabilidad, a la vez que se promueve una aproximación a la normativa y las prácticas europeas en el área del hormigón, consideramos de interés el extractar, en un pequeño artículo, los aspectos más destacados en relación con la ejecución (dosificación y recubrimiento de armaduras), por ser los que más directamente afectan a las actividades de nuestro colectivo profesional.

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

La aproximación a la problemática de la calidad de los hormigones, nos lleva a las consideraciones siguientes:

– La Instrucción EH (y la EP en el caso de hormigón pretensado) es, en España, el documento fundamental tanto para fijar los requisitos de calidad del hormigón, como para determinar la forma y criterios para efectuar el control del cumplimiento de dicha calidad.

– La calidad del hormigón se sustenta en un conjunto de propiedades y características orientadas a satisfacer las necesidades de resistencia mecánica, durabilidad, fiabilidad y aspecto (en su caso) y, por tanto, no puede identificarse **calidad** del hormigón con uno solo de estos parámetros, como por ejemplo se hace en la actualidad con la resistencia mecánica.

A pesar de lo anterior, en multitud de casos de la realidad de la edificación, la calidad del hormigón se reduce a su resistencia mecánica, única cualidad que muchas veces lo define a efecto de

José María Calama Rodríguez
Catedrático de E. U. y miembro del G.E.H.O.
Rosa Domínguez Caballero
Profesora Asociada de la E. U. de Arquitectura Técnica

José María Calama Rodríguez / Rosa Domínguez Caballero

especificación, petición de suministro, entrega y control. Esta simplificación, no es lógica en este momento, puesto que no implica el cumplimiento de otros requisitos (particularmente, la durabilidad) tan fundamentales como la resistencia mecánica. Además, parece más conveniente adoptar una actitud preventiva, dado que es más económica y tiene mayor fiabilidad.

También es cierto que, en España, el hormigón real de nuestras obras queda muy por debajo, en cuanto a resistencia se refiere, de las posibilidades tecnológicas actuales y respecto a las potencialidades de esta industria. En ingeniería civil (puentes, por ejemplo), las resistencias habituales (300-450 kp/cm^2 en general) están en consonancia con los valores utilizados en nuestro entorno geográfico; por el contrario, en edificación, la mayoría de las veces se sigue empleando al hormigón de 175 kp/cm^2 , absolutamente en discordancia con los demás países de la Comunidad Europea, que emplean valores netamente superiores, del orden de los 250 kp/cm^2 .

Debemos ser conscientes que, en general, la consideración conjunta de los criterios de resistencia y durabilidad resulta más adecuada en términos de calidad que tan sólo el criterio estructural. Aunque también, desde el punto de vista de la ejecución, son importantes los criterios de manejabilidad y fiabilidad, es decir, que tenga una consistencia adecuada, siendo en este sentido valores de 6 a 8 cm de asiento de cono de Abrams adecuados para obras de edificación.

Sin pretender ser exhaustivos, podemos identificar como aspectos fundamentales de la situación actual del hormigón que se emplea en edificación en nuestro país, desde el punto de vista del material, los siguientes:

- La fuerte preponderancia del hormigón "H-175" para elementos de la estructura (vigas, pilares, etc.), de modo que ésta es prácticamente la resistencia "standard" de los hormigones para edificación.

- El curado, la mayor parte de las veces, es insuficiente en calidad y en



Control de calidad sustentado en la resistencia a compresión

duración, otras es prácticamente inexistente.

- La garantía del recubrimiento de las armaduras es inadecuada.

- El control de calidad se limita a la rotura de probetas, incluso en los casos de control a nivel reducido, este es aún menor, limitándose a un mero control de la consistencia.

Así pues, en muchos casos se está ante hormigones de resistencia de proyecto (H-175) que debe ser calificada, a la vista de las posibilidades de la tecnología actual, cuando menos de poco exigente, con un curado insuficiente que conduce a una permeabilidad elevada, y con recubrimientos muy reducidos de las armaduras, lo que es claramente inadecuado desde el punto de vista de la protección de éstas frente a la corrosión. Estas circunstancias podrían ser suficientes para explicar una parte importante de los problemas de patología que aparecen en el hormigón.

