

manual

de

consejos

prácticos

sobre

hormigón

ES UN OBSEQUIO DE:

EDICIONES DEL MANUAL

Primera edición	(Hojas sueltas)	20.000
Segunda edición	(Folleto) — 1978	10.000
Tercera edición	" — 1979	10.000
Cuarta edición	" — 1980	6.000
Quinta edición	" — 1981	5.000
Sexta edición	" — 1982	3.000
Séptima edición	" — 1983	3.000
Octava edición	" — 1984	3.000

PRESENTACION

LA ASOCIACION NACIONAL ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE HORMIGON PREPARADO (ANEFHOP) y LA AGRUPACION DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA (OFICEMEN) acometieron en 1975 la preparación de este Manual que en su etapa inicial se publicó en forma de hojas sueltas para pasar, a partir de 1978, a su formato actual.

Los 45.000 ejemplares, ya repartidos, del mismo, lo convierten sin duda en un "*Best Seller*" Técnico de nuestro país y su éxito ha traspasado sus fronteras ya que se han recibido peticiones del mismo de casi todos los países de habla hispana.

Redactado para ser utilizado principalmente por el personal de obra, ha sido solicitado por innumerables titulados medios y superiores y se utiliza como texto recomendado en numerosas Escuelas Técnicas de España y de Iberoamérica.

ANEFHOP y OFICEMEN ofrecen nuevamente a los técnicos y responsables de la Construcción este Manual, en el que se han actualizado varios de sus capítulos, como herramienta para conseguir hormigones terminados de buena calidad.

También ofrecemos otras publicaciones que desarrollan algunos temas con más detalle:

- La manera correcta de confeccionar probetas de Hormigón
- La manera correcta de controlar el Hormigón
- La manera correcta de calcular el costo del Hormigón

que pueden ser solicitados a ANEFHOP u OFICEMEN.

Una vez más, felicitamos al Director Técnico de ANEFHOP, Javier Martínez de Eulate que coordinando valiosas colaboraciones, ha redactado la obra y a Bernardo Petit que con el "aditivo" de sus dibujos ha "fluidificado" el texto.

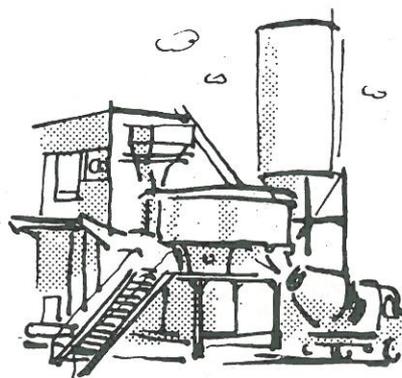
ANEFHOP

OFICEMEN

índice

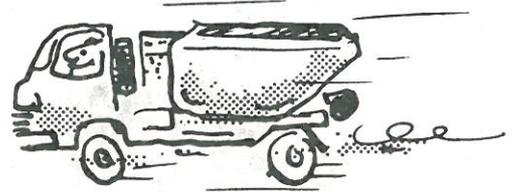


0. Índice.
1. Características del buen hormigón.
2. Tipos de cemento y sus usos.
3. Áridos.
4. ¿Es buena toda clase de agua para hacer hormigón?
5. Aditivos: Tipos y usos.
6. Resistencia del hormigón: Su medida.
7. Forma correcta de tomar muestras del hormigón fresco.
8. Manera correcta de realizar la medida de la consistencia en el cono de Abrams.
9. Cómo deben hacerse, conservarse y romperse las probetas de hormigón.
10. Cómo reconocer una mala fabricación de probetas de hormigón.
11. Forma correcta de tomar muestras de cemento.
12. Forma correcta de tomar muestras de áridos.
13. Forma correcta de tomar muestras de agua y aditivos.
14. Cómo pedir hormigón preparado.
15. Cómo deben ser los morteros de cemento,
16. El agua de amasado eleva el costo del hormigón.
17. Algunas ideas básicas sobre hormigón de alta resistencia inicial.

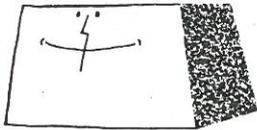




18. Ideas básicas sobre la durabilidad del hormigón.
19. El cuidado en la colocación y compactación del hormigón, indispensable para una buena estructura de hormigón.
20. Cómo afecta la temperatura del hormigón a su resistencia.
21. Una guía para hormigonar en verano.
22. Hormigonado en tiempo frío.
23. Encofrados: un factor básico para obtener una buena estructura de hormigón.
24. ¿Cuándo se debe desencofrar?
25. Fisuras: el problema peor entendido en el hormigón.
26. Por qué aparecen fisuras.
27. Cómo evitar fisuras en superficies de hormigón.
28. Las juntas en el hormigón pueden evitar la fisuración.
29. Cómo reparar los defectos superficiales en el hormigón.
30. Cómo evitar los huecos en la superficie del hormigón.
31. Eflorescencias en el hormigón.
32. Cómo evitar manchas en las superficies de hormigón.
33. Cómo prevenir defectos en las cimentaciones.
34. Ensayos no destructivos.
35. Armaduras: Tipos y usos.
36. Anclaje y empalme de armaduras.
37. Forma correcta de tomar muestras de armaduras.



características del buen hormigón



Las características que debe presentar el hormigón se pueden dividir en dos grupos:

- Características del hormigón fresco, mientras permanece en estado plástico.
- Características del hormigón endurecido.

hormigón fresco

Al pedir hormigón, se exige de él una serie de condiciones según el tipo de obra en que se va a emplear. Si para dicha obra ese hormigón resulta manejable, transportable y fácilmente colocable, sin perder su homogeneidad, diremos que este hormigón es dócil.

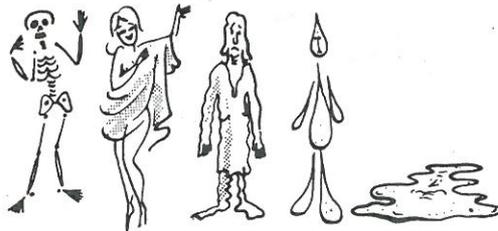
Para que un hormigón tenga la docilidad requerida debe de presentar una consistencia y una cohesión adecuadas.

La facilidad con que un hormigón se deforma nos da la medida de consistencia. La instrucción EH-80 indica que la consistencia del hormigón se medirá por el asiento en el cono de Abrams.

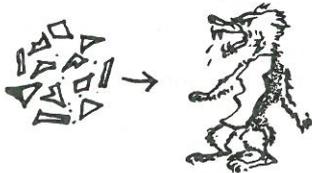
La consistencia puede ser seca, plástica, blanda o flúida, según el valor del asiento de la muestra de hormigón.

La facilidad con que un hormigón es capaz de segregarse nos da una idea de su cohesión.

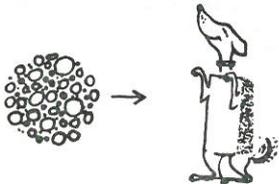
Las mezclas muy cohesivas, que llamaremos viscosas, no se segregan fácilmente; las mezclas poco cohesivas presentan una gran tendencia a segregarse.



factores que afectan a la docilidad de un hormigón ■



Los áridos de formas alargadas y con aristas producen un hormigón poco dócil. Si no se puede disponer de otro tipo de áridos, se recomienda usar mezclas más ricas en cemento y arena. Los hormigones fabricados con áridos de machaqueo son menos dóciles que los fabricados con áridos naturales. La docilidad se ve muy afectada por la forma de los áridos y especialmente de la arena.

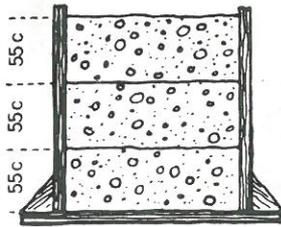


La cantidad de cemento influye en la docilidad del hormigón, aumentando ésta al incrementar aquel valor.

El uso adecuado de elementos adicionales, el tiempo de amasado y la hormigonera, son factores a tener en cuenta para mejorar la docilidad del hormigón.

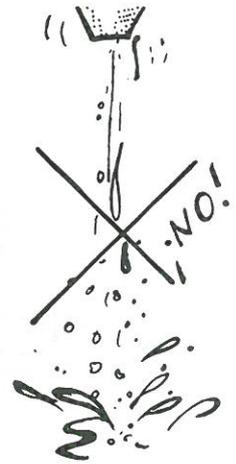
■ puesta en obra del hormigón

El hormigón, una vez colocado, debe ser homogéneo, compacto y uniforme.



¿Cómo conseguir un hormigonado homogéneo?

Hormigonando verticalmente, sin movimientos horizontales de la masa y evitando que el hormigón caiga desde gran altura. El espesor de las tongadas horizontales será inferior a 60 cms. consolidando cada tongada sin dejar transcurrir mucho tiempo entre capa y capa para evitar que comience el fraguado.



¿Cómo conseguir un hormigón compacto?

Consolidando el hormigón de acuerdo con su consistencia y tipo de obra.

Picado por barra, para obras de consistencia blanda.

Compactación por apisonado, en estructuras de poco espesor, con consistencias blanda o plástica. La compactación se hará por capas de 15 a 20 cms.

Compactación por vibrador para hormigones secos y plásticos.



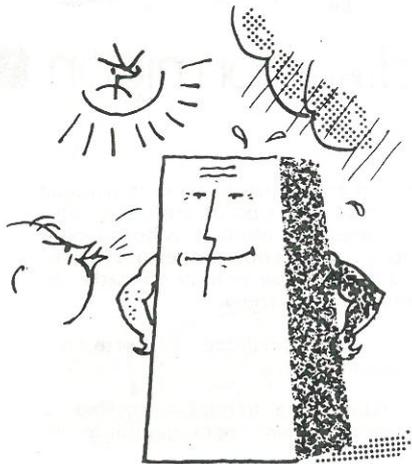
¿Cómo conseguir un hormigón uniforme?

Regando moldes y encofrados antes de verter el hormigón para que no absorban agua. Vigilando la estanqueidad de los encofrados para que no se salga la lechada de cemento. Colocando el hormigón más seco en la cabeza de los pilares por la tendencia que tiene el agua a elevarse.

Impidiendo que el hormigón, una vez vertido, pierda el agua necesaria para la hidratación del cemento y posterior endurecimiento.

Manteniendo el curado durante un período de siete días.

No regar la superficie del hormigón antes de su fraguado.



hormigón endurecido ■

Un hormigón será bueno si es durable. La durabilidad expresa la resistencia al medio ambiente.

La impermeabilidad, directamente relacionada con la durabilidad, se consigue con la consolidación, relación agua/cemento adecuada y curado convenientes, según el lugar donde se encuentre la obra.

El ensayo de resistencia es el más importante de los aplicados al hormigón y constituye la base para determinar la calidad del producto. Por lo general, un hormigón de resistencia elevada es un buen hormigón.

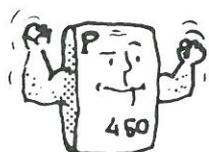
tipos de cemento y SUS USOS

Los cementos son conglomerantes que, amasados con agua, fraguan y endurecen, tanto expuestos al aire, como sumergidos en agua, por ser los productos de su hidratación estables en tales condiciones.



Los cementos se clasifican en tres órdenes sucesivos, que se denominan tipos, clases y categorías. Cada cemento tiene una denominación y una designación. El número que figura en la denominación y designación indica la categoría y corresponde a la resistencia a compresión en kilopondios por centímetro cuadrado que se exige a los veintiocho días al mortero normal.

Los tipos de cemento que se contienen en el vigente Pliego para la Recepción de Cementos (RC-75) son los siguientes:



CUADRO N.º 1

TIPOS	CLASES	CATEGORIAS	DESIGNACIONES
PORTLAND: Se obtiene por molturación conjunta de su clinker y de la cantidad adecuada de regulador de fraguado.		350	P-350
		450	P-450
		550	P-550
PORTLAND CON ADICIONES ACTIVAS: Se obtiene por molturación conjunta de clinker de cemento portland y regulador de fraguado, en proporción superior o igual al 80 por 100 en peso y escoria siderúrgica, puzolana o ambas en proporción igual o inferior al 20 por 100 en peso.		350	PA-350
		450	PA-450
		550	PA-550
SIDERURGICO: Se obtiene por molturación conjunta de clinker de cemento portland y regulador de fraguado, en proporción superior al 20 por 100 e inferior al 80 por 100 en peso y escoria siderúrgica en proporción inferior al 80 por 100 y superior al 20 por 100 en peso.	I	350	S-I-350
		450	S-I-450
	II	350	S-II-350
		250	S-III-250
	III	350	S-III-350

PUZOLANICO: Se obtiene por molturación conjunta de clinker de cemento portland y regulador de fraguado, en proporción inferior al 80 por 100 en peso y puzolana en proporción superior al 20 por 100 en peso.	I	250 350 450	PUZ-I-250 PUZ-I-350 PUZ-I-450
	II	250 350 450	PUZ-II-250 PUZ-II-350 PUZ-II-450
COMPUESTO: Se obtiene por molturación conjunta de un clinker de cemento portland y regulador de fraguado en proporción igual o superior al 65 por 100 en peso y adiciones inertes en proporción igual o inferior al 35 por ciento en peso.		200	C-200
ALUMINOSO: Se obtiene por molturación de su clinker.		550	A-550
NATURAL: Se obtiene por molturación de clinker de cemento natural.	LENTO	30 80	NL-30 NL-80
	RAPIDO	20	NR-20

El Pliego RC-75, incluye también cementos que, perteneciendo necesariamente a algunos de los tipos anteriores, presentan cualidades adicionales.

CUADRO N° 2

TIPO	Cementos de alta resistencia inicial	Cementos portland resistentes al yeso	Cementos de bajo calor de hidratación	Cementos blancos
	CLASES Y CATEGORIAS			
Portland	P-350-ARI P-450-ARI P-550-ARI	P-350-Y P-450-Y P-550-Y	P-350-BC	P-350-B P-450-B P-550-B
Compuesto				C-200-B

La normalización de estas propiedades adicionales en el cemento tipo Portland no implica que no puedan poseer las mismas propiedades, cementos de otros tipos.

Los cementos compuestos y naturales, no son aptos para elementos y estructuras resistentes de hormigón.

áridos

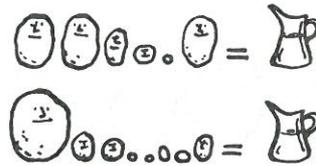
forma y tamaño de los áridos



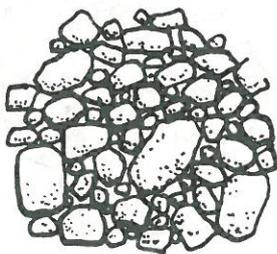
La composición, forma y tamaño de los áridos influyen sobre la resistencia y calidad del hormigón. Su influencia viene determinada indirectamente por la cantidad de agua que es necesario añadir a la mezcla para obtener la docilidad y compactación necesarias.

Se llama superficie específica del árido, a la superficie por kilogramo de los áridos. Esta superficie es mayor o menor según el tamaño de los áridos. Cuando los áridos son pequeños su superficie es más elevada que cuando se trata de áridos gruesos.

Si se mantiene el valor de la superficie específica del árido, la cantidad de agua que es necesaria para una docilidad y resistencia determinadas permanece constante, independientemente de la granulometría.



¿Cómo conseguir una granulometría compacta?



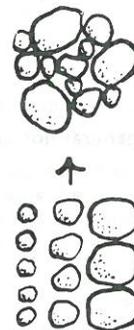
Cuanto más pequeño sea el tamaño del árido tanto mayor será su superficie específica; se debe tender, por tanto a alcanzar un tamaño máximo de árido, tan elevado como sea posible, e ir disminuyendo el tamaño de forma que los huecos comprendidos entre el árido grueso se vayan llenando con la mínima cantidad de árido fino.

Este proceso no se puede llevar a cabo de una manera rigurosa, ya que un árido clasificado de esta manera conduciría a una estructura muy poco cohesiva, por lo que un ligero exceso de finos es necesario.

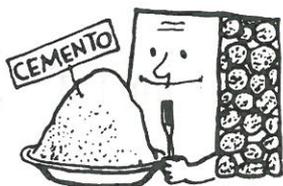
¿Cómo dosificar los áridos?

Hay que separar el árido grueso en diferentes tamaños, para luego mezclarlo en las proporciones convenientes. El árido fino se suele combinar según dos tipos de arena.

Una clasificación muy precisa de áridos se debe mirar siempre desde el punto de vista técnico-económico, contrapesando el coste de la clasificación de los áridos frente a la calidad obtenida en el hormigón.



¿Cómo debe ser la forma de los áridos?



Si se emplean áridos gruesos de formas inadecuadas, la cantidad de cemento necesaria para obtener una buena resistencia es elevada.

Estas formas inadecuadas son las de tipo lajoso y su proporción en la mezcla se limita por el coeficiente de forma de la grava.



Se entiende por coeficiente de forma de un árido el obtenido a partir de un conjunto de granos, según la relación entre la suma de sus volúmenes y la suma de los volúmenes de las esferas circunscritas a cada grano.

La instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa y armado prescribe que el valor del coeficiente de forma no debe ser inferior a 0,15.

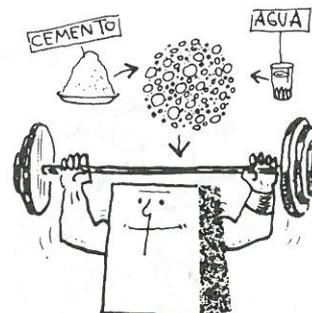
¿Cómo debe ser la superficie de los áridos?

La rugosidad de un árido se conoce como su textura. Una textura muy rugosa necesita una elevada proporción de finos para mejorar su docilidad.

La unión entre la pasta de cemento y los áridos es tanto menor cuanto más lisa sea la superficie de los áridos; por esto para obtener elevadas resistencias es conveniente utilizar áridos de superficie granular.



Por esto, y cuando el criterio de calidad de un hormigón se establece por el valor de su resistencia a compresión para resistencias normales el empleo de áridos rodados facilita el obtener hormigones dóciles.



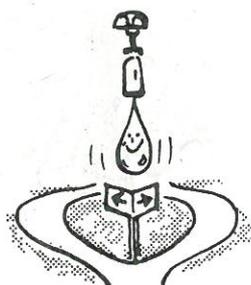
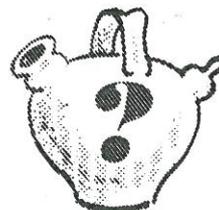
¿Qué características deben reunir los áridos?

- No deben tener arcillas, limos y materias orgánicas.
- En general, los áridos de baja densidad son poco resistentes y porosos.
- La humedad de los áridos tiene gran importancia en la dosificación del hormigón, sobre todo si se dosifica en volumen, ya que existe un entumecimiento del árido que aumenta su volumen. Este aumento es considerable en las arenas. Al dosificar el agua de amasado hay que tener en cuenta la humedad de los áridos.
- La arena de mina contiene demasiada arcilla y es necesario lavarla para su empleo en hormigón armado.
- Las arenas de mar, lavadas con agua dulce, se pueden emplear en hormigón armado.

¿es buena toda clase de agua para hacer hormigón?

Como regla general se puede decir que son aptas para el amasado y curado del hormigón la mayor parte de las aguas potables.

No se puede establecer por tanto de una manera absoluta que la condición de potabilidad de un agua sea condición necesaria y suficiente de idoneidad para el amasado de un hormigón. Igualmente hay aguas insalubres que son válidas para este fin.



Por ello podemos dar dos caminos para identificar la bondad de un agua. El primero será comprobar que en dos series de ensayos, uno de los cuales se ha realizado con agua aceptada por la práctica como buena y la otra con el agua objeto de ensayo, la segunda no da una resistencia inferior al 90 % de la resistencia de la primera.

El segundo camino consiste en dar unos valores límites a los resultados de un análisis químico del agua.

Los dos caminos han de conducir a la misma solución.

En la vigente Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa y armado, se especifica que cuando no se posean antecedentes de utilización o en caso de duda deberán analizarse las aguas, y salvo justificación especial de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse todas las que no cumplan lo siguiente:

DETERMINACION

pH
Sustancias disueltas
Sulfatos
Sustancias orgánicas
solubles en éter
Ion cloro
Hidratos de carbono

LIMITACION

≤ 5
 ≤ 15 gr./litro
 ≤ 1 gr./litro
 ≤ 15 gr./litro
 ≤ 6 gr./litro
No deben contener



Resulta más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas en su curado que en su amasado.