En general puede decirse que en la edificación en España, la preocupación, tanto en fase de proyecto como de ejecución de la obra (es decir, en el momento de su control) es básicamente el cumplimiento del requisito de resistencia mecánica, en términos de resistencia característica a compresión, estando los aspectos de durabilidad, en la práctica, relegados a un plano secundario. ¿Cuáles son las razones que

contribuyen a esta situación? En nuestra opinión algunas de estas causas son las siguientes:

– El hecho de que la tipificación de los hormigones se haga únicamente en base a la resistencia.

– Una excesiva fijación en el hormigón H-175 como el hormigón "normal" para edificación.

– La dificultad experimental de determinar, ante un hormigón puesto en obra, su contenido en cemento y su relación agua/cemento, lo que refuerza el papel de la resistencia mecánica como clave única del control.

– La existencia de un mercado heterogéneo y poco transparente, muy determinado por el precio en detrimento del factor de calidad, de la fabricación del hormigón y, en concreto en el preparado, coexistiendo empresas de calidad y con requisitos importantes de autocontrol, con otras de dudosa calidad y fiabilidad.

A la vista de lo anterior, se hace evidente la necesidad de crear una nueva mentalidad respecto al hormigón para la edificación, que se extienda al conjunto de los agentes que intervienen en el proceso productivo: proyectistas, directores de obra, fabricantes de hormigón, constructores, laboratorios de control, etc.

En este sentido, el conjunto de las "Propuestas para mejorar la calidad del hormigón", realizadas por la Comisión Permanente del Hormigón, constituye una aportación importante a la solución de los problemas actuales que se presentan en este área. Evidentemente, la incorporación de dichas propuestas (con las matizaciones que en determinados casos convenga introducir) a la próxima Instrucción EH/97 será la mejor forma de que puedan llegar a ser realmente efectivas. Sin embargo y en tanto no se publique dicha Instrucción, los Pliegos de Prescripciones Técnicas de las obras, en particular los relativos a las construcciones promovidas por las Administraciones, pueden ser vehículos adecuados para la incorporación paulatina de los contenidos en las propuestas.



2. PROPUESTAS DE LA COMISIÓN PERMANENTE DEL HORMIGÓN PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN

Hormigones fluidos, de fácil puesta en obra, alcanzan fácilmente la resistencia a compresión exigida

2.1. Valor mínimo de la resistencia

Tal vez sea la revisión del Artículo 10.5 uno de los aportes más importantes del Grupo de Trabajo, ya que la novedad más importante es que se establece un valor mínimo de la resistencia característica a compresión (f_{ck}) 200 kp/cm² para hormigones en masa y 250 kp/cm² para hormigones armados.

La justificación que se aduce para recomendar el cambio se sustenta en los argumentos siguientes:

1. La Instrucción EH-68 establecía como hormigón más usual para armar el de resistencia característica a compresión igual a 180 kp/cm², valor que se redondeó a 175 kp/cm², en la edición del año 1973, y que se ha mantenido hasta la actual versión EH-91.

Debemos de ser conscientes que durante estos 25 últimos años se han producido importantes avances en las técnicas de fabricación y colocación del hormigón en nuestro país, así como en la calidad de los distintos componentes (cementos, áridos, aditivos, etc). Sin embargo estas mejoras técnicas no han sido acompañadas de una mayor calidad en la construcción, sino por el contrario, han proliferado daños estructurales y patológicos.

2. Hoy día, diseñar un hormigón de tipo H-175, obliga a incumplir los parámetros establecidos en la actual Instrucción, de: "contenido mínimo de cemento" (250 kg/m³), o rebasar la máxima relación "agua/cemento" (0,65). Ensayos de laboratorio ponen de manifiesto que hormigones dosificados con cemento tipo I-45A, que cumplen estrictamente las limitaciones establecidas para el ambiente tipo I, alcanzan normalmente los 250 kg/cm².

3. Como hemos comentado anteriormente, la durabilidad de un hormigón estructural no viene garantizada únicamente por una buena resistencia a compresión. Depende también de otros parámetros, la mayoría de los cuáles no son fácilmente controlables en el hormigón endurecido, como ocurre con el contenido de cemento o la relación agua/cemento, pero pueden determinarse indirectamente a través de la resistencia a compresión. Por ello, para garantizar que se cumplen las especificaciones establecidas, por razones de durabilidad, una garantía es elevar la especificación resistente hasta unos valores que hagan difícil transgredir tales limitaciones.

Por estas razones se incluye, en las recomendaciones de modificación de la Instrucción EH-91, una referencia a los edificios de viviendas de pequeña importancia, en los que se establezca un nivel de control reducido. Prescribiendo, en estos casos, un contenido de cemento mayor, para garantizar la adecuada resistencia del hormigón. Además se eleva el coeficiente de minoración de la resistencia (γ_c) a 2, limitando con ello la resistencia de cálculo a sólo 125 kp/cm², con el fin de que este tipo de control, que se consideraba marginal, vaya desapareciendo.

Recordemos que la actual Instrucción contempla estos casos, pensados para viviendas rurales (que no superan las dos plantas estructurales) y en los casos en que no era posible contar con una entidad de control. Pero la práctica se ha mostrado claramente negativa, al extenderse a importantes promociones de viviendas.

2.2 Ejecución

A) Dosificación del hormigón

Se pretende modificar el actual Artículo 14 de la Instrucción EH-91 en el sentido de no establecer un único contenido mínimo de cemento por metro cúbico del hormigón en función de que se trate de hormigón en masa o armado, sino indicar que dicho contenido mínimo está especificado, por razones de durabilidad, en función del ambiente a que va a estar sometido el elemento estructural.

Para ello se prevé un Artículo nuevo en el que se incrementan los tipos de ambiente a que puede estar expuesto el elemento, aunque los valores del contenido mínimo de cemento son básicamente los de la actual Instrucción, incrementándose los de hormigones en masa, para los ambientes menos agresivos, de manera que se mantengan siempre los valores por encima de los 200 kg/m³.

Los valores mínimos se incluyen en el Cuadro A.1, donde se fijan también la relación máxima de agua/cemento y los valores de aire ocluido permitidos: (véase cuadro A.1).

B) Hormigón fabricado en central. Documentación.

La recomendación, en este caso, es que se modifique el Artículo 15.2.7.2 de la actual EH-91, quedando en los siguientes términos: "Cada carga de **hormigón fabricado en central, tanto si está pertenece o no a las instalaciones de obra**, irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que figuren, como mínimo, los datos siguientes:

1. Nombre de la central de la fabricación del hormigón.
2. Número de serie de la hoja de suministro.
3. Fecha de entrega.
4. Nombre del utilizador.
5. Especificación del hormigón. (puede especificarse por propiedades o por dosificación)

Ambiente	Máxima relación agua / cemento (A/C)	Mínimo contenido de cemento (C) (kg/m ³)		Mínimo contenido de aire ocluido (%)	Necesidad de un hormigón impermeable
		Hormigón en masa	Hormigón armado		
I	0,65	200	250	-	NO
II	0,60	200	275	-	NO
II h	0,55	200	300	-	SI
II f	0,50	200	300	-	SI
III	0,55	200	300	-	SI
III h	0,50	200	300	-	SI
III f	0,50	200	325	-	SI
IV (*)	0,50	250	325	-	Si

a1) En el caso que el hormigón se designe por propiedades, debe especificarse:

- Designación de acuerdo con el Artículo 15.2.9.2.
- Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón, con una tolerancia de +/- 15 kg/m³.
- Relación agua/ cemento del hormigón, con una tolerancia de +/- 0,02.

a2) En el caso de que el hormigón se designe por dosificación:

- Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia +/- 0,02.
 - El tipo de ambiente de acuerdo al cuadro A.2. (véase cuadro A.2).
- b) Tipo, clase, categoría y marca del cemento.
- c) Consistencia y relación máxima agua/cemento.
- d) Tamaño máximo de árido.
- e) Tipo de aditivo, según UNE 83.200, si lo hubiere.
- f) Procedencia y cantidad de cenizas volantes si hubiese.