Por ello y aún a costa de una pérdida de resistencia que se comprueba vale un 15 % aproximadamente, el agua de mar se puede utilizar para amasar hormigones que no vayan a ir armados, pero no para su curado.

Cuando el abastecimiento de agua para la fabricación de hormigones provenga de pozos, conviene analizar sistemáticamente estas aguas para comprobar que no aumenta su salinidad e impurezas a lo largo del tiempo.



La limitación del contenido máximo de cloruros expresados en ion cloro es una medida preventiva contra posibles acciones corrosivas sobre las armaduras que pueden producir mermas en la sección de estas, fisuraciones y disminución de adherencia.



Cuando se trate de hormigón en masa, por tanto, el límite establecido puede ampliarse, elevándolo del orden de tres o cuatro veces.

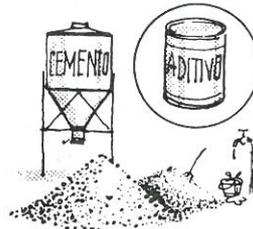
En las sustancias orgánicas solubles de éter quedan incluidos, no solo los aceites y las grasas de cualquier origen, sino también otras sustancias que puedan afectar desfavorablemente al fraguado y/o endurecimiento hidráulicos.

En obras ubicadas en ambientes muy secos, que favorecen la posible presencia de fenómenos expansivos de cristalización, resulta recomendable restringir aún más la limitación relativa a sustancias solubles.

aditivos: tipos y usos

Se llaman aditivos a todos aquellos productos que se añaden a los componentes del hormigón en el momento del amasado, y cuyo objeto es modificar alguna de sus propiedades.

Hay aditivos que modifican las propiedades del hormigón cuando éste se encuentra en estado fresco, otros que actúan durante la fase de fraguado y endurecimiento y otros que modifican alguna propiedad del hormigón endurecido.



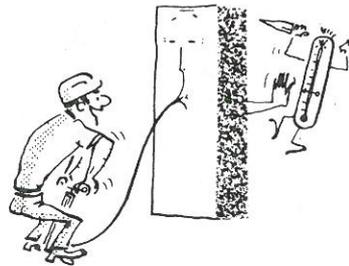
Aditivos que modifican las propiedades del hormigón fresco



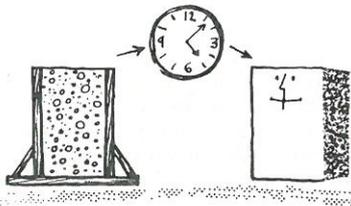
En este grupo se encuentran los plastificantes. Producen en la mezcla fresca una elevación de la cohesión, conservando su homogeneidad y disminuyendo su deformabilidad. En los hormigones pobres en cemento aumentan la compacidad.

El tratamiento con estos aditivos conduce, en general, a hormigones más plásticos, menos segregables y más dóciles. La cantidad de agua de amasado es menor, y su resistencia aumenta.

Otro grupo de aditivos que actúa en el hormigón fresco es el de los aireantes, que tienen por objeto ocluir uniformemente en la masa del hormigón un elevado número de burbujas de aire. El fin perseguido es cortar la red capilar, obteniendo hormigones más resistentes a las heladas.

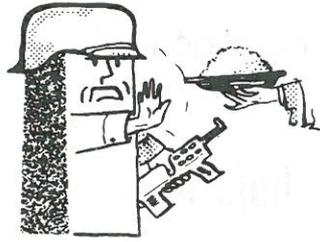


Aditivos que modifican las propiedades del hormigón durante el período de fraguado y endurecimiento



Los retardadores de fraguado aumentan el tiempo durante el cual el hormigón se mantiene en estado plástico.

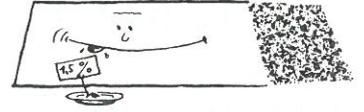
Por el contrario, los aceleradores de fraguado disminuyen el tiempo que transcurre entre el estado plástico y el sólido.



Entre los aceleradores se encuentra el carbonato sódico y algunos cloruros.

Los aceleradores de endurecimiento incrementan el desarrollo de las resistencias iniciales, reduciendo los tiempos de desencofrado.

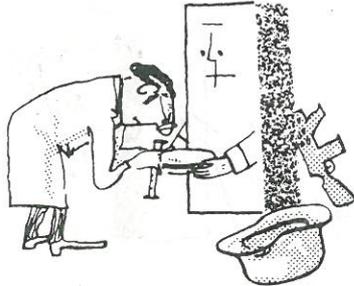
En hormigón en masa suele resultar beneficioso el empleo del cloruro cálcico como acelerador de endurecimiento, si se utiliza en las debidas proporciones (del 1,5 al 2 por 100 del peso conglomerante). Sin embargo, en los hormigones que vayan a ir armados su presencia a veces provoca y siempre favorece el fenómeno de la corrosión de las armaduras.



Los anticongelantes son productos que disminuyen considerablemente el punto de congelación del agua de amasado, sin actuar en las velocidades de fraguado y endurecimiento. Los aceleradores de endurecimiento también se pueden emplear para hormigonar en tiempo frío, si bien no disminuyen tanto el punto de congelación del agua.

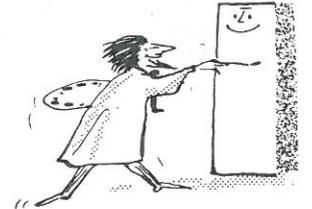
Aditivos que modifican las propiedades del hormigón endurecido

Existe una gran variedad de productos que reducen la permeabilidad del hormigón endurecido. Este efecto se consigue aumentando la compacidad, bien disminuyendo la red capilar, bien cortando dicha red por medio de burbujas de aire o partículas muy finas. No es recomendable su adición de hormigones que vayan a ir armados, debiendo en este caso, para conseguir una buena impermeabilidad, estudiar cuidadosamente la dosificación y utilizar los medios más adecuados de puesta en obra.



Existe otra gran variedad de aditivos con aplicaciones específicas, entre los que se encuentran los anticorrosivos, los colorantes, etc.

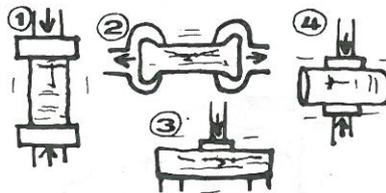
Se deberá tener siempre en cuenta cuando se vayan a utilizar aditivos, lo prescrito en la vigente Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa y armado.



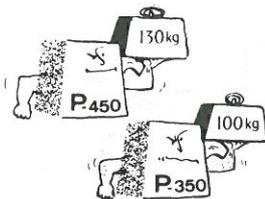
“Podrá autorizarse el empleo de todo tipo de productos de adición, siempre que se justifique, mediante los oportunos ensayos, que la sustancia agregada en las proporciones previstas produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las restantes características del hormigón ni representar un peligro para las armaduras”.

resistencia del hormigón: su medida

La resistencia del hormigón se puede medir a compresión, tracción, flexión y tracción indirecta. Por lo general el control del hormigón se realiza por ensayos de rotura a compresión. Hay casos, sin embargo, en los que el ensayo de flexión es más apropiado por reflejar más fielmente las condiciones de trabajo del hormigón, como puede ser el caso de los hormigones empleados en la construcción de carreteras.



Cómo influyen los materiales en la resistencia del hormigón



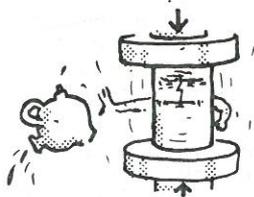
La calidad de cemento mejora la resistencia del hormigón a igualdad de todo lo demás. Un cemento P-450 produce un aumento en el valor de la resistencia, con respecto al valor que se obtendría con un P-350. La calidad del agua puede influir en la resistencia al perturbar el fraguado y endurecimiento.

Las sustancias perjudiciales en los áridos disminuyen la resistencia del hormigón.

Se deberá comprobar en cada caso que el uso de aditivos no altera el valor de la resistencia del hormigón.



Cómo influye la dosificación



El valor de la resistencia a compresión aumenta, al disminuir la relación agua/cemento.

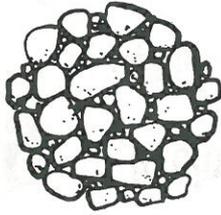
La resistencia aumenta con la cantidad de cemento. La cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 150 Kgs. en el caso de hormigones en masa; de 200 Kgs. en el caso de hormigones ligeramente armados y de 250 Kgs. en el caso de hormigones armados.



La cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 400 kilogramos. Se podrá superar dicho límite en casos excepcionales, previa justificación experimental y autorización expresa del Director de Obra.

El peligro de emplear mezclas muy ricas en cemento, reside en los fuertes valores que, en tales casos, pueden alcanzar la retracción y el calor de fraguado en las primeras edades. Por ello se admite rebasar la cifra de 400 Kgs. en circunstancias especiales, en las que se cuidan y controlan al máximo todos los detalles relativos a materiales, granulometrías, dosificación, ejecución y curado final.

Aun en los casos excepcionales, no es aconsejable una dosificación de cemento superior a los 500 Kgs./m³, salvo lo que contemplan para estos casos la EP-77 y la PG-3.

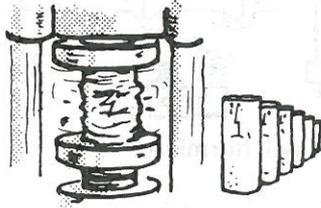


La resistencia del hormigón disminuye al aumentar la cantidad de agua. Los áridos se han de dosificar con objeto de que su granulometría dé un volumen de huecos mínimo, con una superficie específica mínima.

Cómo influye el método de fabricación y puesta en obra

Un tiempo de amasado largo aumenta el valor de la resistencia, aunque puede producir segregaciones. La resistencia del hormigón varía en función de las precauciones tomadas durante su curado.

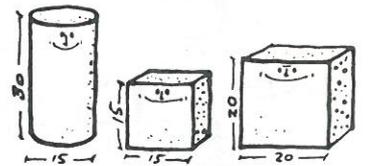
Cómo influye el método de ensayo



El tipo de probeta empleado en los ensayos de rotura a compresión influye en el valor de la resistencia. Las probetas normalmente empleadas son las cilíndricas de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura. Las probetas cúbicas suelen ser de 15 cm. y 20 cm. de arista.

La resistencia aumenta con la velocidad de carga de la prensa, con la edad del hormigón y con la temperatura de conservación de las probetas (ver refrentado deficiente en la hoja n°. 10).

Vistos los factores que influyen en la resistencia de hormigón, vamos a determinar el valor de su resistencia a compresión.



Supongamos que tenemos n probetas y las rompemos a compresión según un ensayo normalizado, obteniendo n resultados. ¿Qué valor damos a la resistencia del hormigón a compresión?

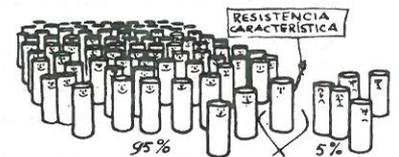


A primera vista parece lógico pensar que la resistencia de ese hormigón será el valor medio de los n valores de rotura, ya que la probabilidad de que se presente un valor bajo es la misma de que se presente un valor alto. Este valor medio es el que nos daría un laboratorio, que busca la carga unitaria de rotura del material.

Pero el punto de vista del proyectista de estructuras de hormigón no es éste, ya que no es posible la compensación de resistencia entre los diversos puntos de una estructura, de igual forma que en una cadena no se compensan los eslabones resistentes con los débiles. Por tanto, existe una mayor probabilidad de fallo en los puntos donde la resistencia es inferior a la media. Definimos como resistencia característica el resultado de la distinta ponderación de los n resultados.

Se entiende por resistencia característica de un hormigón (supuesto representado por una serie de probetas, cuyas cargas de rotura se distribuyen según una ley normal) a aquella que tiene una probabilidad del 95 por 100 de ser superada, o, lo que es lo mismo, un 5 por 100 de probabilidades de que se presenten valores inferiores a ella.

El valor de la resistencia característica de un hormigón se deducirá de los estimadores que se indican en la vigente instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa y armado.



manera correcta de tomar muestras de hormigón fresco

(Ver UNE 41.118)

La etapa más crítica en el ensayo del hormigón es la primera: la obtención de la muestra.

Un error en este punto hace a los resultados finales falsos e inútiles. No es una exageración señalar la influencia de este factor sobre la reputación del contratista, si hace él su hormigón, o sobre la industria del hormigón preparado o sobre el hormigón como material de construcción.

El fabricante de hormigón preparado responsable vende su producto sobre la base de la calidad. Su producto es suministrado a las obras con los ingredientes y amasado requeridos para producir una cierta resistencia. Cuando las muestras de hormigón se toman en las obras de forma adecuada, se obtendrá los resultados especificados, pero con demasiada frecuencia las muestras para los ensayos se toman sin cuidado, y los resultados no indicarán la calidad del hormigón que se están ensayando. Los resultados no pueden ser mejores que la muestra.



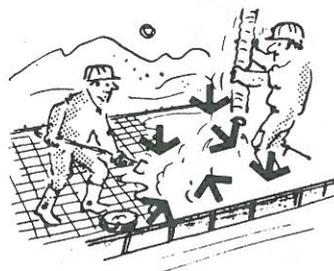
cuándo y cómo se tomarán las muestras



Para obtener las muestras de hormigón, se deberán seguir las Normas indicadas para cada ensayo en la "Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado".

En general, se evitará tomar muestras tanto al principio como al final de la descarga.

La toma de muestras se hará pasando un recipiente a través de toda la corriente o haciendo que toda la corriente vaya a parar al depósito durante un momento.

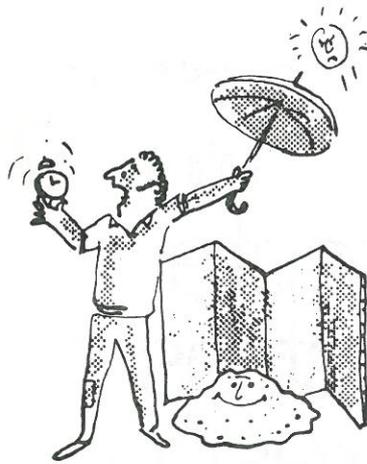


En caso de hormigoneras en obra de pavimentación, es necesario tomar la muestra inmediatamente después de que la amasada haya sido descargada.

El muestreo podrá realizarse tomando porciones de cinco lugares diferentes al menos, del montón formado.

Cuando se utilicen camiones abiertos, vagonetas u otras unidades de transporte sin tapa, se tomarán las muestras por el procedimiento que resulte más apropiado de entre los indicados anteriormente.

remezclar la muestra tomada



Todas las muestras de hormigón fresco, independientemente del método empleado para obtenerlas, deberán ser remezcladas con una pala para asegurar su uniformidad.

Además, la muestra deberá ser protegida del sol y del viento durante el período entre su toma y su utilización. El tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y su utilización no deberá ser superior a quince minutos.



mover la muestra **no** las probetas

Una falta bastante común observada en las obras es la fabricación de probetas cerca de donde el hormigón está siendo descargado, y luego su transporte a otro lugar para su almacenamiento. Esto es erróneo.

Las probetas nunca deben ser alteradas por movimientos o sacudidas, especialmente durante las primeras veinticuatro horas. Esto puede ser evitado en todos los casos, tomando la muestra en una carretilla y llevándola al lugar donde las probetas serán fabricadas y almacenadas durante veinticuatro horas.



¿ se deberán tomar muestras del hormigón

vertido en los encofrados?

Tal práctica es mala (especialmente en encofrados de muros) a causa de la dificultad de obtener una muestra representativa.



En el caso de hormigón preparado, el hormigón deberá ser muestreado tal como viene en el camión si el ensayo es para determinar la resistencia del hormigón tal como se suministra.

Las muestras tomadas de los encofrados pueden contener agua exudada, partes segregadas de la mezcla, etc. que harían que no fuesen representativas de la masa de hormigón.

Las razones de estas precauciones son obvias; el fabricante de hormigón no tiene control sobre lo que puede suceder a su producto en la colocación, compactación y curado.

En este sentido, su reputación está en las manos de un hombre sobre el cual no tiene control, lo que hace que sea crítico para él lo concerniente al ensayo de su producto.

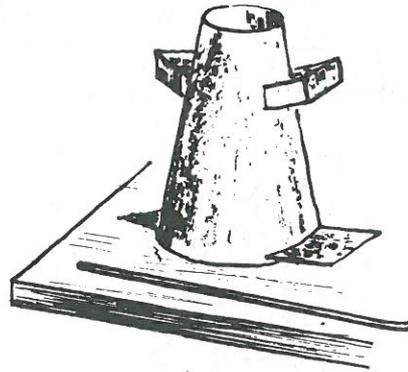


Los textos de esta hoja se han realizado en colaboración con Interbetong, S.A.

manera correcta de realizar la medida de la consistencia con el cono de Abrams

(Ver UNE 7.103)

En la mayoría de los casos, la aceptación de un suministro de hormigón depende de una variación de 2 a 3 centímetros en el asentamiento obtenido con el cono de Abrams. Esta variación excesiva corresponde al valor propio del método.



Toma de muestras

Si el ensayo se realiza para determinar la aceptabilidad del hormigón preparado, las muestras deberán tomarse entre 1/4 y los 3/4 de la descarga del hormigón.

Si el ensayo se realiza para ver la uniformidad del hormigón preparado las muestras deberán tomarse aproximadamente a 1/4 y a los 3/4 de la descarga.

Cada muestra deberá contener una cantidad de hormigón por lo menos algo mayor del doble de la necesaria para hacer el ensayo, y se volverá a mezclar en una carretilla antes de hacerlo.



1º. Colocar el cono sobre una plancha, losa o una placa de acero

Humedézcase el interior del cono y colóquese sobre una superficie plana, horizontal y firme, también humedecida, cuya área sea superior en varios centímetros a la base del cono. Cuando se coloque el hormigón manténgase el cono firmemente sujeto en su posición mediante las aletas inferiores.

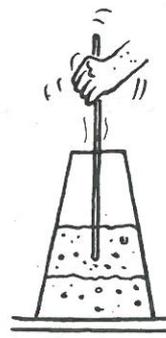


2°. Llenar el cono en tres capas



Llénese el cono hasta 1/3 de su capacidad y compáctese con una varilla metálica de 16 milímetros de diámetro, 60 centímetros de longitud y de extremo redondeado, dando 25 golpes repartidos uniformemente por toda la superficie.

3°. Utilizar la varilla con extremo redondeado en forma de bala



Llénese el cono con la segunda capa hasta 2/3 de su volumen y compactar esta capa con 25 golpes uniformemente repartidos por la superficie del hormigón y penetrando en él, pero sin entrar en la primera capa.

4°. Compactar cada capa con 25 golpes



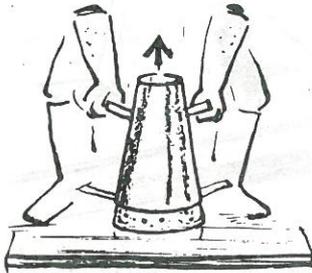
Llénese el cono de forma que haya un ligero exceso de hormigón y luego compáctese esta última capa con 25 golpes que penetren uniformemente dentro pero sin que entren en la segunda capa.

5°. Retirar el exceso de hormigón



Retírese el exceso de hormigón con una regla metálica de forma que el cono quede perfectamente lleno y enrasado. Quitar el hormigón que haya caído alrededor de la base del cono.

6°. Sacar el molde con cuidado



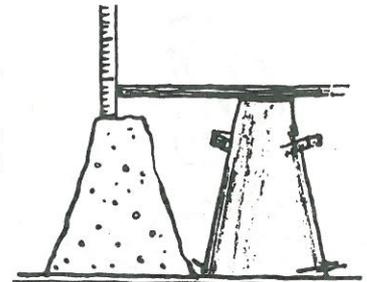
Sáquese el molde levantándolo con cuidado en dirección vertical lo más rápidamente posible.

No mover nunca el hormigón en este momento.

7°. Medida del asentamiento

Mídase el asentamiento como se indica en la figura.

Si la superficie superior del cono es irregular, no medir en el más alto o en el más bajo de los puntos, sino en el punto medio.



Advertencia

No utilizar nunca el hormigón usado en el cono para fabricar probetas destinadas al ensayo de resistencia.