6. Designación específica del lugar de suministro (nombre y lugar).

7. Cantidad de hormigón que compone la carga, expresada en metros cúbicos de hormigón fresco.

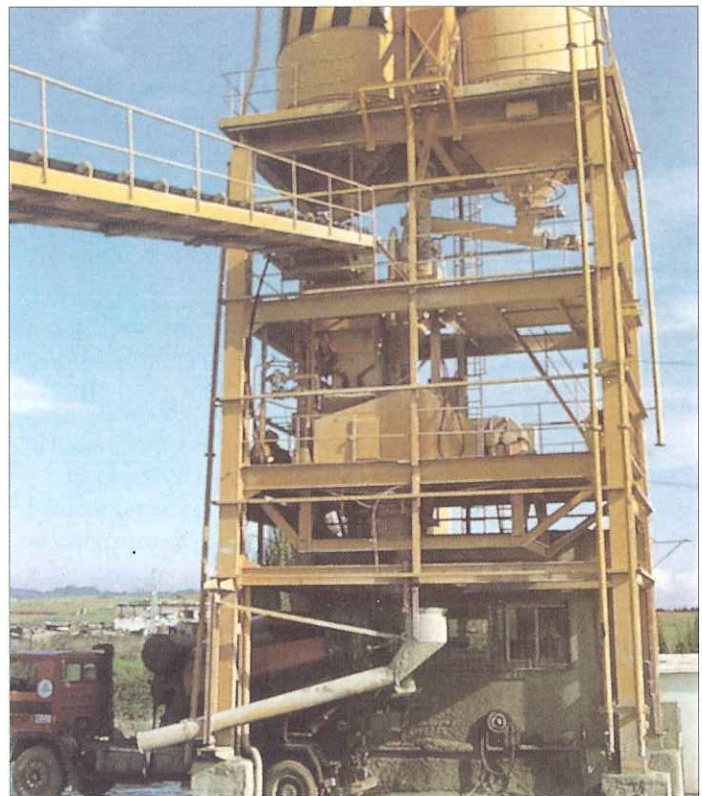
8. Hora que fue cargado el camión.

9. Identificación del camión.

10. Hora límite de uso para el hormigón.

Como se puede apreciar, la modificación principal afecta al Apartado a) del campo 5 de la hoja de suministro. Ya que se considera fundamental el informar de dos

Cuadro A1



parámetros del hormigón servido: el contenido de cemento y la relación agua/cemento.

En la EH-91 se establece que cuando el hormigón es solicitado por su resistencia, se debe indicar el contenido máximo y mínimo de cemento. Pero los suministradores han interpretado, casi con carácter general, que lo que debe figurar es el contenido mínimo y máximo reglamentario. Por lo que es habitual encontrarse con que el contenido mínimo de cemento es mencionado con un valor situado entre 150 (mínimo para el hormigón en masa) y 400 (máximo para evitar problemas térmicos). Naturalmente esta es una información vacía de contenido y redundante. Igualmente ocurre en el caso de la relación agua/cemento.

Por ello se recomienda que el nuevo

En la actualidad es habitual el empleo de hormigones fabricados en central

Clase de exposición		Designación	Condiciones ambientales	
No agresivo	AMBIENTE SECO		I	<ul style="list-style-type: none"> - Interiores de edificios - En exteriores de baja humedad (no se sobrepasa el 60% de humedad relativa más de 90 días al año).
	Agresivo	Ambiente húmedo	Sin heladas	II
Con heladas			II h	<ul style="list-style-type: none"> - Exteriores normales expuestos a la helada. - Elementos en contacto con aguas normales y expuestas a helada. - Elementos en contacto con terrenos ordinarios y expuestos a la helada.
Con heladas y utilización de fundentes			II f	<ul style="list-style-type: none"> - Exteriores normales expuestos a la helada y con utilización de agentes de deshielo (fundentes). - Elementos en contacto con agua normales, expuestos a la helada y con utilización de agentes de deshielo. - Elementos en contacto con terrenos ordinarios, expuestos a la helada y con utilización de agentes de deshielo.
Ambiente más agresivo		Sin heladas	III	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos en atmósfera industrial agresiva. - Elementos en atmósfera marina. - Elementos en contacto con aguas salina o ligeramente ácidas.
		Con heladas	III h	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos en atmósfera industrial agresiva expuestos a la helada. - Elementos en atmósfera marina expuestos a la helada. - Elementos en contacto con aguas salinas o ligeramente ácidas expuestos a la helada.
		Con heladas y utilización de fundentes	III f	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos en atmósfera industrial agresiva expuestos a la helada y con utilización de agentes de deshielo. - Elementos en atmósfera marina expuestos a la helada y con utilización de agentes de deshielo. - Elementos en contacto con agua salina o ligeramente ácida expuesto a la helada y con utilización de agentes de deshielo.
Ambiente químicamente agresivo		IV	Ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración química del hormigón.	

texto corrija ambas omisiones. La hoja de suministro debe incluir el contenido mínimo de cemento por metro cúbico del hormigón, con una incertidumbre máxima de 15 kg/m³ y la relación agua/cemento con una incertidumbre máxima de 0,02.

C) Hormigón preparado. Designación y características.

Lógicamente la variación del Artículo anterior obliga, así mismo a variar el 15.2.9.2 que en la revisión quedaría: El hormigón preparado podrá designarse

Cuadro A2

por **propiedades o por dosificación.**

En ambos casos deberá especificarse como mínimo:

- La consistencia.
- El tamaño máximo de árido.
- El tipo de ambiente al que va a estar expuesto el hormigón.

- La indicación de si el hormigón va a ser utilizado en masa o armado.

Además, para los hormigones designados por **propiedades** se especificará su resistencia característica a compresión y para los designados por **dosificación**, su contenido en cemento,

expresado en kg por m³ de hormigón.

Cuando la designación del hormigón fuese por propiedades, el suministrador establecerá la composición de la mezcla del hormigón, garantizado al peticionario las características especificadas de tamaño máximo del árido, consistencia y resistencia característica, **así como el cumplimiento de las limitaciones derivadas del tipo de ambiente especificado (contenido de cemento y relación agua/cemento).**

Debe ser así, porque en la actual redacción del Apartado 15.2.9.2 de la EH-91, se señala que el hormigón puede ser especificado al suministrador por resistencia o por dosificación. La diferencia con la propuesta estriba en los datos que se proporcionan al suministrador y en quién reside la responsabilidad en caso de no alcanzarse el objetivo.

Cuando el hormigón se especifica por resistencia, el utilizador le indica al suministrador qué resistencia desea para el hormigón endurecido a los 28 días de edad y qué características del hormigón fresco desea para su puesta en obra (consistencia y tamaño máximo del árido). En este caso es responsabilidad del suministrador emplear la fórmula que considere más oportuna para alcanzar la resistencia especificada. En el supuesto de solicitar el hormigón por dosificación, el utilizador proporciona al suministrador la fórmula de los componentes y éste sólo es responsable de que figuren las cantidades indicadas.

Estas disposiciones han sido utilizadas de tal modo por unos y otros que el resultado práctico ha sido la producción masiva de hormigón que, cumpliendo con la especificación de resistencia, no contiene las cantidades de cemento (o la relación agua/cemento) que exige el menos agresivo de los ambientes considerados por la Instrucción.

2.3. Recubrimientos mínimos

En lo referente a recubrimientos de las armaduras se recomienda la creación de un Artículo nuevo basado en los



Suministro de hormigón preparado

contenidos del actual, de la EH-91, 13.3 "Distancia a los paramentos".

El objetivo que persigue la propuesta, básicamente consiste en su incorporación al conjunto de las especificaciones relacionadas con la durabilidad, garantizando un adecuado comportamiento del elemento estructural frente a los procesos de degradación.

Así el nuevo Artículo quedaría redactado:

24.5.1. Recubrimientos mínimos

El recubrimiento del hormigón es la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie exterior del hormigón más cercana.

Se observarán los siguientes recubrimientos mínimos:

a) Cuando se trata de armaduras principales, la distancia libre entre cualquier punto de la superficie lateral de una barra y el paramento más próximo de la pieza será igual o superior al diámetro de dicha barra (o diámetro equivalente si se trata de grupo de barras) y a 0,80 veces el tamaño máximo del árido, salvo que la disposición de armaduras respecto a los paramentos dificulte el paso del hormigón, en cuyo caso se tomará 1,25 veces el tamaño máximo del árido.

b) Para cualquier clase de armaduras

Tipo de exposición ambiental	$250 \leq f_{ck} < 400$	$f_{ck} \geq 400$	$250 \leq f_{ck} < 400$	$f_{ck} \geq 400$
I	20	15	15	15
II	25	20	20	20
IIIh	25	20	20	20
III f	30	25	25	25
III	35	30	30	25
IIIh	35	30	30	25
IIIF	40	35	(**)	(**)
IV	(*)	(*)	(*)	(*)