CUADRO N° 1

CLASIFICACION DE LAS CONSISTENCIAS SEGUN LOS ASIENTOS MEDIDOS CON EL CONO DE ABRAMS

Consistencia	Asiento en el cono de Abrams en cm.
Seca (S)	0 - 2
Plástica (P)	3 - 5
Blanda (B)	6 - 9
Fluida (F)	10 - 15

Valores del asentamiento recomendados para diferentes tipos de obras

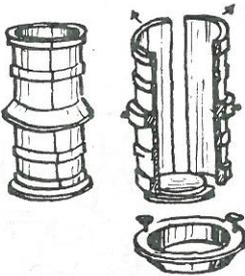
TIPO DE OBRA	Asentamiento en cms. (1)	
	Mínimo	Máximo
Muros y bases armadas para cimentación y paredes planas de poco espesor	5	13
Acoplos, planos, pilotes y paredes de subestructura	2	10
Losas, vigas y paredes armadas ..	6	15
Columnas de edificios	6	15
Pavimentos	4	8
Construcciones en masa	2	8

(1) Cuando se utilicen vibradores de alta frecuencia hay que reducir estos valores en 1/3 aproximadamente

Los textos de esta hoja se han realizado en colaboración con Interbetong, S.A.

manera correcta de fabricar, conservar y romper, por compresión, las probetas cilíndricas de hormigón

(Ver UNE 7.239 - 7.240 y 7.242)



Solamente se puede garantizar la resistencia del hormigón si las probetas son realizadas y curadas de acuerdo con métodos normalizados.

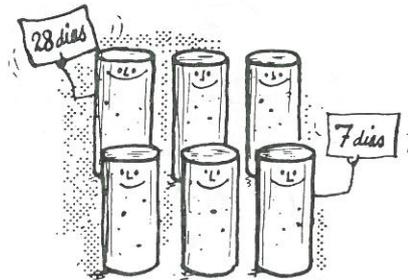
Los ensayos de compresión del hormigón se efectúan para determinar la calidad del hormigón. Si se permite que varíen las condiciones de curado, toma de muestras y métodos de llenado y acabado de las probetas, los resultados obtenidos carecen de valor, porque no se puede determinar si una resistencia baja es debida a una mala calidad del hormigón o a faltas en la preparación de las probetas.

Para obtener resultados dignos de confianza se deberán seguir las siguientes técnicas operatorias.

1º. usar solamente moldes no absorbentes

Se utilizarán moldes de acero, estancos, de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de altura.

Antes de llenarlos deberán colocarse sobre una superficie lisa, dura y horizontal. Es muy conveniente hacer más de una probeta por cada amasada y cada edad en que se realice en ensayo, normalmente a 3, 7 y 28 días.



2º. toma de muestras

Las muestras se obtendrán de acuerdo con lo indicado en la "Instrucción para el proyecto y ejecución de obra de hormigón armado o en masa" y la "Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado".

Antes de llenar los moldes, las muestras deberán ser completamente remezcladas en una pastera grande, carretilla u otra superficie limpia y no absorbente.

En la fabricación de probetas se utilizarán moldes cuya dimensión sea igual o mayor que el triple del tamaño máximo del árido.

Si parte del árido que contiene el hormigón es de tamaño superior a 50 mm. se autoriza el empleo de probetas de dimensión mínima no menor de 15 cm. cribando el hormigón fresco por el cedazo apropiado para separar el árido que no cumpla con la condición del párrafo anterior.

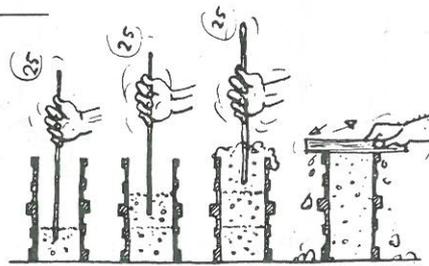
3º. si los moldes se compactan mediante picado, llenarlos en tres capas y picar cada capa con una varilla metálica hasta su total compactación dando un mínimo de 25 golpes

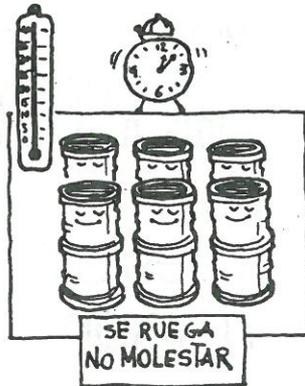
Todos los moldes se llenarán uniformemente, es decir, colocación y compactación de la primera capa en todos los moldes, después la segunda capa en todos, etc.

La tercera capa contendrá un exceso de hormigón.

Después de golpear los lados del molde con la varilla, se enrasará quitando el exceso de hormigón con una paleta y se espolvoreará la cara libre del hormigón con cemento, volviendo a pasar la regla en diferentes direcciones, las veces que sea necesario hasta conseguir una cara perfectamente plana y lisa.

Cada capa deberá ser picada uniformemente con una varilla metálica de 16 mm. de diámetro, con un extremo de forma semiesférica.



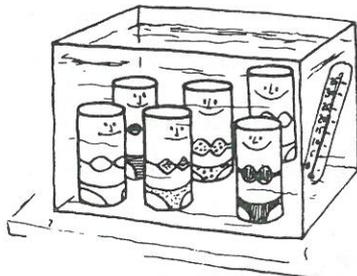
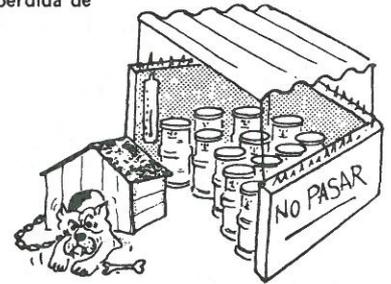


40. dejar las probetas sin desmoldar de 12 a 24 horas entre 20° C y 27° C de temperatura

Las probetas se dejarán, sin tocarlas, hasta que han endurecido lo suficiente para resistir el manejo, de 12 a 24 horas después del moldeo.

La parte superior deberá quedar tapada con cristal, papel aceitado, arpillera húmeda o un material análogo para que no haya pérdida de humedad.

La temperatura no deberá ser inferior a los 20° C ni superior a los 27° C en el sitio en que se guarden las probetas. Las probetas que se dejen en el sitio de trabajo durante varios días a temperaturas bajas o altas darán resultados erróneos a menos que estén cuidadosamente protegidas.



50. curar y manejar cuidadosamente las probetas

Después del fraguado, entre 12 y 24 horas, se desmoldarán las probetas y se colocarán en ambiente de saturación (100 % de humedad relativa) o en agua, a una temperatura $20^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$, o se enviarán a un laboratorio para un curado normalizado.

Se tendrá mucho cuidado en el manejo de las probetas, ya que las que se dejen mover en una caja o ir "bailando" en la caja de un camión pueden sufrir un daño considerable. Como elemento de amortiguamiento se usará serrín u otro material análogo.

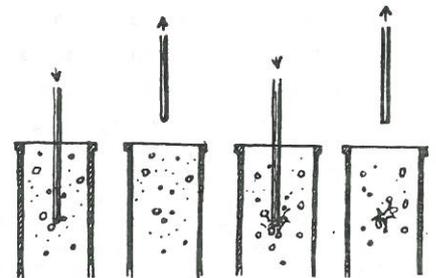
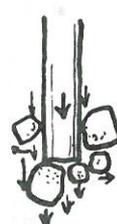


60. utilizar una varilla con punta redondeada

La finalidad de picar el hormigón en los moldes con una varilla es la de compactar el hormigón y liberarlo de huecos de aire que reducen la resistencia.

Hay muchas personas que se valen para ello de una barra de acero para la construcción que está siempre a mano. Otros se limitan exclusivamente a golpear el molde. Se ha comprobado que la varilla de punta semiesférica de 16 mm. de diámetro, hace mejor el trabajo por dos razones:

- Se desliza entre los áridos en vez de empujarlos como hace una varilla de punta roma con lo cual deja espacios libres al retirarse esta varilla.
- Al retirar la varilla el hormigón debe cerrarse suavemente tras ella. La punta redondeada facilita esto como se ve en la figura 1, en tanto que una punta de forma plana o irregular obra como se ve en la fig. 2.



Una probeta de hormigón rara vez parece muy importante cuando se está haciendo; pero si más tarde hay dificultades o problemas en la obra, llega a ser inmediatamente un factor crítico tanto si la obra es de cientos como de millones de pesetas.

cómo reconocer una mala fabricación de probetas cilíndricas de hormigón

La probeta cilíndrica de hormigón es la pedida en las Normas españolas para la resistencia del hormigón. Pero no es necesariamente la más segura. Un fabricante de hormigón puede garantizar la resistencia de su hormigón solamente si las probetas son hechas y curadas de acuerdo con los métodos indicados en las Normas.

Cuando la toma de muestras, refrentado y curado de las probetas cilíndricas se aparta de las Normas aceptadas, las resistencias resultantes no tienen mucho significado.

Es difícil probar cuándo han tenido lugar faltas y deficiencias en la preparación de las probetas cilíndricas. Sin embargo, hay unos pocos detalles que pueden ayudar al operador que ha fabricado concienzudamente un hormigón de alta calidad, a reivindicar dicha calidad. Estos detalles son:



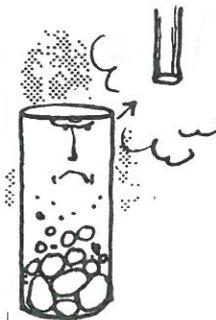
muestreo deficiente

Si una probeta cilíndrica rompe baja y muestra una distribución irregular de áridos desde la parte superior a la inferior, o exceso de finos o de árido grueso, puede indicarse que ha habido un muestreo deficiente. Un ensayo de resistencia debe ser representativo de la masa entera del hormigón. Las muestras tomadas serán completamente remezcladas en una pañera, carretilla u otra superficie no absorbente, antes de moldear las probetas.

A veces, un exceso de árido grueso en el fondo de la probeta indicará el uso en su compactación de una barra con extremo plano, en vez de redondeado.

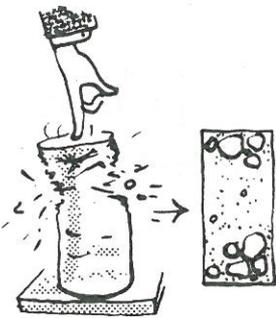
En este caso, hay generalmente una notable cantidad de finos, en algunos centímetros, en la parte superior de la probeta.

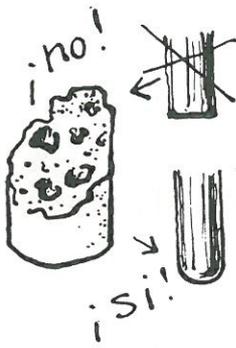
Lo mismo sucede en el caso que haya habido un exceso de vibración, si las probetas se compactan por este método.



desperfectos en las superficies de las probetas

Grandes huecos sobre la superficie de las probetas cilíndricas indican corrientemente que las probetas no fueron llenadas en tres capas de un tercio de altura de la probeta cada una, ni compactadas con 25 golpes o los indicados en las Normas, por cada capa. Los huecos reducen la sección transversal de la probeta con el consiguiente descenso en la resistencia.

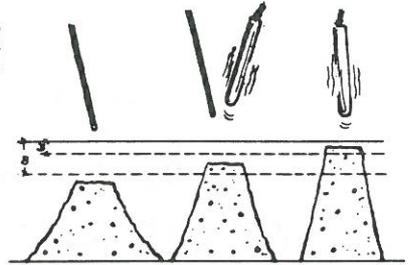




huecos internos

La observación de un número de huecos internos, después de la rotura de la probeta, puede indicar una inapropiada o insuficiente compactación de la probeta. Se debe utilizar, si se compacta por picado, una barra de extremo redondeado, y cada una de las tres capas en que se llena la probeta, picadas con 25 golpes o como se indique en las Normas.

No deben nunca compactarse las probetas con métodos inadecuados para la consistencia del hormigón que se esté utilizando.



Así, se tendrá en cuenta que los hormigones con asentamiento en el cono de Abrams mayor de 8 cm. se compactarán por picado; los hormigones con asentamiento entre 8 y 3 cm. podrán ser compactados por picado o por vibración, y los hormigones con asentamiento menor de 3 cm. serán compactados siempre por vibración.

evaporación de agua en la probeta, demasiado pronto



El curado es una de las más importantes etapas en la buena ejecución del hormigonado.

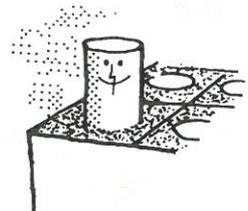
Cuando una probeta rompe baja debido a una evaporación de agua de la probeta, se observan variaciones extremas en el color en el interior de la superficie de rotura. Aunque esto no sea siempre el caso, estas condiciones, emparejadas con una revisión de las condiciones atmosféricas cuando las probetas fueron hechas, son indicativas de un curado inadecuado.

manejo poco cuidadoso

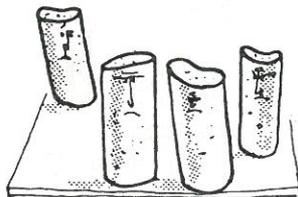
Aunque un manejo poco cuidadoso es difícil de señalar, es denotado fuertemente cuando las probetas muestran líneas de rotura anormales y grandes variaciones en los resultados. Las probetas cilíndricas deberán siempre ser llevadas al laboratorio, tan pronto como sea posible, después de las primeras veinticuatro horas de su fabricación.



Las probetas deberán ir almohadilladas con serrín o materiales similares para transporte, y cuidadosamente empaquetadas para evitarles daños.



refrentado deficiente



La importancia del paralelismo de las caras de las probetas cilíndricas es fundamental para obtener un resultado representativo.

Concavidades en las caras pueden producir un descenso de hasta un 30 por ciento.

No se debe emplear un material de refrentado más blando que el hormigón que se esté ensayando.

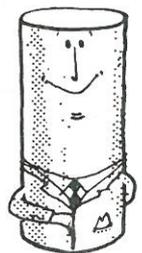
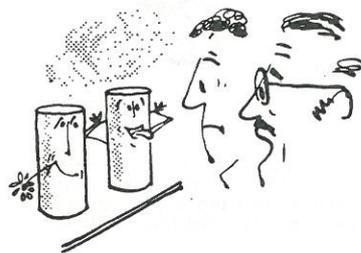
Líneas de rotura anormales indican la posibilidad de que no haya habido paralelismo entre las caras.

resumen

Es conveniente recordar siempre que aún cuando todos los métodos y equipos especificados sean estrictamente tenidos en cuenta, todavía pueden ocurrir cosas a las probetas cilíndricas de hormigón, que dejen asombrados a los expertos. Esto es probablemente verdad en la mayoría de los ensayos y en la mayoría de los materiales.

Es, además, una buena razón por la que deberán de seguirse todas las etapas aprobadas para evitar las complicaciones descritas aquí.

Las demandas de nuevos proyectos y nuevas técnicas incrementan la necesidad de una calidad uniforme en el hormigón. Esto hace a la humilde probeta cilíndrica más importante que hasta el presente.



toma de muestras de cemento

La verificación del cumplimiento de las prescripciones impuestas al cemento contratado bajo las especificaciones del Pliego RC - 75, se realizarán con arreglo a los métodos de ensayo descritos en el mismo y sobre muestras tomadas por el comprador y fabricante en el lugar de la entrega de acuerdo con las definiciones y criterios que se describen a continuación:

DEFINICIONES

Lugar de la entrega

Será aquel en el que el fabricante deja de ser responsable del suministro.

Partida

Es la cantidad de cemento de la misma procedencia suministrada en una misma unidad de transporte. Cuando se suministren a una misma obra o central en el mismo día, de forma habitual, varias unidades de transporte de cemento de la misma procedencia, puede considerarse que el conjunto también constituye una partida.

Muestra

Es la porción de cemento extraída de cada partida, en el lugar de la entrega y sobre la cual se realizarán, si procede, los ensayos de control de recepción.

CRITERIOS GENERALES PARA LA TOMA DE MUESTRAS

Formación de la muestra

Cemento ensacado

Cuando la partida sea de cemento ensacado, se tomarán tres sacos al azar respectivamente del primer tercio, segundo tercio y tercer tercio de la partida. De cada uno de los sacos, se cogerán, a partes iguales y mediante un medio adecuado y limpio, la suficiente cantidad de cemento para formar una muestra de 32 Kgs. como mínimo, que, tras su homogeneización, se dividirá en cuatro partes de ocho kilos como mínimo cada una, que se distribuirán en la siguiente forma:

- Dos para el comprador
- Dos para el suministrador

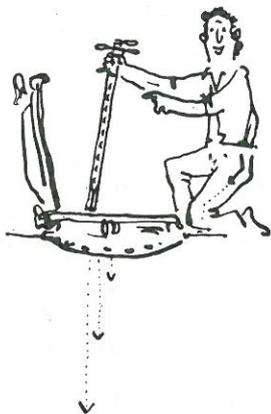
Una de las dos muestras que quedan en poder de cada parte deberá, además de los precintos de garantía correspondientes, llevar señales de identificación de ambas partes. Las muestras así autenticadas serán guardadas como testigos para ensayos contradictorios en caso de reclamación.

Cemento a granel

Cuando la partida sea de cemento a granel, se realizarán a intervalos sensiblemente iguales durante la carga o descarga, una vez establecido el régimen permanente, tres formas análogas, mediante un medio adecuado y limpio, para formar una muestra de 32 Kgs. como mínimo que tras su homogeneización, se dividirá y distribuirá de la misma forma que lo señalado en el apartado anterior.

Asimismo, se procederá a la autenticación y sellado de las muestras de forma análoga a lo señalado en el apartado "Cemento ensacado".

Cuando la partida esté compuesta por el cemento contenido en varias unidades de transporte, suministradas el mismo día, la muestra se formará de una sola partida, según lo señalado anteriormente.



ENVASADO, IDENTIFICACION Y PRECINTADO

Las cuatro partes en que se divide cada muestra, se envasarán en recipientes de cristal o plástico con doble tapadera, una a presión y otra a rosca, capaces de impedir el paso de la humedad ambiente al interior durante al menos 100 días.

Los envases en cuestión, una vez cerrados, se sellarán con un precinto de garantía por ambas partes según lo indicado en los apartados "*Cemento ensacado*" y "*Cemento a granel*". Esta autenticación consistirá en el uso de precintos con las marcas de cada parte.

En todos los casos, el interior de cada envase, contendrá un rótulo que permita la completa identificación de la muestra con la partida de procedencia. Análoga identificación figurará en el exterior del envase.

CONSERVACION DE LAS MUESTRAS



Las muestras, una vez envasadas, doblemente identificadas interior y exteriormente y precintadas, se conservarán por el comprador y el suministrador en almacenes adecuados hasta el momento de su ensayo en laboratorio o caducidad de las mismas.

En los almacenes, se protegerá a las muestras envasadas del peligro de ser directa o indirectamente agredidas por la humedad o contaminadas con otros materiales.

Se evitará que manipulaciones con las muestras durante su almacenamiento, puedan dañar al envase o romper el precinto, en cuyo caso la muestra perdería su representatividad.

Asimismo, cualquier defecto visualmente detectable en el momento de romper los precintos y abrir los envases de las muestras para su análisis o ensayo, tales como por ejemplo humedad, grumos, terrones, etcétera, que demostraran que el cemento no tuvo las debidas condiciones de conservación, ocasionarán su rechazo e invalidez.

TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

Cuando por aplicación de las condiciones contractuales, del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, de Instrucciones de carácter general, o por indicación del Director de Obra, sea preciso comprobar las características de calidad de una partida, se remitirá al Laboratorio encargado de realizar los ensayos, la muestra representativa de aquella partida, que deberá mantener inalterados sus envases y precintos a su llegada a tal centro.

CADUCIDAD DE LAS MUESTRAS

Siempre que la conservación de las muestras haya sido hecha de acuerdo con lo indicado en el apartado "*Cemento a granel*" tendrá una validez de 100 días a contar desde el momento de su toma.

Asimismo, el suministrador dará por caducadas las muestras y, por tanto, podrá destruirlas cuando hayan pasado los plazos señalados sin que el comprador haya ejercitado alguna reclamación.

PREPARACION DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO PARA SU ENSAYO

Recibida la muestra en el Laboratorio encargado de realizar los ensayos, se conservará, en condiciones de inalterabilidad, en los mismos envases en que fue formada, hasta el momento de su preparación para la realización de los mismos.

Llegado el momento de realizar los ensayos, en un lugar debidamente acondicionado al respecto, se procederá a romper los precintos y a abrir los envases que contienen la muestra y a su identificación y posterior homogeneización.

De la muestra homogeneizada, se tomará una fracción para los ensayos, conservándose el resto, en un envase adecuado y debidamente identificado, por un período de dos meses, después de haberse comunicado los resultados de tales ensayos.

Para que la toma de muestras sea válida deberá estar presente una persona designada por el fabricante y otra por el comprador. Todos los gastos de toma de muestras y análisis serán por cuenta del comprador.

PLAZO DE RECLAMACIONES

El comprador deberá efectuar, cuando haya razón para ello, las reclamaciones dentro de los plazos siguientes:

- Máximo de cuatro días a partir del momento de la entrega, cuando la reclamación proceda de defecto detectable de forma inmediata durante la misma.
- Las reclamaciones basadas en la falta de cumplimiento del Pliego RC - 75 deberán ser planteadas por el comprador dentro de los 45 días siguientes a la toma de la muestra para cualquier incumplimiento de las características químicas y físico-mecánicas señaladas en dicho Pliego.

toma de muestras de áridos

(Ver UNE 41.110)

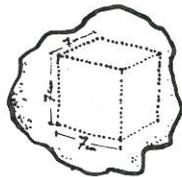


La toma de muestras de los áridos varía según la fuente de suministro de que se trate. El volumen que han de tener las muestras depende del plan de ensayos que se vaya a realizar con ella, y no es posible, por tanto, dar cifras de carácter general. De todas formas y a título de orientación, puede tenerse en cuenta que para probar si unos áridos cumplen o no con las condiciones mínimas exigidas para su empleo, hacen falta unos 50 litros de grava y 15 litros de arena. Si de lo que se trata es de comprobar la resistencia de un hormigón hecho con ellos, estas cantidades se elevan a unos 400 litros de grava y 200 litros de arena. En el caso de que se desee fabricar

hormigón con distintas dosificaciones hay que multiplicar las cantidades últimamente citadas por el número de dosificaciones que se desee probar.

CANTERAS

Se deben tomar muestras de distintos lugares de cantera que no hayan estado sometidos a la acción de la intemperie. Lo más indicado es tomar una muestra de cada uno de los estratos que aparezcan distintos por su color o su estructura.



Cuando se hayan de realizar ensayos de compresión debe haber en cada muestra un bloque del que puedan tallarse como mínimo dos cubos de 7 cms. de arista. En este bloque se marcará claramente el plano de estratificación o lecho de cantera debiéndose hacer sobre un trozo sano y exento de grietas y fisuras.

No se deben incluir en las muestras piezas que hayan sido dañadas por la voladura, se encuentren mezcladas con el terreno que circunda la cantera o presente síntomas de meteorización por su proximidad a la superficie.



DEPOSITO DE BLOQUES DE PIEDRAS SUELTOS Y CANTOS RODADOS DE GRAN TAMAÑO

Deben seleccionarse muestras separadas de todas las clases de piedras que puedan distinguirse por inspección visual y sean de utilidad para el fin propuesto.

DEPOSITOS DE ZAHORRA, GRAVA Y ARENA NATURALES

Las muestras deben ser representativas de los diferentes materiales existentes en el depósito de las mezclas de ellos si se encuentran en esta situación. También se tomarán muestras separadas en los lugares donde sin existir diferencia en la naturaleza y estado del material se observe cambios apreciables en la granulometría.



Si los áridos están al descubierto se deben tomar las muestras del fondo de surcos realizados en el depósito, teniendo cuidado de separar cualquier material extraño que haya podido caer al abrir la zanja.

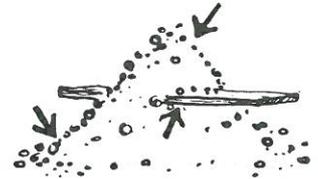
En el caso de depósitos enterrados con un frente de explotación, se realizará la primera serie de pozos o sondeos para la toma de muestras algo detrás y paralelamente al frente de explotación alejándose después progresivamente de dicho frente para determinar las posibles variaciones del material y la extensión del depósito. El número y profundidad de las perforaciones depende de la cantidad de material que se vaya a utilizar. El material que constituye la capa que cubre el depósito no debe mezclarse con las muestras. Si lo que se desea es conocer las variaciones que se presentan en el depósito se ensaya cada una de las muestras por separado, pero si lo que se trata de averiguar es la calidad media solamente, las muestras una vez extraídas se mezclan en las proporciones que aproximadamente se encuentran en el depósito de los materiales que representan, obteniéndose una muestra media ponderal que se reduce por cuarteos sucesivos a la cantidad requerida para los ensayos.

En los depósitos en los que no existe frente de explotación el orden de los sondeos para la toma de muestra depende de las condiciones particulares de cada caso.

ESTACIONES SUMINISTRADORAS DE ARIDOS

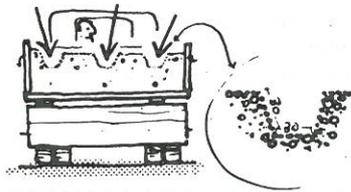
Las muestras deben tomarse de los áridos ya preparados, a menos que exista un convenio especial entre el suministrador y el comprador, y se sacan según se acuerde en la propia estación suministradora o en la obra.

En el primer caso deben tomarse las muestras preferentemente durante la carga del material destinado a la obra del comprador. Si la carga se efectúa con vagonetas que vierten sobre camiones o vagones de ferrocarril, es preferible tomar las muestras en el momento que se vacían las vagonetas, poniendo palas o recipientes adecuados en la corriente de descarga. Si se utilizan cintas transportadoras es mejor tomar una sección transversal completa de la corriente en un período corto que una parte de la corriente durante un tiempo mayor. Se recomienda separar como mínimo una muestra por cada 50 Tm. de material embarcado de la misma clase.



También se puede tomar de los silos y de las pilas o montones existentes en los almacenes de la instalación. Si se trata de un silo conviene realizar la operación cuando está descargando el material dejando fluir unas 5 Tm. de árido antes de sacar la muestra. Si es de una pila o montón se toman 3 muestras:

una en la parte superior, otra junto a la base y la tercera en un punto intermedio introduciendo un tablero en el montón justamente encima del lugar de donde se vaya a sacar la muestra para que no se mezcle el material que hay en la parte superior.



Si lo acordado es que la toma de muestras se verifique al recibir los áridos en la obra, deben separarse preferentemente durante la descarga del material una como mínimo por cada 50 Tm. de árido de la misma clase.

Si se desea sacar las muestras de los camiones o vagones de ferrocarril antes de su descarga, se toman 3 surcos hechos en la superficie del material. Estos surcos deben ser de sección trapezoidal de 30 cms. de anchura en la parte inferior y 30 cms. de altura aproximadamente.

Dos de estos surcos deben estar próximos a los costados del camión o vagón. Se recomienda tomar una porción como mínimo de la parte inferior de cada surco para constituir la muestra que representa el material contenido en la unidad de embarque correspondiente.

toma de muestras del agua

(Ver UNE 7.236)

Los envases para la toma de muestras del agua pueden ser de vidrio, polietileno o caucho endurecido, siempre que no contaminen la muestra.

Cuando se trate de apreciar valores muy pequeños de dureza, sílice, sodio o potasio, son recomendables los envases de polietileno o de caucho.

Antes de utilizar los envases, cualquiera que sea su naturaleza, deben privarse de toda materia extraña, mediante cuidadoso lavado con agua destilada o disolución diluída de hidróxido sodico.

Los envases de cristal sódico-

cálcico deben recubrirse interiormente con parafina.

En cada envase deben consignarse los siguientes datos:

- Número de la muestra.
- Fecha de la toma.
- Origen de la muestra.
- Lugar donde se verificó la toma con el suficiente detalle que permita repetir el ensayo, en igualdad de circunstancias.
- Condiciones de temperatura y velocidad (tiempo caluroso, superficies heladas, remanso de corrientes, pozo, manantial, etcétera).
- Resultado del ensayo realizado in situ.
- Firma del operador.

Los envases se transportarán en cajas de madera, con departamentos separados para cada vasija, las cuales se fijarán colocando a su alrededor papel ondulado, fieltro, serrín o materia similar.

También se pueden fijar mediante abrazaderas con muelle. Para evitar pérdidas durante el transporte, deben asegurarse los tapones convenientemente. Es aconsejable dejar libre, en el interior de los envases, un espacio equivalente al 1 % de la capacidad de los mismos, para permitir la expansión del líquido.

En el exterior del envase se debe consignar, además de los usuales datos de destino y origen, las indicaciones convenientes, tales como: "Fragil", "Líquido", "Vidrio", "Manténgase en esta posición", etc. En tiempo frío se debe añadir: "Preservarlo de la congelación".

La frecuencia de las tomas estará de acuerdo con las presumibles alteraciones en la composición del agua.





El volumen de la muestra depende del número de análisis o ensayos que haya que realizar. En general, suelen ser suficientes 2 litros de agua.

— Conservación de muestras

Se guardarán también muestras de 2 litros, representativas de las aguas utilizadas, hasta la recepción oficial de la obra, es decir, hasta un año después de su terminación.

Cuando, de acuerdo con el apartado anterior, no sea necesario realizar ensayos del agua, se conservará sólo una muestra. Si hay que efectuar ensayos, se guardará una muestra por cada partida ensayada.

toma de muestras de los aditivos

El volumen que han de tener las muestras depende del plan de ensayos que se vaya a realizar con ellas y, en definitiva, del tipo de aditivo y de las instrucciones dictadas por el fabricante para su utilización. No es posible, por lo tanto, dar valores con carácter general.

Para la toma de muestras se escogerán al azar tres envases del conjunto que compone el lote total. De cada uno de ellos, y separando la capa superficial, se tomará una cantidad igual, aproximadamente, al tercio de la total necesaria, por el método más conveniente para que la muestra sea representativa del producto contenido en el envase.



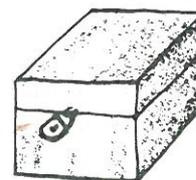
Las tres muestras así obtenidas se mezclarán y conservarán en un frasco de vidrio perfectamente cerrado, hasta el momento del ensayo.

Durante la toma de muestras se adoptarán las precauciones necesarias para evitar que el producto resulte afectado por la humedad ambiente, si ésta puede perjudicarlo.

— Conservación de muestras

Se guardarán muestras representativas de los aditivos utilizados, conservándolas en envases precintados en los que figuren los datos necesarios para su identificación, hasta la recepción oficial de la obra, es decir, hasta un año después de su terminación.

Se conservará una muestra por cada partida recibida en obra.



como pedir hormigón preparado

- 1.- Oiga. Queremos hormigón enseguida, ... Para la obra junto a la Iglesia ... Como el del miércoles pasado ...

Este es un buen ejemplo de cómo NO debe pedirse el hormigón preparado.

- 2.- Pida el hormigón con tiempo. No es Vd. el único que necesita hormigón, por lo tanto si quiere estar seguro de recibirlo en el momento que lo necesita pídale por lo menos la tarde antes. El fabricante podrá planificar sus producciones y entregas del día siguiente y Vd. tendrá base para exigir un servicio impecable.



- 3.- Identifíquese Vd., la obra en cuestión y el tipo de hormigón deseado: Su compañero en la fábrica de hormigón no sabe de la obra más de lo que Vd. le diga.

Por ejemplo, ¿qué le parece encargar el hormigón así? :

"Aquí el capataz Rodríguez, de la Constructora X. Necesito para la obra en la calle de Alcalá, 10, al lado de la Plaza de Canalejas, mañana martes a las 10,15 horas, 24 metros cúbicos de hormigón de 225 kilos/cm² de resistencia característica con árido de tamaño máximo de 38 mm. y asiento de 5 cms.



Estamos hormigonando el segundo techo de la planta superior con grúa; cada media hora un camión grande es suficiente".

"Vale. ¿Alguna otra cosa que hubiera que tener en cuenta? "

"Hay allí un sitio con mucho hierro en la cabeza de un pilar. Para ello quisiera con árido de 15 mm. Estarían bien 3 metros cúbicos en el tercer camión".

"Esto se lo podremos arreglar".

Un pedido tarde y sin dar los datos completos origina consultas y pérdidas de tiempo.

- 4.- Prepárese a recibir el hormigón.

Tenga en cuenta que, en general, cada suministro de hormigón marcha tal como transcurran los primeros diez minutos.



Por ejemplo el capataz Rodríguez ha fijado el suministro de tal forma que el acceso pueda realizarse sin impedimentos y sobre firme duro hasta el lugar preparado de descarga; que el camión siguiente no obstaculice la salida del vacío, que el acceso no sufra pronto daños por las maniobras, que el punto de descarga, la grúa y el lugar de recogida estén situados de tal forma que se consiga un tiempo óptimo de descarga.

Los obreros han tenido previamente un descanso y comienzan con nuevas fuerzas seguidamente de llegar el primer camión con el proceso del hormigonado.

"Pensar cinco minutos beneficia más que protestar cinco horas".

"La colaboración exige un mutuo reconocimiento".



¿No cree que Rodríguez obtiene mejor servicio que si tuviera el punto de descarga obstruido con maderas, hierros, cables, etc. o si el punto de descarga sólo se alcanza tras maniobras considerables, el terreno está blando y se atascan los camiones ... o los obreros están aún ocupados con preparativos, o empezando con períodos de descanso cuando llega el camión? .

5.- Suministro:

No crea que un buen hormigón le ocultará los defectos de la ejecución. Si los encofrados no están limpios, si ha añadido exceso de agua para facilitar la puesta en obra, etc. aparecerán defectos en la superficie del hormigón.

El hormigón le llegará en las cantidades que lo ha pedido, normalmente en cargas de 4, 5 y 6 metros cúbicos. Esté preparado a recibirlo y colocarlo. Calcule bien la cantidad que necesita, prepare encofrados de dinteles y elementos similares para utilizar los sobrantes.

No haga esperar innecesariamente a los camiones de hormigón, de lo contrario es posible que el siguiente vehículo destinado a Vd. sea desviado a otro cliente más rápido.

Nunca incite a un conductor a que estropee el hormigón añadiendo agua.



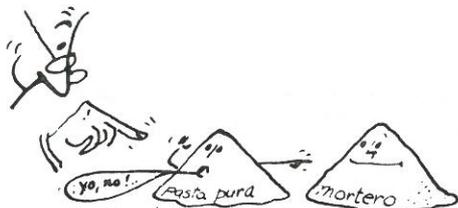
6.- Colaboración:

El fabricante de hormigón preparado y sus empleados están para servirle. Considérelos colaboradores suyos.

Informe enseguida al fabricante de hormigón de cualquier deficiencia observada, o consúltele de cualquier duda que tenga. Usted puede estar al frente de muchas responsabilidades. El sólo tiene que saber de hormigón.

También las máquinas y vehículos alguna vez se averían. Sea comprensivo.

como deben ser los morteros de cemento



Para medir las resistencias mecánicas de los cementos se utilizan mezclas bien definidas de cemento, agua y arena que se denominan morteros.

El método normalizado aplicable a todos los cementos, incluidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos (RC-75), excepto los naturales rápidos es el siguiente:

ARENA NORMAL

Se entiende por arena normal la arena natural con más de un 97 % de sílice procedente de Segovia, lavada, separada

por tamaños y recompuesta de forma que todos los granos sean inferiores a dos milímetros y que su granulometría esté comprendida entre las dos líneas que figuran en el gráfico. En caso de necesidad, la fracción comprendida entre 74 y 147 micras puede obtenerse por la molienda de la misma arena. La humedad de ésta en el momento que vaya a utilizarse en las pruebas que se detallan a continuación deberá ser inferior al 0,05 %.

MOLDES

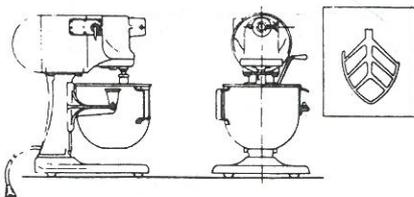
Los moldes deben ser de acero duro y tener tres compartimentos iguales, cuyas dimensiones interiores serán de 40 x 40 x 160 milímetros. El espesor de las paredes y del fondo debe ser igual o mayor de 10 milímetros. Las caras interiores deben ser planas, con un error menor de 0,05 de milímetro. Todas sus dimensiones deberán diferir en menos de $\pm 0,1$ milímetro y los ángulos serán de $90^\circ \pm 0,50$ grados sexagesimales. Sobre los moldes se colocará una tolva de paredes verticales, de otros 40 milímetros de altura.

AMASADORA

El aparato consiste, esencialmente, en lo siguiente:

Un recipiente de acero inoxidable o de otro material duro e inatacable por la pasta de cemento, de $5,75 \pm 0,25$ litros de capacidad con la forma que puede verse en la figura y dotado de los elementos necesarios para poderlo fijar convenientemente en el aparato.

AMASADORA



Una batidora, movida por un motor eléctrico, que hace girar la pala sobre sí misma y, además, con un movimiento planetario alrededor del eje del motor.

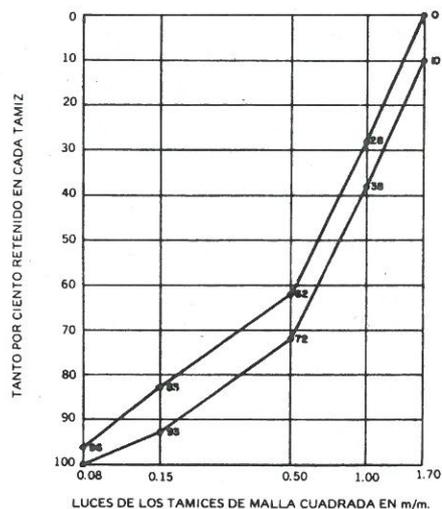
El aparato debe disponer de dos velocidades:

Velocidad	Vueltas por minuto de la pala sobre su eje	Vueltas por minuto del movimiento planetario
Lenta	140 ± 5	62 ± 5
Rápida	285 ± 10	125 ± 10

Entre el fondo del recipiente y el extremo inferior de la pala debe existir un espacio de $2,5 \pm 0,5$ milímetros, y otro de $0,5 \pm 0,1$ entre los dos elementos, a lo largo de las paredes laterales del recipiente.

ENSAYO DE RESISTENCIA MECANICA DE TODOS LOS CEMENTOS EXCEPTO LOS NATURALES RAPIDOS Y LOS ZUMAYA

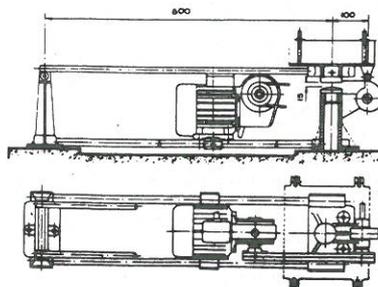
ZONA GRANULOMETRICA ADMISIBLE PARA LA ARENA



COMPACTADORA

El aparato se compone, esencialmente, de un tablero metálico unido por dos brazos ligeros a un eje de giro horizontal, que dista 80 centímetros del centro del tablero.

COMPACTADORA



En reposo el tablero está en posición horizontal y su centro descansa por medio de una pieza de acero, cuya cara inferior es plana sobre el centro de un yunque, cuya cara superior está redondeada.

El tablero se levanta con una leva de acero duro o cementado, que produce, cada vez que se da una vuelta completa, una caída del tablero desde una altura de 15 milímetros.

Es preferible que, tanto el eje de rotación de la leva como el del tablero, vayan montados sobre cojinetes de bolas. Si no es así, el juego de estos ejes en sus cojinetes no será mayor de 0,1 milímetros.

Un motor eléctrico de 1/3 CV., aproximadamente, con un reductor de velocidad, hace que la leva dé 60 ± 5 vueltas por minuto. Se recomienda que el aparato lleve un dispositivo automático de parada que debe actuar cuando el tablero haya caído 60 veces.

El molde para tres probetas, con la tolva encima, se sujeta rígidamente al tablero y de forma que la mayor dimensión de los compartimentos sea perpendicular al eje de rotación de la leva. En reposo, el centro del compartimento central del molde y el punto de choque sobre el yunque, deben estar sobre una misma vertical.