(incluso estribos), la distancia mencionada en el párrafo anterior no será inferior a los valores recogidos en el Cuadro A.3 en función del tipo de exposición ambiental, según lo indicado en el Cuadro A.2. (véase Cuadro A.3).

c) La distancia libre de los paramentos a las barras dobladas no será inferior a dos diámetros, medida en dirección perpendicular al plano de la curva.

d) Cuando por exigencias de cualquier tipo, (durabilidad, protección frente a incendios o utilización de grupos de barras) el recubrimiento sea superior a 40 mm deberá colocarse una malla de reparto en medio del espesor del recubrimiento en la zona de tracción con una cuantía geométrica del 5% del área del recubrimiento para barras o grupos de barras de diámetro (o diámetro equivalente) igual o inferior a 32 mm, y del 10 % para diámetros (o diámetros equivalentes) superior de 32 mm.

e) En piezas hormigonadas contra el terreno el recubrimiento mínimo será 70 mm, salvo que se haya preparado el terreno y dispuesto un hormigón de limpieza, en cuyo caso bastarán 40 mm. No rige en este caso lo previsto en el apartado d).

Como vemos la mayor novedad que se pretende introducir es la adopción del

término "recubrimiento" frente a la actual expresión de "distancia a paramentos".

Para conseguir el objetivo se introduce otro nuevo Artículo que reflejamos seguidamente:

24.5.2. Disposiciones de separadores

Los recubrimientos mínimos indicados en 24.5.1 deberán garantizarse mediante la disposición de los correspondientes elementos colocados en obra. Estos calzos o separadores de las armaduras respecto a los encofrados, ya sean provisionales o definitivos, deberán ser de hormigón, plástico rígido o material similar y haber sido específicamente diseñados para este fin. Se prohíbe el empleo de madera así como de cualquier material residual de construcción, aunque sea hormigón en el caso de que puedan ser vistos, se prohíbe así mismo el empleo de materiales metálicos.

Si los separadores son de hormigón, éste deberá ser en cuanto a resistencia, permeabilidad, higroscopicidad, dilatación térmica, etc., de una calidad comparable a la del utilizado en la construcción de la pieza. Análogamente, si son de mortero deberá ser semejante a la del mortero contenido en el hormigón de la obra.

Cuando se utilicen separadores de plástico, para asegurar su buen enlace con el hormigón de la pieza, aquellos deberán presentar orificios cuya sección total sea al menos equivalente al 25 % de la superficie total del separador.

Es, como podemos comprobar, una de las grandes novedades que se incluyen en la propuesta de modificación de la Instrucción. Se establecen los criterios para la elección del separador y se incluyen unos criterios para su disposición que, básicamente coinciden con lo recomendado por el CEB en su documento sobre separadores (Grupo Español del Hormigón.

"Recomendaciones CEB para separadores, calzos y atado de armaduras". Comisión VII. GT VII/7 del G.E.H.O. Boletín GEHO nº 9 de noviembre de 1992). ▲

Cuadro A-3

En Barclays colaboramos con el Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla ofreciendo productos y servicios financieros adaptados a las necesidades concretas de sus profesionales.

Respuestas constructivas Barclays.

Para todos sus proyectos, Barclays es su banco.

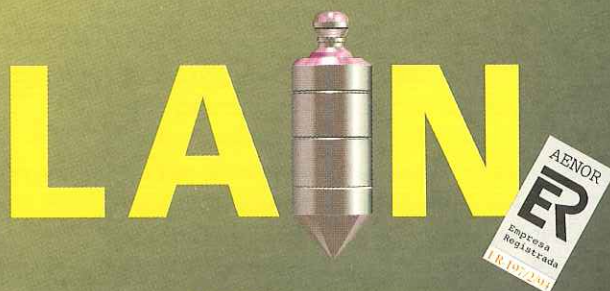


**ESTILO
PROPIO**

Un estilo propio de trabajo y de servicio a la medida del hombre.

Un estilo propio de construir edificios, carreteras, puentes, presas, ferrocarriles, aeropuertos ...

Obras hechas con la calidad y la experiencia de más de 25 años de actividad en toda Europa.



OFICINAS CENTRALES
Arturo Soria 336 - 28033 MADRID
Tfno.: 91/ 383 97 00 - Fax:91/ 383 19 12