El conjunto formado por el tablero, molde, tolva y los medios de sujeción debe pesar 20 ± 1 kilogramo.

El aparato debe ir anclado a una bancada de hormigón de un metro de longitud, 30 centímetros de anchura y 80 centímetros de altura. La placa de apoyo del bastidor del eje de rotación del tablero y la del bastidor del eje de rotación de la leva van fijadas cada una de ellas a la bancada por cuatro tirafondos. Se extenderá, en el momento de la sujeción del aparato a la bancada, una capa de mortero rico sobre esta última en las zonas donde se van a apoyar las placas, con el fin de conseguir un asiento perfecto.

Para reducir el ruido, la bancada no se apoya directamente sobre el suelo, sino a través de cuatro zapatas de goma de $10 \times 10 \times 1$ centímetros en cada esquina.

AMASADO DEL MORTERO

En primer lugar, se vierten en la amasadora 250 gramos de agua y 500 gramos del cemento que se desea ensayar. Se pone en marcha el aparato a la velocidad lenta, y treinta segundos después se empieza a verter en el interior de la cuba 1.500 gramos de arena normal, operación que debe durar 30 segundos. Seguidamente, se mete la velocidad rápida y se amasa el mortero durante treinta segundos.

Entonces se para la amasadora durante noventa segundos. Los primeros quince segundos se utilizan para separar el mortero adherido a las paredes y empujarlo hacia el fondo. El tiempo restante debe estar el mortero en reposo y cubierto.

Por último, se pone de nuevo en marcha el aparato, a la velocidad rápida, y se vuelve a amasar el mortero durante un minuto.

La temperatura de la sala donde se realice el amasado, así como la de las herramientas y materiales, excepto el agua, debe estar comprendida entre 18° y 25° C. La temperatura del agua de amasado debe ser de $21^\circ \pm 2^\circ$ C. La humedad relativa del ambiente no ha de ser inferior al 50 %.

ENMOLDADO

Cada molde debe estar antes de utilizarlo perfectamente limpio y engrasado sin exceso. Si el ajuste de sus piezas no asegura una estanqueidad perfecta, se deben colmatar las juntas.

Una vez fijado el molde con su tolva en la compactadora, se echan unos 300 gramos de mortero en cada uno de sus compartimentos, distribuyéndose por igual, sin ejercer presión, y se deja caer el tablero del aparato 60 veces en otros tantos segundos. Una segunda capa se coloca y se compacta de la misma forma.

Después se quita el molde del aparato, se retira la tolva y se enrasa el mortero con el canto de una regla metálica, la cual se mantiene casi normal a la superficie, y que se traslada en el sentido de la mayor dimensión del molde, mientras se le da un movimiento de vaivén.

Por último se alisa la cara superior de las probetas con la misma regla que se mantiene ahora inclinada o con una paleta manejada de forma que no ejerza presión.

CONSERVACION DE LAS PROBETAS

Las probetas, una vez fabricadas, se conservarán dentro de los moldes durante un período comprendido entre veinte y veintiocho horas, en una cámara a $21^\circ \pm 2^\circ$ C y con más de 90 % de humedad relativa. Durante este período de conservación, las probetas no podrán estar expuestas a sacudidas ni vibraciones que puedan alterar la resistencia obtenida en el ensayo. Después se desmoldarán y se sumergirán en agua potable a $21^\circ \pm 1^\circ$ C, hasta el momento de su rotura, evitando contacto entre ellas y apoyándolas sobre una rejilla.

FLEXION

La flexión se realiza con ayuda de tres cilindros de acero de 10 milímetros de diámetro: dos de ellos, sobre los cuales se apoyará la probeta, estarán situados en un mismo plano y a las distancias de 100 a 106,7 milímetros, e irán provistos de la rótula necesaria para permitir una repartición uniforme de los esfuerzos; el tercero equidistará de los dos primeros y se apoyará sobre la cara opuesta.

El esfuerzo se ejercerá sobre las caras laterales de la probeta.

Durante el ensayo, la carga central debe crecer a la razón de 5 ± 1 kilogramo por segundo.

COMPRESION

Cada uno de los trozos del prisma roto por flexión se ensaya después a compresión, ejerciendo el esfuerzo en una sección de 40×40 milímetros sobre las dos caras laterales de la probeta, para lo cual se utilizarán dos placas de acero de dureza Rockwell C no inferior a 60, las cuales deben ser planas, con un error menor de 0,05 de milímetro y tener un espesor mínimo de 10 milímetros. El conjunto se coloca entre los platos, no mayores de 10×10 centímetros, de una prensa, cuya rótula debe estar bien centrada sobre el eje de las secciones sometidas a compresión. Si la prensa no dispone de rótula, los platos de aprieto deben estar perfectamente paralelos, con una diferencia menor de 0,1 milímetros, entre las alturas medidas en los cuatro vértices de la sección de rotura.

La velocidad de carga debe estar comprendida entre 10 y 20 Kp/cm². por segundo, pero se reducirá en caso necesario para que la prueba no dure menos de diez segundos.

RESULTADOS

Todas las resistencias se expresan en Kp/cm².

En la rotura por flexión, y cuando la separación entre apoyos es de 106,7 milímetros, la resistencia a la tracción se define como igual a 0,25P, siendo "P" la carga central en kilogramos, que produce la rotura. Cuando la luz sea de 100 milímetros, la resistencia viene dada por el producto 0,234P.

Para la compresión, la resistencia es igual a P/16, siendo "P", como antes, la carga total en kilogramos.

Para cada edad se romperán, como mínimo, tres prismas, y se considerará que la resistencia del mortero, tanto a flexión como a compresión, viene expresada por el valor medio de los resultados obtenidos.

Si hay resultados de rotura que difieren en ± 15 % del valor medio, deberá ser repetido cuidadosamente el ensayo cuantas veces sea necesario para que no aparezcan probetas anómalas o su número no represente el 5 % del número de probetas de la tanda de ensayo. En este caso serán descartados los valores discrepantes en más del 15 % de la media de los valores obtenidos para la tanda y se recalculará la media con el resto de los valores.

el exceso de agua de amasado eleva el costo del hormigón

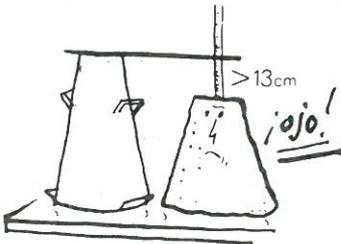
El control del agua de amasado en la dosificación del hormigón es esencial para obtener los mejores resultados en todo tipo de construcciones de hormigón. Un exceso de agua de amasado es un peligro ya reconocido por la mayoría de los constructores y por desgracia los perjuicios que acarrea un exceso de agua aparecen a una edad demasiado tardía como para ser remediados sin costes excesivos.



ejemplos de deterioros diferidos debidos al exceso de agua de amasado

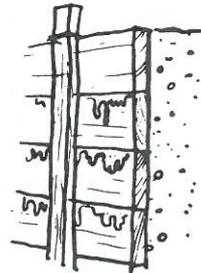
1.- Fisuras en cimentaciones

Los muros de cimentación y los pisos se fisuran excesivamente debido a la elevada retracción y a la débil resistencia a tracción del hormigón; efecto producido por un exceso de agua de amasado.



2.- Deterioros en pavimentos por efecto de los ciclos hielo-deshielo

Con objeto de proteger el hormigón de los ciclos hielo-deshielo se ocluye en su masa un porcentaje de aire. Si el asiento medido en centímetros con el cono de Abrams es mayor de 13 cms. existe el peligro de que disminuya el contenido de aire ocluido y como consecuencia que empeore la protección del hormigón al hielo y al deshielo.



3.- Deterioros en superficies de hormigón

Si el hormigón tiene un exceso de agua, ésta exuda por los encofrados, llevándose la pasta de cemento y dejando una superficie listada y llagada de feo aspecto.

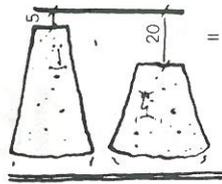
4.- Efectos de segregación y fisuración en pavimentos

El hormigón exuda y en consecuencia el agua asciende a la superficie. Si la exudación es excesiva, el agua eleva los finos a la superficie lo que con frecuencia produce fisura en el hormigón.

5.- Porosidad en elementos estructurales

Como resultado de un exceso de huecos en el hormigón producidos por el exceso de agua.

relación entre el exceso de agua y el coste del hormigón



Se ha hablado y escrito mucho acerca del control de la dosificación de agua; se va a expresar esta influencia ahora en términos económicos. El efecto de variar la dosificación del agua en la mezcla pasando de un cono de 5 cms. a un cono de 20 cms. supone un exceso de coste de 495 Ptas. por cada 6 m^3 . suponiendo que la resistencia se conserva. La explicación es la siguiente:

- 1.— Para una resistencia característica del hormigón de 180 kg/cm^2 , utilizando árido rodado de 40 mm. y un cemento P - 350, la relación agua/cemento vale 0,55.

Agua utilizada para un asiento de 5 cms.: 170 l/m^3 .
 Agua utilizada para un asiento de 20 cms.: 200 l/m^3 .
 El exceso de agua es de $200 \text{ l} - 170 \text{ l} = 30 \text{ l}$.

- 2.— Para mantener la relación agua/cemento se tiene:

Para 5 cms. = 309 kg. de cemento.
 Para 20 cms. = 364 kg. de cemento.

La cantidad de cemento adicional necesaria para mantener la resistencia característica de 180 kg/cm^2 . vale por tanto $364 \text{ kg.} - 309 \text{ kg.} = 55 \text{ kg.}$

- 3.— El incremento de coste por exceso en la dosificación del agua vale por m^3 . aproximadamente 330 ptas.

Es decir que el coste extra por 6 m^3 . es de 1.980 ptas.

El coste del exceso del agua de amasado no debe por tanto nunca ser desestimado. Además de la visualización económica que se ha presentado, se deben de tener en cuenta factores mucho más importantes como son los procedentes de las posibles reparaciones estructurales que además de su valor económico real puedan mermar la reputación del constructor.

Todas estas consideraciones que son de gran importancia para el hormigón fabricado a pie de obra y para el que se pueden variar las dosificaciones de cemento al incrementar la dosificación del agua, adquieren vital interés para el fabricante de hormigón preparado. Un añadido de agua en obra al camión hormigonero no se compensa con un incremento en la dosificación de cemento y por tanto la relación agua/cemento se incrementa disminuyendo la resistencia del hormigón.



El hormigón ha dejado de ser el solicitado, tanto en resistencia, como en consistencia. Las consecuencias que de esto se derivan son graves:

- 1.— Elementos estructurales con seguridad por debajo de la prescrita.
- 2.— Defectos en las superficies del hormigón.
- 3.— Posibilidad de reparaciones estructurales.
- 4.— Pérdida de garantía del suministrador del hormigón.

Cuando se hace un pedido de hormigón por resistencia éste debe venir solicitado de la forma siguiente:

- 1.— **Por su resistencia característica**, que es la indicada en los planos del elemento estructural que se va a hormigonar.
- 2.— **Por el tamaño máximo del árido**, que debe venir indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto para cada elemento.
- 3.— **Por la consistencia**, que debe decidir el Director de Obra previamente a la solicitud del hormigón.

Una vez llegado el camión a obra, la adición de agua hace bajar la resistencia y la consistencia, no cumpliendo dicho hormigón los requisitos de proyecto.



¡esto sí que **NO!**

algunas ideas básicas sobre hormigón de alta resistencia inicial

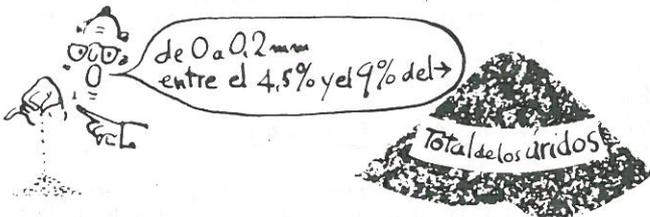
El ritmo de trabajo que actualmente adopta la industria de la construcción, y las exigencias en aquellas obras en las que se materializan proyectos en hormigón armado y hormigón pretensado necesitan no solamente que el hormigón utilizado alcance una resistencia elevada, sino además que esta resistencia se alcance en un período breve y que en este momento dicha resistencia alcance un porcentaje tan elevado como sea posible de la resistencia final.

Los conocimientos actuales, dividen los métodos utilizados para acelerar el endurecimiento del hormigón en:

- * Métodos basados en la tecnología del hormigón.
- * Métodos químicos.
- * Métodos físicos.

métodos basados en la tecnología del hormigón

- Mejora de la curva granulométrica de los áridos



- Aumento de la cantidad de cemento

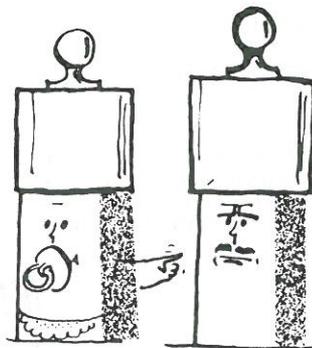
Dada la superficie específica que presentan los áridos, y para poder cubrirlos en su totalidad influye sobre manera la cantidad de cemento. Así mismo en la obtención de resistencias a corto plazo, acelerando la consecución de la resistencia del hormigón en proporción a la dosificación que lleva de cemento, aumentando con ella.

- Empleo de cementos de endurecimiento rápido

En esta denominación se incluyen los cementos que contienen proporción conveniente de aluminato y silicato tricálcico, que son los utilizados en prefabricación y en aquellas obras donde se precise un desencofrado rápido.

- Empleo de cementos de elevada finura de molido

La hidratación del cemento es tanto más rápida y más completa cuanto mayor sea la finura de su molido. Se debe sin embargo de tener en cuenta que un incremento de la resistencia únicamente en base a la finura y sobre todo con elevadas dosificaciones sin cuidados especiales en su curado da lugar a importantes fenómenos de retracción.



Para conseguir la mayor compacidad deberá prestarse especial cuidado a la granulometría de la totalidad del árido.

La proporción de finos de 0 a 0,2 mm. puede influir notablemente en la resistencia. Las investigaciones demuestran que la proporción de dichos tamaños deberá estar comprendida entre el 4,5 % y el 9 % del árido total para así alcanzar la máxima resistencia.





- Disminución de la relación agua/cemento

La resistencia del hormigón viene determinada por su porosidad. La porosidad es tanto menor cuanto menor es la relación agua/cemento.

- Compactación del hormigón fresco

El objeto de la compactación es eliminar los huecos y conseguir la máxima compacidad. Los huecos incluyen tanto a los ocupados por el aire atrapado como a los ocupados por el exceso de agua.



Por ello es necesario realizar un ajuste, dependiendo de las condiciones de colocación, entre una adecuada trabajabilidad y la necesidad de reducir la relación agua/cemento.

métodos químicos

- Adición del cloruro cálcico

El empleo del cloruro de calcio como acelerante puede ser beneficioso cuando se trate de hormigón en masa y utiliza el producto en debidas proporciones. Estas proporciones son del orden del 1,5 0/o al 2 0/o del peso de cemento.



Sin embargo y según dice la Instrucción EH-80, su efecto sobre el hormigón armado provoca y favorece siempre fenómenos más o menos retardados de corrosión de armaduras. Por esta razón si su empleo resulta necesario es fundamental la consulta de textos especializados.

Existen también otros métodos químicos como son la carbonatación, adición de vidrio soluble, aluminatos, etc.

métodos físicos

El espacio de tiempo necesario para acercarse a la resistencia final de un hormigón depende de la humedad y de la temperatura durante el proceso de endurecimiento.

Basándose en ello los métodos físicos para la consecución de resistencias iniciales elevadas, actúan mediante la aportación de calor.

Existen diversos tratamientos, cada uno de los cuales con características particulares en relación con los períodos preliminares hasta el comienzo del calentamiento; con la presión empleada, con la temperatura máxima utilizada, con la duración del tratamiento, etc.

Así, p.e., en el método WB con un período preliminar de 24 h. un tiempo de endurecimiento de 24 h. con aportación de calor hasta alcanzar una temperatura de 100° C y a presión atmosférica y un tiempo de enfriamiento de 1 h. se alcanza el 100 por 100 de la resistencia a 28 días en esas 49 horas. Además de estas condiciones influye el tipo de cemento, la relación agua/cemento, como las características de los áridos.



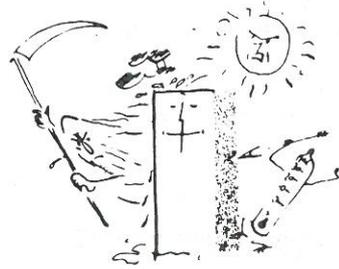
ideas básicas sobre la durabilidad del hormigón

Se entiende por durabilidad de un hormigón su capacidad de resistencia, a lo largo del tiempo, frente a agentes y medios agresivos.

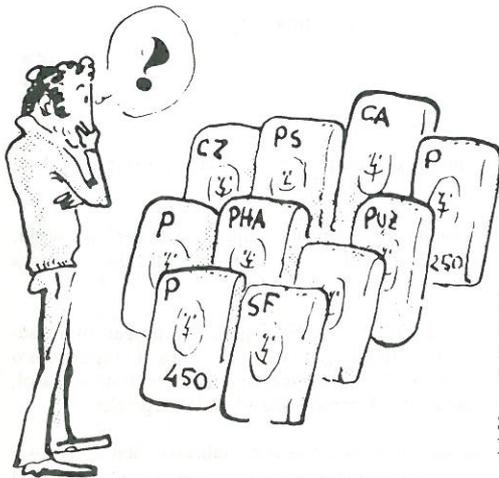
En la durabilidad del hormigón, pueden influir las características de sus materiales y la proporción en que intervienen. También influyen el amasado, el transporte y el curado.

recomendaciones prácticas para la utilización de cementos

Se elegirá cuidadosamente el tipo, clase y categoría del cemento, según las características particulares de la obra o parte de la misma de que se trate y la naturaleza de las acciones o ataques que sean de prever en cada caso.



<u>CEMENTO</u>	<u>INDICADO PARA</u>	<u>CEMENTO</u>	<u>INDICADO PARA</u>
P - 350	* En principio todo uso.	S - I	* Obras situadas en ambientes muy ligeramente agresivos.
P - 450	* Obras que requieran altas resistencias iniciales.	y S - II	* Algunas obras marítimas.
	* Elementos resistentes de pequeño espesor.	S - III	* Obras situadas en medios agresivos.
P - Y	* Obras situadas en terrenos yesíferos exentos de sulfato magnésico.	PUZ	* Obras marítimas.
			* Obras subterráneas.
			* Hormigones fabricados con áridos que serían reactivos con los cementos de tipo Portland.
			* Obras situadas en ambientes de agresividad moderada.
			* Obras marítimas.



Igualmente no se mezclarán masas frescas en las que se utilicen tipos diferentes de cementos y antes de comenzar la fabricación de una amasada con un nuevo tipo de cemento deberán limpiar perfectamente las hormigoneras.

Se recomienda que los cementos A - 550, NL - 30, NL - 80 y NR - 20 no se mezclen con ninguno de los restantes.

recomendaciones sobre los áridos

Entre las muchas variables que influyen en los fenómenos de carácter agresivo, la compacidad del hormigón como cantidad y calidad del cemento y la granulometría de los áridos son determinantes en la durabilidad.



Por otra parte y según la Instrucción EH-80, los áridos deberán cumplir con las especificaciones que en ella se indican, y de modo especial, las relativas a reactividad con los alcalís del cemento.



Terrones de arcilla	1,00
Finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE 7050	5,00
Compuestos de azufre, expresados en SO ₄ y referidos al árido seco	1,2
Material que flota en un líquido de peso específico 2,0	0,50
Partículas blandas	---

Cantidad máxima en porcentaje del peso total de la muestra

Arena:	Grava:
1,00	0,25
5,00	1,00
1,2	1,2
0,50	1,00
---	5,00

Realizado en el árido fino, el análisis químico de la concentración de SiO₂ y de la reducción de alcalinidad R, el árido se considerará como potencialmente reactivo si:

$$\begin{aligned} \text{Si O}_2 > R & \quad \text{cuando} \quad R \geq 70. \\ \text{Si O}_2 > 35 + 0,5 R & \quad \text{cuando} \quad R < 70. \end{aligned}$$

recomendaciones sobre el agua

El agua de amasado puede afectar a la durabilidad del hormigón bien por las sustancias disueltas que contenga y que están limitadas por la Instrucción EH-80, bien por la proporción en que actúa, esto es, por la relación agua/cemento que determina la porosidad del hormigón.

recomendaciones sobre los aditivos

Los aditivos, deberán utilizarse cuando mediante los oportunos ensayos, se demuestre que dicha sustancia en las proporciones previstas produce el efecto deseado sin perturbar las restantes características del hormigón y sin presentar un peligro para las armaduras.

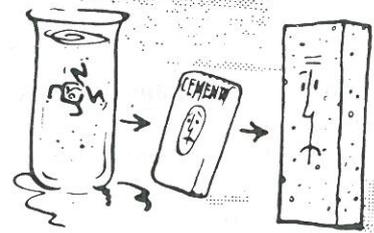
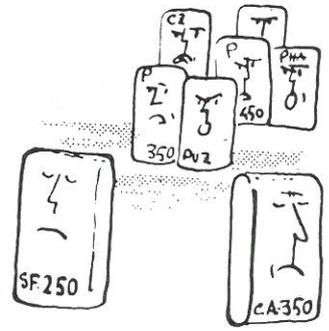
recomendaciones sobre la ejecución

- Amasado manteniendo el tiempo adecuado para conseguir la uniformidad deseable.
- Transporte con la duración adecuada que evite la segregación y principio de endurecimiento.
- Vibrado adecuado que evite la segregación y la porosidad.
- Curado.



Las sustancias que en general poseen carácter agresivo para el hormigón son:

- * Gases que posean olor amoniacal o que, por su carácter ácido, enrojezcan el papel azul de tornasol humedecido con agua destilada.
- * Líquidos que desprendan burbujas gaseosas, posean olor nauseabundo, dejen residuos cristalinos o terrosos al evaporarlos o que por su carácter ácido enrojezcan el papel azul de tornasol; aguas muy puras o de alta montaña y aceites vegetales.
- * Tierras o suelos con humus o sales cristalizadas; sólidos secos o húmedos cuyas dispersiones acuosas enrojezcan el papel azul de tornasol.



el cuidado en la colocación y compactación del hormigón indispensable para una buena estructura de hormigón

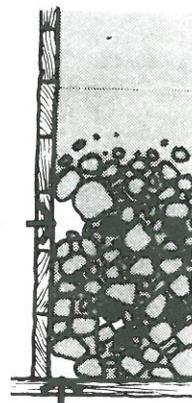
colocación

La operación más importante durante el proceso de ejecución de un elemento, es la de vertido y colocación del hormigón.

El hecho de que un hormigón haya sido correctamente dosificado y llegue a obra con la consistencia adecuada no es razón suficiente para no extremar los cuidados durante el vertido y colocación.

Un buen proceso de colocación debe evitar que se produzca la segregación y conseguir que la masa llene perfectamente todas las esquinas del encofrado y recubra bien las armaduras.

Para garantizar el cumplimiento de estos requisitos se deberán observar los siguientes puntos:



1. No depositar toda la masa en un punto confiando que por sí misma irá escurriendo y rellenando el encofrado. Con ello se evita la segregación del agua y el árido fino.

2. Evitar un exceso de compactado de la masa. Con ello se evita la segregación del árido grueso que en el caso de los hormigones normales se depositaría en el fondo del encofrado y en el caso de hormigones ligeros ascendería a la superficie.

3. Evitar una compactación insuficiente. Con ello se evita que se formen coqueras en la masa y en la superficie de las piezas en contacto con el encofrado.

4. Realizar un correcto vertido del hormigón en los encofrados. El vertido del hormigón en caída libre, produce inevitablemente la segregación, si no se realiza desde pequeña altura.

Para evitar estas segregaciones, la dirección del vertido del hormigón en el encofrado debe de ser la vertical haciendo que la masa pase por un trozo corto de tubo mantenido verticalmente.

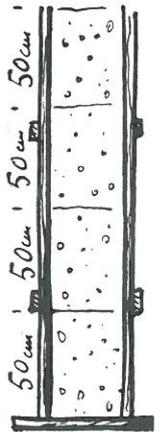
En general el peligro de la segregación es tanto mayor cuanto más grueso sea el árido y menos continua es su granulometría. Sus consecuencias son tanto más graves cuanto menor sea la sección del elemento a hormigonar.





5. No arrojar el hormigón con pala a gran distancia o distribuirlo con rastrillos o hacerlo avanzar más de 1 m. dentro de los encofrados.

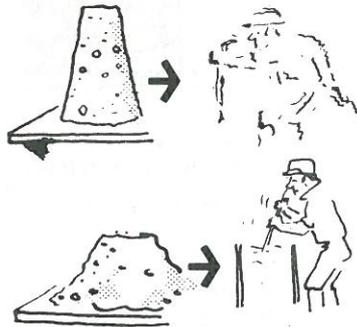
6. El espesor de cada tongada no será superior a 50 cm. Ya que con espesores superiores el compactado no es eficaz.



compactación

La compactación del hormigón es la operación mediante la cual se dota a la masa de la máxima compacidad compatible con la dosificación del hormigón.

La compactación se realizará mediante procedimientos adecuados a la consistencia de la mezcla.

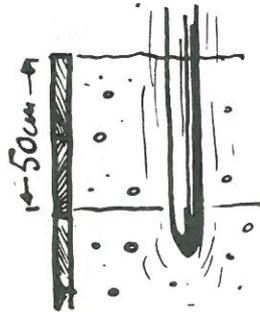


Se realizará la compactación por vibrado cuando se empleen mezclas secas y por picado para mezclas blandas.

Cuando se empleen vibradores internos, su frecuencia no deberá ser inferior a 6.000 revoluciones por minuto. Los vibradores se deben sumergir profundamente en la masa, cuidando de introducir y retirar la aguja con lentitud y a velocidad constante.

La distancia entre los sucesivos puntos de inmersión debe de ser la adecuada para producir en toda la superficie de la masa una humectación brillante.

Es preferible vibrar poco tiempo en muchos puntos, a vibrar más tiempo en menos puntos.

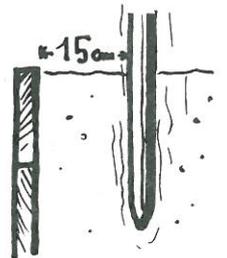


La duración de la vibración debe de estar comprendida entre un minuto y minuto y medio y la distancia entre los puntos de inmersión debe de ser próxima a los 50 cm.

Cuando el hormigonado se realice por tongadas, el vibrador se debe introducir hasta que penetre en la capa inmediatamente inferior.

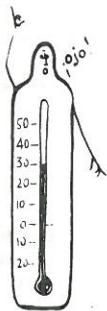
La aguja del vibrador se procurará mantenerla en posición vertical, evitando todo corrimiento transversal del vibrador.

No se debe introducir el vibrador a menos de 10 ó 15 cm. de la pared del encofrado, con objeto de evitar la formación de burbujas de aire y lechada a lo largo de dicha pared.



cómo afecta la temperatura del hormigón a su resistencia

Cuando se prepara la dosificación de un hormigón que responda a unas determinadas características resistentes, se comienza definiendo la relación agua/cemento necesaria, seguidamente se decide sobre la dosificación del agua teniendo en cuenta el asiento solicitado, el tamaño máximo del árido y las características del árido.



Este estudio de las dosificaciones se ha realizado en la mayoría de los casos para unas condiciones térmicas que mantengan los valores de dichas dosificaciones. La incidencia de las temperaturas influye sobre los efectos de evaporación del agua de amasado, sobre la velocidad de hidratación del cemento y sobre las características físicas de los áridos.



efecto de las temperaturas en verano

1. La velocidad de hidratación del cemento aumenta a medida que se eleva la temperatura, lo cual acelera el proceso de adquisición de la resistencia correspondiente a esa dosificación. La incidencia sobre el hormigón fresco es una pérdida de trabajabilidad.

2. La elevación de la temperatura determina un proceso de evaporación del agua de amasado y una disminución en la trabajabilidad del hormigón fresco con un aumento de la resistencia.

El incremento en la evaporación de agua que compense la evaporación, si bien técnicamente conserva los valores de la trabajabilidad y de la resistencia en la práctica se observa un ligero descenso de la resistencia.

3. El efecto de la temperatura sobre los áridos es importante dado el volumen que ocupan en un m³ de hormigón, incrementando el efecto de la evaporación del agua y produciendo los mismos efectos dichos en el párrafo anterior.

4. La elevación de la temperatura incide también en la variación por dilatación térmica del árido determinando para la dosificación prevista una disminución de la trabajabilidad.



recomendaciones

- 1ª.- Mantener los acopios de áridos con la protección que impida un excesivo soleamiento.
- 2ª.- Tener en cuenta los efectos de la evaporación para la corrección de las dosificaciones.

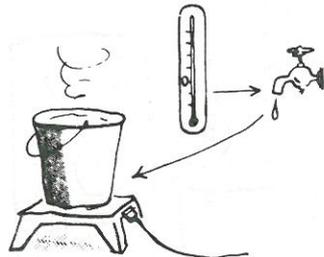


3ª.— Procurar que la permanencia del hormigón fresco, en la cuba hormigonera, sea la menor posible y mantener la cuba hormigonera cuando sea posible fuera de la acción directa del sol.

4ª.— Empleo de fluidificantes - retardantes.

efecto de las temperaturas en invierno

1. La velocidad de hidratación del cemento disminuye a medida que desciende la temperatura, lo que determina un lapso de tiempo superior, para alcanzar la resistencia correspondiente a esa dosificación.
2. La congelación del agua de amasado determina un incremento de su volumen y crea tensiones internas que determinan la rotura de la estructura del hormigón.



recomendaciones

- 1ª.— Elevar artificialmente las temperaturas del agua de amasado y de los áridos para permitir la normal hidratación del cemento y evitar los problemas de la helada. Mantener las condiciones de temperatura y humedad durante el proceso de curado.
- 2ª.— Utilizar aditivos de acuerdo con las características de la obra como son anticongelantes y aceleradores.

relación temperatura-grado de endurecimiento

La relación entre la temperatura y el curso de endurecimiento puede expresarse de forma aproximada mediante la regla de Saul. El estado de madurez o grado de hidratación de la pasta de cemento se expresa por el producto del tiempo y de la temperatura

$$R = a(T + 10)$$

siendo

- a = la edad de endurecimiento en días u horas
- T = Temperatura dada

En el gráfico se dan los resultados de la resistencia a compresión relativa del hormigón respecto del estado de madurez según Price.



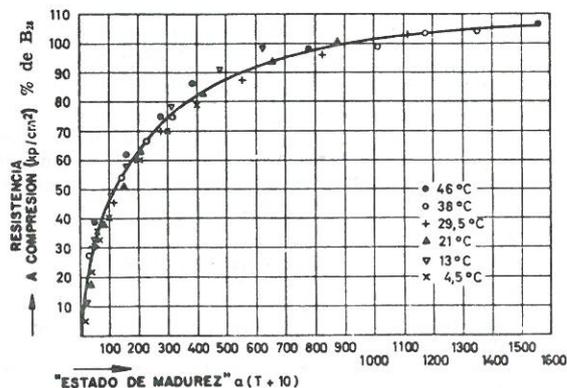
En el eje horizontal se representa el estado de madurez del hormigón y en el vertical la resistencia a compresión en tanto por ciento de la resistencia a 28 días en condiciones normales de humedad y temperatura.

A la vista de este gráfico resultan claras las normas que exigen mantener unas temperaturas mínimas del hormigón a diferentes edades. Así, p. ej., para hormigones en masa se exige que durante los tres primeros días se mantenga una temperatura de 21° C, hasta los 7 días de 10° C y en adelante como mínimo de 4° C. Esto da un estado de madurez según la expresión anterior:

$$R = 3.31 + 4.20 + 21.14 = 467$$

Según el gráfico, permite alcanzar más resistencias a los 3 días, 7 días y 28 días del 40 0/0, 60 0/0 y 85 0/0 respectivamente de la resistencia a 28 días en condiciones normales.

gráfico



una guía para hormigonar en verano



1. Lo que debe entenderse por tiempo caluroso

Teniendo en cuenta los propósitos que animan estas recomendaciones de carácter práctico, se va a definir como tiempo caluroso, toda combinación de aire a elevada temperatura, baja humedad relativa y viento, conducente a alterar la calidad del hormigón fresco o endurecido.

Así como el tiempo frío afecta al hormigón cuando la temperatura del aire se encuentra por debajo de 4° C y se aproxima al punto de congelación del agua, el tiempo caluroso es difícil de definir solamente en función de la temperatura.

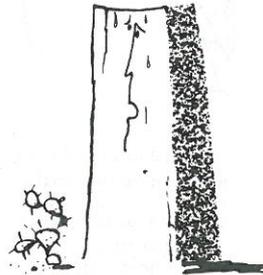
Los factores climáticos que afectan al hormigón en tiempo caluroso son la elevada temperatura del aire y una reducida humedad relativa, efectos que pueden ser considerablemente más pronunciados cuando se incrementa la velocidad del viento.

Los efectos del tiempo caluroso son más críticos durante los períodos de elevación de la temperatura, disminución de la humedad relativa o cuando se presentan ambos factores.

2. Los efectos del tiempo caluroso

Si no se toman precauciones especiales, entre los efectos que alteran la calidad del hormigón en tiempo caluroso se encuentran:

- | | |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) Incremento en la dosificación de agua para la misma consistencia. | durante el enfriamiento del hormigón endurecido. |
| b) Dificultades en el control del aire ocluído. | h) Incremento de las deformaciones plásticas. |
| c) Variaciones rápidas de consistencia. | i) Incremento en la tendencia a la fisuración. |
| d) Rápida evaporación del agua de amasado. | j) Disminución de la durabilidad como consecuencia del incremento en la dosificación del agua y de la fisuración. |
| e) Fraguado acelerado. | k) Disminución de la resistencia. |
| f) Dificultades en la normal puesta en obra, acabado y curado. | l) Aumento de la permeabilidad. |
| g) Mayores cambios dimensionales | |



3. Preparativos para la puesta en obra y curado



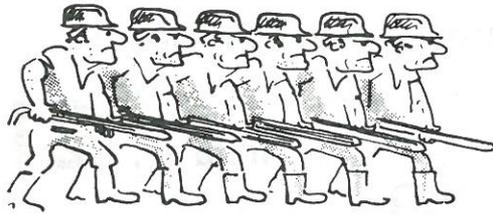
- a) Si se espera que la temperatura del hormigón a colocar exceda los 24° C se debe prever que el transporte, colocación y consolidación del hormigón se realicen a un ritmo muy rápido.



- b) En primer lugar el suministro de hormigón a obra debe de estar programado de tal manera que su colocación se realice tan pronto como se reciba.



- c) El equipo para la colocación del hormigón tiene que tener la capacidad adecuada para que la obra no sufra retrasos. El equipo para compactación debe de ser tal que permita la consolidación del hormigón tan pronto como haya sido colocado. Todos los equipos estarán en condiciones óptimas de trabajo.



- d) Debido a la más rápida variación de consistencia en tiempo caluroso, el trabajo que realizan los vibradores es mayor. Por tanto es necesario prever con amplitud un número de vibradores adecuados.
- e) Los preparativos para la colocación deben de incluir la exacta localización y preparación de las juntas de construcción. En tiempo caluroso debido al más rápido fraguado y endurecimiento del hormigón, el tiempo de preparación de dichas juntas se hace más crítico.

- f) Los desfavorables efectos de las altas temperaturas aumentan con ellas y en consecuencia se debe prever que la situación de las hormigoneras, tuberías de bombeo, etc., estén fuera de la radiación solar o si no pintadas de blanco para absorber menos calor.

Cuando la temperatura del día y las condiciones de humedad sean críticas, la colocación del hormigón debe comenzar a media tarde. Si la colocación del hormigón se comienza por la mañana, se pueden alcanzar temperaturas muy elevadas durante el mediodía en que coinciden el máximo de soleamiento y la máxima generación del calor de hidratación.

- g) Finalmente los preparativos para la colocación del hormigón en tiempo caluroso incluyen las previsiones de protección y curado necesarios, con objeto de evitar una rápida desecación. Son elementos imprescindibles, el agua y en obras de pavimentación y construcción de canales la experiencia ha demostrado que la pronta aplicación de productos de curado es más práctica.

La aplicación del agua de curado debe de ser continua y esto se asegura si se prevé el cubrimiento de la superficie del hormigón con material saturado. Este material tiene que mantenerse en contacto continuamente con la superficie del hormigón. Si se alternan ciclos de humedad y sequedad se favorece el desarrollo de fisuras. El agua de curado no debe de estar mucho más fría que el hormigón porque las tensiones térmicas que pueden originar son posible causa de fisuración.



4. Puesta en obra

- a) Es necesario asegurarse de que el hormigón no se coloque en los encofrados a un ritmo superior al que permite su correcta compactación.
- b) En la puesta en obra del hormigón en vigas y forjados es necesario en tiempo caluroso, realizar la colocación en frentes reducidos. Es conveniente utilizar un pulverizador que derrame una fina lluvia con objeto de enfriar el aire, los encofrados y los rondos de acero del frente de colocación así como para evitar

la rápida evaporación en la superficie del hormigón. Desde luego se tiene que evitar que la pulverización sea excesiva.

- c) Sin esta pulverización entre las operaciones de acabado, y particularmente cuando la humedad es escasa, se puede producir una evaporación del agua de la superficie a un ritmo superior al normal. Esto da lugar a unas tensiones crecientes en la superficie que con frecuencia producen la fisuración.

Cuando esta fisuración se presenta antes del final del fraguado, las fisuras pueden cerrarse, batiendo la superficie a cada lado de la fisura con una llana.



5. Temperatura de la masa del hormigón

La temperatura del hormigón fresco en el momento de su colocación no deberá exceder de 32° C. En caso contrario la programación de la colocación debería prever los medios para limitar dicha temperatura a aquel máximo.

hormigonado en tiempo frío

1. Requisitos generales para el hormigonado en invierno

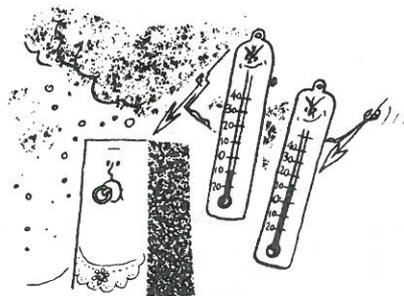
- a) Prevenir al hormigón de los daños que se pueden producir a tempranas edades, por los ciclos de hielo-deshielo. El grado de saturación del hormigón fresco se va reduciendo a medida que endurece el hormigón y el agua se utiliza en el proceso de hidratación.



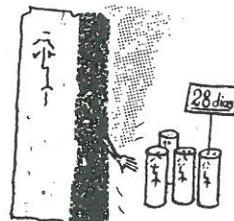
El tiempo en el que el grado de saturación alcanza

el nivel en que no se producen daños por la helada, corresponde más o menos con el tiempo en el que el hormigón alcanza una resistencia a la compresión de 35 kg/cm². Para temperaturas de 10^o C la mayoría de los hormigones bien dosificados alcanzan esta resistencia durante el segundo día.

- b) Mantener las condiciones de curado que protegerán el normal desarrollo de la resistencia, sin un excesivo calentamiento ni una saturación crítica del hormigón al final del período de protección.
- c) Limitar los cambios rápidos de temperatura, sobre todo antes de que la resistencia se haya desarrollado lo suficiente como para soportar las tensiones térmicas. Una helada repentina de la superficie del hormigón puede dar lugar a la fisuración en detrimento de la resistencia y la durabilidad. Acabado el período de protección, la transición en la temperatura de cualquier porción de hormigón será gradual y no excederá durante 24 horas, lo indicado en la línea 2 de la tabla final.
- d) Obtener la protección adecuada a la finalidad de la estructura. Una resistencia satisfactoria a los 28 días en probeta cilíndrica no será suficiente si la estructura muestra esquinas deterioradas por la helada, fisuración por un calentamiento excesivo o superficies deshidratadas como consecuencia de una protección y curado inadecuados.



Por idénticas razones, una resistencia temprana y una buena apariencia estructural, conseguida a base de un exceso de cloruro cálcico, no serán suficientes si el hormigón se fisura años más tarde o se corroe las armaduras. La economía en la construcción no se debe conseguir a costa de sacrificar la durabilidad.



2. Preparativos para el hormigonado

Antes de la colocación, del hormigón, todo el hielo y toda la nieve tienen que retirarse de las superficies que van a estar en contacto con el hormigón.



La temperatura de las superficies que van a estar en contacto con el hormigón, debe de ser tan próxima como se pueda a la del hormigón.

Ningún hormigón se debe de colocar sobre un lecho helado o que contenga materiales helados. Cuando sea preciso colocar el hormigón sobre un lecho que está permanentemente helado, la superficie exterior del lecho tendrá que ser deshelada hasta la profundidad suficiente para asegurar que no se helará el hormigón durante el período de protección previsto, o ser cubierto el lecho con un material granular seco de altura suficiente.

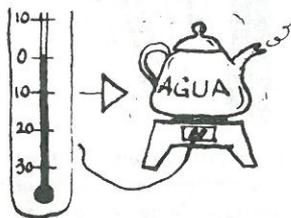
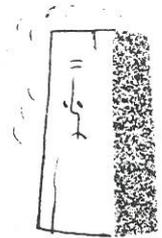
3. Temperatura del hormigón

- a) Para estar prevenidos frente a la eventualidad de una helada y hasta que pueda establecerse la protección del hormigón a la temperatura del hormigón durante su colocación no debe ser inferior a lo indicado en la línea 1 de la tabla final.

La protección contra la helada no aumenta proporcionalmente a la temperatura del hormigón, ya que las pérdidas de calor son tanto mayores cuanto más elevada sea la diferencia térmica.

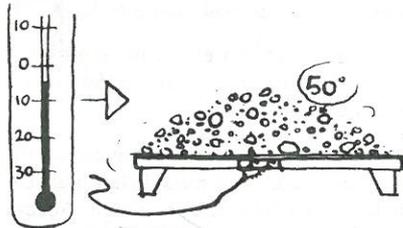
Por otra parte mayores temperaturas exigen mayores cantidades de agua de amasado, producen variaciones en la consistencia y a veces un fraguado rápido.

Las rápidas pérdidas de humedad de las superficies calientes del hormigón pueden ser causa de la aparición de fisuras.



Por tanto la temperatura del hormigón fresco en el momento de su colocación se debe de mantener tan próxima como se pueda a los mínimos indicados.

- b) Cuando la temperatura del aire esté por encima de -1°C y los áridos no tengan hielo ni terrones helados, la temperatura que debe de alcanzar el hormigón se puede conseguir calentando únicamente el agua de amasado. Para temperaturas del aire inferiores a -1°C es generalmente necesario calentar los áridos. Si el árido grueso está seco y libre de hielo y nieve, las temperaturas adecuadas del hormigón fresco se pueden obtener aumentando únicamente la temperatura de la arena.



- c) Cuando se calientan los áridos, en ningún punto su temperatura debe superar los 100°C y su media debe de ser inferior a los 65°C .

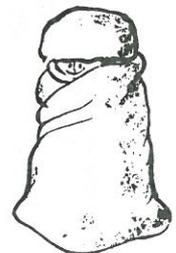
4. Duración de la protección

La duración de la protección depende para las temperaturas indicadas en la línea 1 de la Tabla, de la característica que se quiera proteger, únicamente la durabilidad o únicamente la resistencia y para cada uno de estos conceptos del tipo de cemento utilizado y de las características de la estructura.

Por condiciones de durabilidad, la duración de la protección es recomendable no sea inferior a tres días. Por condiciones de resistencia, la duración de la protección varía entre amplios límites, dependiendo de la temperatura previsible.

T A B L A

	Secciones muy delgadas	Secciones delgadas	Secciones medias	Secciones grandes
1. Temperatura mínima del hormigón $^{\circ}\text{C}$	13	10	7	4,5
2. Caída gradual máxima permisible de la temperatura durante las primeras 24 h., después de finalizada la protección	28	22	17	11



encofrados: un factor básico para obtener una buena estructura de hormigón

El hormigón puede dar lugar a elementos de forma compleja y para ello es necesario moldearlo y mantenerlo en esa forma hasta su endurecimiento.

La misión de los encofrados es dar forma al hormigón fresco.

Los encofrados pueden ser de madera o de metal o de cualquier otro material que reúna condiciones análogas de eficacia.



Condiciones que debe reunir un encofrado

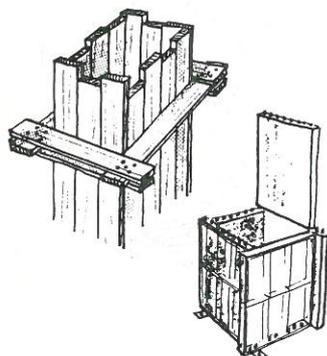
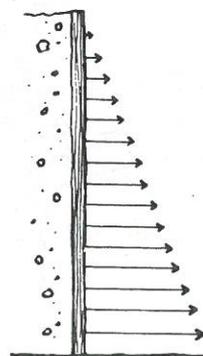
1. **Resistencia y rigidez:** Los encofrados, así como las uniones de sus distintos elementos, tendrán una resistencia y rigidez suficiente para resistir, sin asientos ni deformaciones perjudiciales, las cargas, cargas variables y acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de hormigonado y, especialmente, las debidas a la compactación de la masa.

Como datos orientativos, en cuanto a los límites máximos que pueden alcanzar los movimientos de los encofrados se pueden fijar los de cinco milímetros para los movimientos locales y la milésima de la luz para los de conjunto.

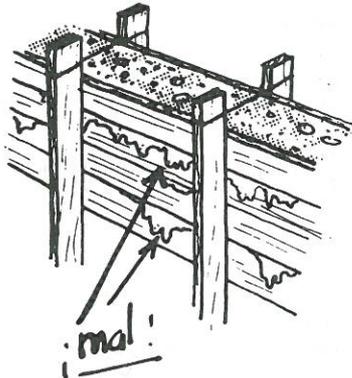
La presión estática ejercida por el hormigón fresco sobre el encofrado, aumenta con la altura de hormigón, asimismo, la vibración para la compactación y el empleo de fluidificantes origina presiones adicionales.

En consecuencia cuando la velocidad de hormigonado sea elevada, se compacte por vibración o se utilicen fluidificantes es preciso cuidar la buena terminación de los encofrados, y adoptar las adecuadas precauciones que garanticen su necesaria rigidez.

Para calcular la presión estática ejercida por el hormigón fresco sobre el encofrado se pueden utilizar los datos siguientes:



Velocidad del vertido (m. de espesor por hora)	Profundidad, en m, a la cual se produce la máxima presión		Presión máxima en kg/m ² . ejercida sobre el encofrado	
	A 21° C	A 10° C	A 21° C	A 10° C
0,60	1,20	1,50	1.650	2.150
0,90	1,45	1,80	2.150	2.400
1,20	1,65	2,10	2.650	3.600
1,50	1,90	2,40	3.200	4.500
1,80	2,10	2,70	3.650	5.100



2. Estanqueidad: Los encofrados serán suficientemente estancos para impedir pérdidas apreciables de lechada, cualquiera que sea el modo de compactación previsto.

La superficie interior será lisa y sin agujeros o nudos.

Las grietas deberán rellenarse y hacerse estancas para evitar la acumulación de suciedad y la penetración de la lechada.

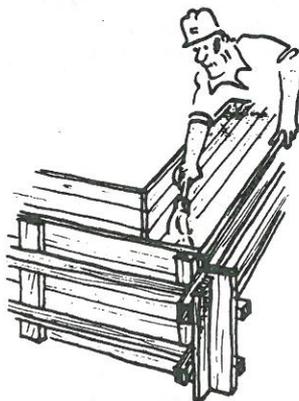
Para mantener las superficies del encofrado en condiciones adecuadas, se deberán mantener embebidas en agua hasta el momento del hormigonado.

No es conveniente que la madera esté verde porque puede retraer antes del hormigonado, ni demasiado seca porque puede pandear cuando se humedece al hormigonar.

3. No atacarán al hormigón: Las superficies interiores de los encofrados aparecerán limpias en el momento del hormigonado y los productos desencofrantes que a ellas puedan aplicarse, no contendrán sustancias perjudiciales para el hormigón.

Antes de reutilizar los encofrados se limpiarán perfectamente con cepillo de alambre para eliminar todo el mortero que haya podido quedar adherido a su superficie.

Algunas maderas sin tratamiento y algunos contrachapados tienen una cantidad de ácido tánico en su superficie, suficiente para que el endurecimiento de los paramentos de hormigón que en ellos se construya sea irregular y se produzcan paramentos deslavados. En estos casos deben encalarse o lavarse con agua caliza las superficies interiores del encofrado.



Otras recomendaciones

Los encofrados deben quedar perfectamente sujetos para evitar movimientos ascensionales o laterales por el efecto del viento o durante el hormigonado.

Cuando vaya a procederse al vertido del hormigón se mojarán los encofrados o pintarán interiormente con aceite soluble u otra sustancia adecuada que responda a la doble condición de no atacar ni al hormigón ni al encofrado. Esta mano de pintura debe darse antes de colocar las armaduras con objeto de que estas no se engrasen, y quede perjudicada su adherencia con el hormigón.

¿cuando se debe desencofrar?

Los encofrados y demás elementos que soportan las cargas de los elementos estructurales durante su construcción, deberán mantenerse en posición hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para que sean capaces de soportar, con el suficiente margen de seguridad su propio peso y el de las cargas permanentes o temporales, que puedan actuar sobre ellos durante la construcción de la estructura.

En general, si las temperaturas son normales, los encofrados verticales pueden retirarse dos días después del hormigonado.

Los elementos del encofrado que soportan directamente el peso del hormigón, deben, en cambio, mantenerse durante un plazo más largo que depende de factores tales como: tipo y tamaño de la pieza hormigonada, cargas previstas, características del cemento utilizado, del hormigón, etcétera.

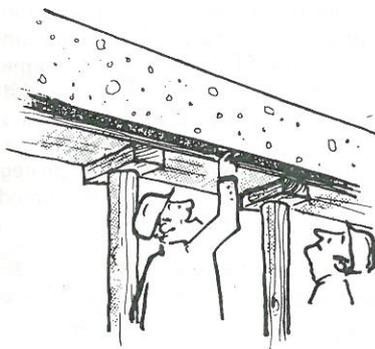
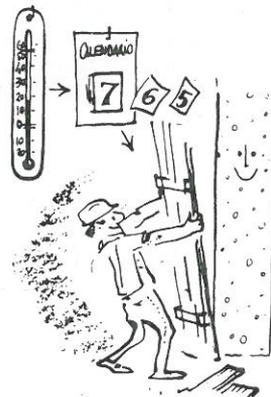
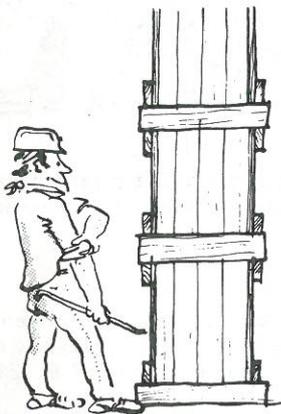
Los apeos se irán retirando de forma que el elemento de hormigón vaya entrando en carga gradualmente y de modo uniforme.

Los costeros de vigas y los encofrados de soportes y muros podrán retirarse tan pronto como el hormigón haya endurecido lo suficiente para poder soportar los daños que pudieran ocasionarse durante el desencofrado.

En la operación de desencofrado es norma de buena práctica mantener los fondos de vigas y elementos análogos, durante 12 horas, despegados del hormigón y a unos 2 ó 3 cms. del mismo, para evitar los perjuicios que pudiera ocasionar la rotura, instantánea o no, de una de estas piezas al caer desde gran altura.

Todos los tiempos mencionados, en caso de temperaturas medias diarias inferiores a 4º C., deben prolongarse un número de días igual al de aquellos en que la temperatura haya sido inferior a ese límite.

A título de orientación, pueden indicarse los plazos de desencofrado por la fórmula:



$$n = \frac{400}{\left(\frac{Q}{G} + 0,5\right) (T + 10)}$$

en la que:

- n = Número de días.
- T = Temperatura media, en °C., de las máximas y mínimas diarias durante los n días.
- G = Carga que actúa sobre el elemento al descimbrar (incluido el peso propio).
- Q = Carga que actuará posteriormente.

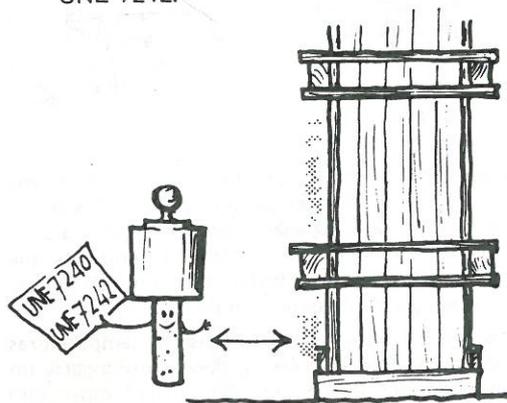
Esta fórmula es sólo aplicable a hormigones fabricados con cemento Portland y en el supuesto de que su endurecimiento se haya llevado a cabo en condiciones ordinarias.

Además de las indicaciones de carácter general hasta ahora reseñadas, deberán también tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) El encofrado superior de las superficies inclinadas de hormigón se quitará, tan pronto como éste haya alcanzado la rigidez suficiente para que no deslice.
- b) Los encofrados de madera para formar los huecos en los muros se retirarán tan pronto como pueda hacerse sin daño para el hormigón.
- c) Los fondos y apeos de los encofrados utilizados para soportar el peso del hormigón en vigas, placas y otros elementos estructurales, se mantendrán colocados hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia mínima especificada en el Pliego de Prescripciones para poder realizar el desencofrado.
- d) Cuando el plazo para el desencofrado o la retirada de los correspondientes puntales, se supedita a que el hormigón haya alcanzado una determinada resistencia, se supondrá que esta resistencia ha sido obtenida cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones:



- 1.- Cuando las probetas curadas en obra, en las mismas condiciones que el hormigón que representan, hayan alcanzado la resistencia especificada. Excepto en lo relativo al procedimiento de curado y edad de las probetas, los ensayos se realizarán de acuerdo con lo dispuesto en las normas UNE 7240 y UNE 7242.



- 2.- Cuando el período, durante el cual el hormigón del elemento construido ha estado sometido al proceso de curado, sea igual a la edad de las probetas que, curadas en el laboratorio, hayan dado en el ensayo una resistencia igual a la especificada. El período de curado del hormigón de la estructura, se determinará sumando el número de días, o fracciones de días, no necesariamente consecutivos, durante los cuales la temperatura del aire en contacto con el hormigón ha sido superior a los 10° C., y el hormigón se ha mantenido húmedo y perfectamente protegido contra la evaporación y pérdida de humedad.

Las indicaciones contenidas en esta hoja se basan en las prescripciones y recomendaciones contenidas en la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-80) y en la Norma Básica de estructuras de hormigón armado y en masa.

fisuras: problema polémico del hormigón

El conocimiento de las fisuras, su origen y desarrollo, entraña el de las tensiones en el material.

Las fisuras son las roturas que aparecen en el hormigón, como consecuencia de tensiones superiores a su capacidad resistente.

Las tensiones que actúan en el hormigón, son las solicitaciones por unidad de superficie que resultan de la distribución de las cargas que obran sobre el material y determinan variaciones en las dimensiones del elemento de hormigón.

Tales variaciones pueden ser originadas directamente por las cargas. A su vez, las variaciones de las dimensiones del hormigón pueden desarrollar fuerzas importantes.

Cuando las variaciones son originadas directamente por las cargas, se denominan deformaciones. Cuando las fuerzas son originadas por las variaciones, llamaremos a aquellas, fuerzas espontáneas.

Las fisuras del primer caso son las originadas por los esfuerzos de compresión, tracción, flexión, cortantes y torsión.

Las fisuras del segundo caso son las debidas a las retracciones y a los entumecimientos del hormigón.



... las tensiones ...



a) Esfuerzos de compresión

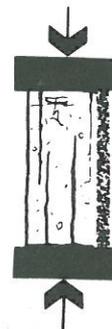
Originan fisuras en la dirección del esfuerzo. Son peligrosas pues su aparición viene a coincidir prácticamente con el estado de agotamiento. Son típicas de los elementos estructurales que trabajan a compresión.

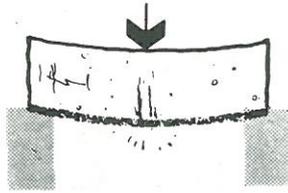
b) Esfuerzos de tracción

Originan fisuras en dirección perpendicular al esfuerzo.

c) Esfuerzos de flexión

Son los más frecuentes en vigas y aparecen en las zonas de esfuerzos máximos, que corresponden al centro de la viga, su zona de aparición es la inferior de la viga y son de trazado vertical.

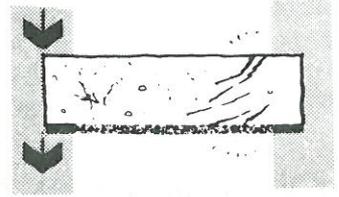




También aparecen sobre apoyos en la parte superior de la viga o en zonas próximas al apoyo combinadas con esfuerzo cortante en la zona inferior de la viga, con trazado de 45°.

d) Esfuerzos cortantes

Originan fisuras inclinadas y a veces con tramos casi horizontales.



e) Esfuerzos de torsión

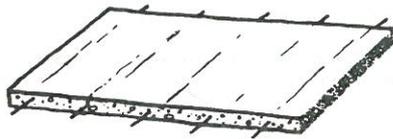
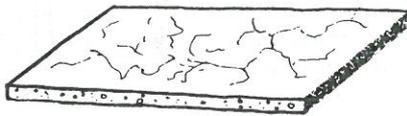
Originan fisuras cuyo trazado rodea el perímetro del elemento, buzando en direcciones opuestas en uno y otro paramento.



Fisuras de retracción

Hay que distinguir cuando se habla de retracción, la retracción hidráulica y la retracción térmica.

Dentro de la retracción hidráulica conviene a su vez distinguir entre la retracción hidráulica que se puede presentar antes del fraguado y la retracción hidráulica posterior.



Las fisuras de retracción hidráulica previas a la finalización del fraguado, se producen por la desecación superficial del hormigón en las primeras horas. En elementos de espesor uniforme y sin direcciones preferentes, las fisuras se distribuyen al azar, orientándose paralelamente a direcciones preferentes en caso de haberlas.

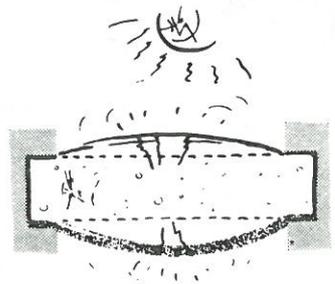
Las figuras de retracción hidráulica posteriores al fraguado, aparecen en elementos cuya libre contracción está impedida. El trazado de estas fisuras es perpendicular al eje del elemento y son de anchura pequeña y constante.

Las fisuras de retracción térmica, tienen como origen la disminución de temperatura en elementos estructurales que tienen coartados los movimientos de contracción. Las fisuras de origen térmico son por lo general atípicas y requieren un estudio particular en cada caso.



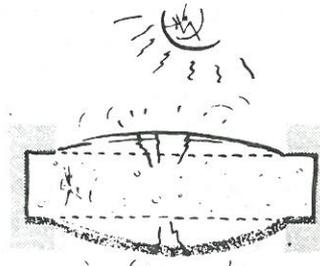
Fisuras de entumecimiento

Los entumecimientos son debidos, a la dilatación térmica, a un exceso de expansivos en el cemento, a la corrosión debida a los sulfatos, a la oxidación de los redondos de acero y a la congelación del agua que ocupa las discontinuidades entre áridos y pasta.



por qué aparecen las fisuras

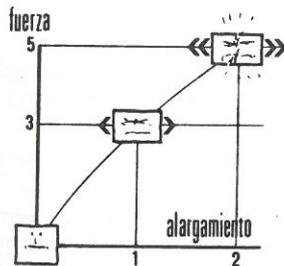
Según el origen de las variaciones de las dimensiones de un elemento de hormigón, se distinguirán fisuras debidas a las deformaciones, cuando estas deformaciones son consecuencia directa de las fuerzas aplicadas, o fisuras debidas a variaciones espontáneas, cuando estas variaciones son las que originan las fuerzas.



I.— FISURAS DEBIDAS A LAS DEFORMACIONES

a) Tracción

La aplicación de esfuerzos instantáneos de tracción a un elemento de hormigón de sección unidad, da lugar a incrementos de longitud que varían en función del esfuerzo instantáneo aplicado. El incremento de longitud que da lugar a la rotura del hormigón, corresponde a un esfuerzo instantáneo de tracción que llamamos tensión de rotura instantánea del material. Los módulos de deformación instantánea disminuyen con la tensión aplicada, hasta alcanzar el módulo de rotura instantánea que es el menor de ellos.



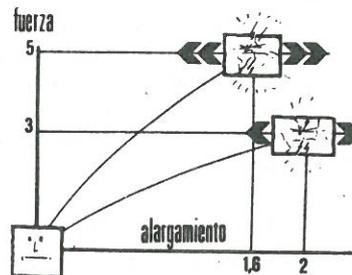
Si en lugar de aplicar instantáneamente un esfuerzo, éste se mantiene aplicado continuamente, la deformación a que da lugar en el hormigón

es superior a la que el mismo esfuerzo produciría instantáneamente. En estas condiciones de permanencia indefinida, la menor tensión necesaria para producir la rotura del hormigón es inferior a la tensión instantánea de rotura y a dicha tensión corresponde un módulo de rotura bajo carga lenta, que es el menor de todos los módulos de deformación y rotura.

Evidentemente, para tensiones aplicadas durante tiempo más o menos largo, corresponden tensiones de rotura menores que para tensiones instantáneas y mayores que para tensiones permanentes, correspondiendo a ello módulos de deformación intermedios.

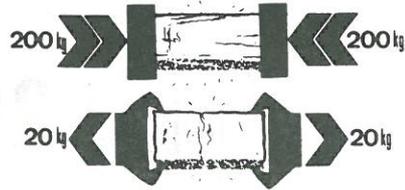
La experiencia ha demostrado que de una manera general, el alargamiento de rotura de distintos hormigones es tanto mayor cuanto menor es la tensión de rotura, lo cual se puede expresar diciendo que el aumento de la resistencia va acompañado de una disminución del alargamiento de rotura y de un aumento proporcionalmente mayor de los módulos de rotura.

Como ejemplo, un hormigón con una dosificación de 350 kg. de cemento por metro cúbico, tamaño máximo de 20 mm., medianamente vibrado y conservado en agua a 20º C. durante 90 días, presenta unos módulos del siguiente orden de magnitud:



- Módulo de elasticidad $\cong 400.000 \text{ kg/cm}^2$.
- Módulo de rotura instantánea $\cong 300.000 \text{ kg/cm}^2$.
- Módulo de rotura bajo carga lenta $\cong 100.000 \text{ kg/cm}^2$.

Estos módulos son tanto menores, cuanto menor es la dosificación, menor es el período de conservación en agua y mayor el número de ciclos de deformación.



b) Compresión

Las tensiones de rotura en el hormigón por compresión son mucho mayores que por tracción, la relación entre ambas tensiones de rotura es del orden de 10.

II.- FISURAS DEBIDAS A VARIACIONES ESPONTANEAS

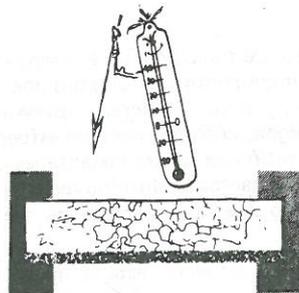
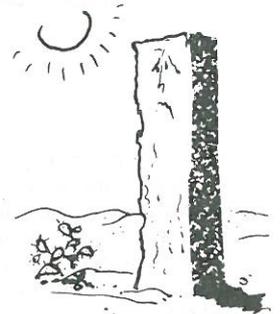
a) Retracción hidráulica

La retracción hidráulica es la variación de contracción del hormigón, originada por tensiones de compresión locales que son consecuencia de la evaporación progresiva del agua de los poros del hormigón que se encuentra en un ambiente seco.

Si la evaporación del agua del hormigón comienza, antes de finalizar el fraguado del cemento, la retracción hidráulica puede alcanzar valores superiores.

La fisuración por retracción hidráulica tiene lugar cuando el hormigón no admite una deformación correspondiente a la de retracción.

La retracción, tensión de rotura y módulo de deformación son variables que dependen del tiempo y por tanto la fisuración por retracción hidráulica se producirá en aquel instante en el que el valor de la retracción sea igual a la relación entre la tensión de rotura del material a tracción y su módulo de deformación.



b) Retracción térmica

La retracción térmica es la variación de contracción del hormigón, originada por tensiones de compresión locales que son consecuencia de las diferencias térmicas entre el hormigón y el medio ambiente.

La fisuración por retracción térmica, tiene lugar cuando el hormigón no admite una deformación correspondiente a la retracción.

Al igual que en la retracción hidráulica, se producirá la fisuración en el instante que el valor de la retracción térmica sea igual a la relación entre la tensión de rotura del material a tracción y su módulo de deformación.

c) Dilatación térmica

La dilatación térmica es la variación de expansión del hormigón, originada por tracciones locales, que son consecuencia de las diferencias térmicas entre el hormigón y el medio ambiente.

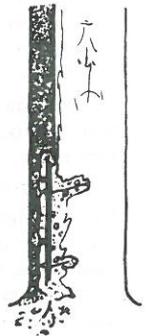
De forma similar a lo indicado en las retracciones, la fisuración se producirá en el momento en que el valor de la dilatación sea igual a la relación entre la tensión de rotura de material a compresión y su módulo de deformación.

Las fisuras debidas a la dilatación térmica son mucho menos frecuentes que las debidas a la retracción, ya que la resistencia a la compresión es mucho mayor que a la tracción.

d) Entumecimiento debido a la oxidación de armaduras

Este tipo de fisuración constituye un importante problema para las estructuras de hormigón armado. El aumento del volumen del acero, aproximadamente unas diez veces, somete al hormigón circundante a tracciones.

Las fisuras que se originan son paralelas a las armaduras y permiten la propagación de la corrosión química.

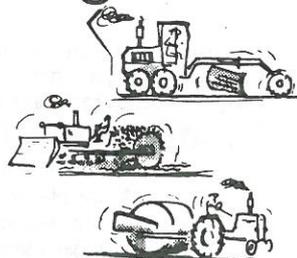


como evitar las fisuras en las superficies de hormigón

Las losas delgadas de gran longitud, como las utilizadas en pavimentación y canalización, son especialmente susceptibles a la fisuración al verse sometidas a condiciones ambientales desfavorables.

El terreno de sustentación de estos elementos estructurales debe de ser firme, estar perfectamente nivelado, ser capaz de soportar las cargas previsibles y tener el grado de humedad adecuado en el momento de la colocación del hormigón.

El hormigón a utilizar debe de estar dosificado con los contenidos mínimos de cemento y agua necesarios en función de las características de la obra.



Las operaciones de acabado de la superficie del elemento de hormigón deben reducirse al mínimo y es aconsejable que una vez finalizadas estas operaciones de acabado, la superficie sea protegida hasta que comience el proceso de curado.

Fisuración durante la fase constructiva

Los tipos de fisura que aparecen en los pavimentos durante la fase de construcción pueden dividirse en:

- Fisuras por retracción.
- Fisuras por retracción superficial.
- Fisuras por deformación.

Las fisuras por retracción vienen originadas por la desecación de la zona superior de la losa y pueden alcanzar profundidades superiores a los 25 mm. Estas fisuras son por lo general de trazado corto y se desarrollan más o menos paralelamente al eje central, aunque no necesariamente.

La causa principal, origen de esta fisuración, es la excesiva y rápida pérdida de humedad que se puede deber a alguna o algunas de las siguientes razones:

- Terreno de sustentación seco.
- Utilización de áridos secos.
- La evaporación producida por el calor o los vientos secos.

Otras causas, pueden ser la presencia de un exceso de finos en el hormigón, un exceso de agua en la mezcla o un retraso en el comienzo del proceso de curado.



Este tipo de fisuración se puede prevenir eliminando las causas que son su origen y que son las citadas, esto es:

- Estudiando la dosificación del hormigón, reduciendo el contenido de finos y de agua.
- Humedeciendo el terreno de sustentación y los áridos utilizados en la fabricación del hormigón.
- Comenzando tan pronto como sea posible el proceso de curado.





Las fisuras por retracción superficial muy finas y superficiales se conectan entre sí, describiendo figuras semejantes a la piel de cocodrilo. Su origen es la retracción de la pasta de cemento que ha sido transportada a la superficie por un exceso de vibrado.

También aparecen estas fisuras cuando se rocía agua sobre la superficie para facilitar las operaciones de acabado, o cuando el árido utilizado en la fabricación del hormigón porta un exceso de polvo que provoca la exudación.

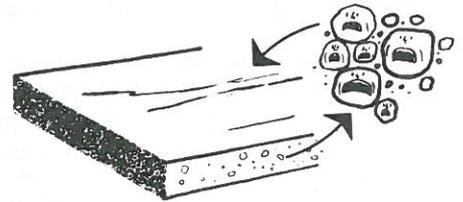
El calor y la sequedad del viento son también factores causantes de este tipo de fisuras.

Las fisuras por deformación que se desarrollan a través de la losa son debidas a las perturbaciones que sufre el hormigón antes de su endurecimiento. Dichas perturbaciones pueden tener su origen en alguna o algunas de las razones siguientes:

- Deformaciones del terreno de sustentación.
- Movimiento de los encofrados.
- Desplazamiento de los redondos de armar.
- Los áridos muy absorbentes pueden dar lugar a veces a una fisuración de este tipo.

Generalmente los hormigones serán tanto más fisurables cuanto más fluidos.

A veces ciertos suelos sufren deformaciones al absorber humedad y en consecuencia las losas que reposan sobre estos suelos están expuestas a la fisuración por deformación del terreno, al absorber éste el agua del hormigón.



Fisuración posterior a la fase constructiva

Las fisuras que se desarrollan en las losas de hormigón se deben por lo general a descuidos en las prácticas constructivas.

La fisuración transversal y el desconchamiento próximo a las juntas tienen su origen en una mala colocación de los conectadores. Estos conectadores deben de ser dispuestos paralelamente a la base de sustentación y al eje central de la losa. Los elementos en los que se sitúan los conectadores, deben de poder mantenerlos en la situación precisa para permitir el subsiguiente deslizamiento en el hormigón endurecido.

Las fisuras transversales pueden tener su origen en un fallo del terreno de sustentación o en la resistencia del terreno al deslizamiento del hormigón que es a su vez consecuencia de sus variaciones dimensionales.



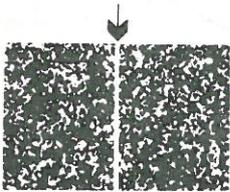
Las fisuras longitudinales aparecerán si se ejecutan pavimentos excesivamente anchos en una sola operación. Se estima que la anchura de las losas no debe exceder de los 5 metros, sin una junta de construcción.

Las fisuras longitudinales pueden resultar de un asiento diferencial de la losa. Esto último puede resultar de un reblandecimiento del terreno de sustentación por infiltración de agua bajo la losa a causa de un drenaje deficiente.

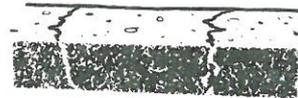
las juntas en el hormigón pueden evitar la fisuración

Juntas de construcción

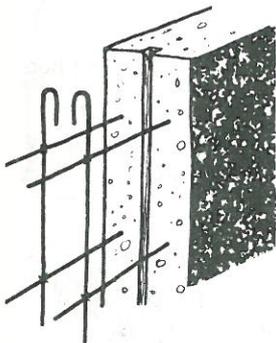
Una junta es una superficie plana, intercalada entre dos elementos de hormigón; el segundo elemento se ha colocado contra o sobre el primero una vez que éste último ha endurecido.



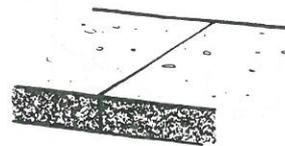
Las juntas de construcción pueden ser horizontales como en los pilares o verticales como en las losas y su situación debe de venir indicada en los planos del proyecto.



Cuando por cualquier razón, se hace necesario disponer una junta, ésta deberá estar situada en un plano normal a la dirección de la armadura y en la zona de esfuerzo



cortante mínimo. En losas o vigas simplemente apoyadas, el mínimo de esfuerzos cortantes está en las proximidades del centro del vano.

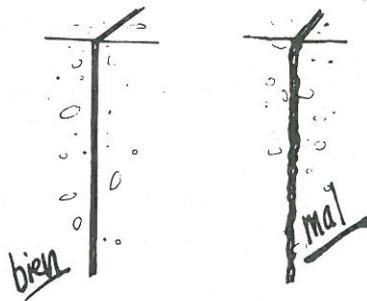


La armadura es normalmente continua a través de las juntas de construcción, debiendo preverse conectadores en caso contrario.

Una vez que el hormigón haya alcanzado suficiente resistencia, se retirará el encofrado y se procederá a tratar la junta. El tratamiento puede realizarse bien con chorro de

agua de caudal y presión suficiente como para eliminar de la superficie la pasta de cemento, bien con chorro de arena húmeda. Estos tratamientos deberán realizarse cuando se espere que los áridos no vayan a desprenderse del hormigón.

Las cualidades de una buena junta son la regularidad y la lisura de superficie, evitándose los resaltos y depresiones producidos por los áridos.



Juntas de contracción

El hormigonado de grandes superficies, exige la ejecución de juntas de contracción con objeto de controlar la fisuración.

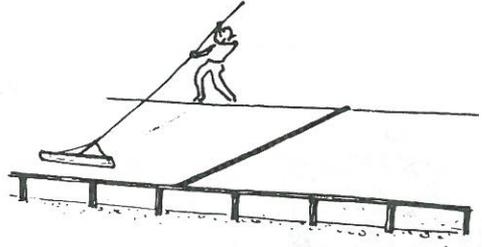


La localización de las juntas debe de venir especificada en localización y ejecución en los documentos del proyecto.

Hay varios métodos de ejecución de las juntas de contracción. Uno de ellos consiste en hacer un surco en la superficie del hormigón, debiendo quedar perfectamente trazada la junta sobre el hormigón endurecido.

En otros procedimientos se sitúa en el hormigón fresco un listón de madera o metal que luego se retira, quedando una ranura en el hormigón.

Se debe de procurar siempre dar a la ranura un buen acabado, dejando sus extremos redondeados y procurando que el surco quede limpio de hormigón o áridos.



Trazadas las juntas, se rellenan con mastic para evitar la entrada de cualquier material y la filtración de agua.



Juntas de dilatación

El objeto de una junta de dilatación es facilitar los movimientos del hormigón debidos a sus cambios dimensionales.

Las juntas de dilatación en los puentes deben estar previstas para compaginar los movimientos a que está sometido el hormigón como consecuencia de los cambios térmicos y la necesidad de disponer de una superficie continua al tráfico.

Las juntas de dilatación deben preverse también en grandes edificios.

Las juntas de dilatación se pueden ejecutar por medio de listones durante la colocación del hormigón. Tanto la localización como la ejecución deben de venir especificados en los documentos del proyecto.



La inspección de la localización y ejecución de las juntas incluye la comprobación de que los conectadores están debidamente alineados. Un conectador o junta no debidamente alineado es causa segura de un desconchamiento en cualquier movimiento.

Debe prestarse gran atención durante el vertido del hormigón con el fin de evitar cualquier movimiento en el montaje de la junta.

Igualmente, debe vigilarse que la junta esté limpia de finos y de cualquier proyección de hormigón, antes de su endurecimiento.



como reparar los defectos superficiales en el hormigón

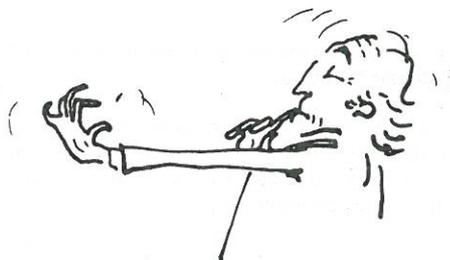
Las fisuras que aparecen en el hormigón son los síntomas que permiten intuir la existencia de condiciones que le afecten adversamente. Por ello la reparación de las fisuras puede o no ser eficaz si dichas condiciones adversas no son primeramente eliminadas.

Antes de comenzar a reparar cualquier fisura, ésta debe quedar perfectamente limpia. Si la fisura es fina puede ser suficiente un chorro de aire a presión. Fisuras más desarrolladas necesitan de una limpieza más cuidada, quitando todo el hormigón afectado por la fisuración y todo el material extraño que se pueda haber introducido.



Tanto cuando se utiliza mortero como cuando se utilizan resinas epoxy para la reparación de fisuras, el hormigón debe estar perfectamente seco, extremándose las precauciones al utilizar resinas epoxy.

En aquellos casos en que la reparación tenga una finalidad fundamentalmente estética, la elección de los materiales y métodos a utilizar debe ser muy cuidada, pues en caso contrario la reparación resaltará en el conjunto.



I. reparaciones con materiales asfálticos



Cuando se prevea que el elemento de hormigón vaya a estar sometido a deformaciones con cierta continuidad, las fisuras deberán rellenarse con productos plásticos. Estos materiales mantienen su plasticidad y permiten pequeños movimientos del hormigón sin romperse. Son especialmente aconsejables estos productos cuando se trata de evitar la filtración de agua a través de la fisura.

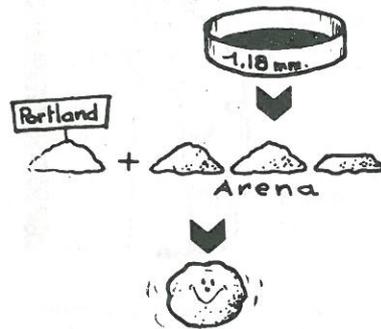
La aplicación de estos productos puede realizarse en caliente o en frío. Los que se aplican en caliente son una mezcla de asfalto, caucho y un filler o materiales semejantes, generalmente de color negro. Hay también filler asfálticos para su aplicación en frío aunque son preferibles los de aplicación en caliente.

Recientemente se han utilizado con ventaja las resinas epoxy, que presentan unas ventajas de ligazón superiores siempre que las superficies de la fisura se hayan preparado adecuadamente.

II. reparaciones con mortero

Las fisuras de gran desarrollo pueden rellenarse con mortero.

El mortero utilizado consta de una parte de cemento Portland y dos partes y media de arena que pasa por el tamiz de 1,18 mm. El mortero tendrá una consistencia tal que una bola moldeada con la mano sea capaz de mantener su forma.



Es recomendable utilizar cemento blanco, con objeto de que la reparación resalte lo menos posible.

El mortero se vierte en la fisura y se compacta por picado, alisando la superficie con una paleta de madera.

La reparación se finaliza curando el mortero bien con agua, bien con un compuesto de curado.

La ligazón entre el mortero y el hormigón se mejora utilizando productos tales como resinas epoxy y latex. Las resinas epoxy se aplican a las superficies del hormigón y el latex se puede añadir al mortero.

III. reparaciones con resinas epoxy

Las pequeñas fisuras se pueden rellenar con resinas epoxy mediante inyección.

Para ello se hacen perforaciones de unos 25 mm. de profundidad a lo largo de la fisura y a unos 60 cm. de distancia de su trazado. En estas perforaciones se colocan los dispositivos de inyección.



Una vez realizadas estas operaciones, se sella la superficie del hormigón fisurada con resina epoxy procurando dejar pequeñas perforaciones cada 15 cm. a lo largo de la fisura.

Cuando la resina superficial haya pasado el período de curado, se rellena la fisura con resina epoxy, utilizando para ello los dispositivos de inyección.

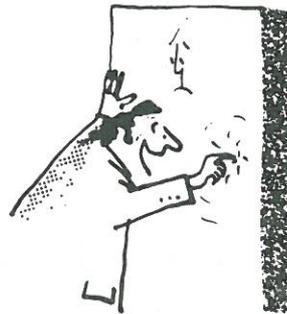
Las fisuras de mayor desarrollo se pueden rellenar con un mortero epoxy que consiste en una mezcla de resina y arena normalizada en proporción de uno a tres. Una vez limpia la fisura, se vierte el mortero, asegurando el llenado completo de la fisura mediante la colocación del mortero con elementos adecuados como espátulas.



como evitar los huecos en la superficie del hormigón

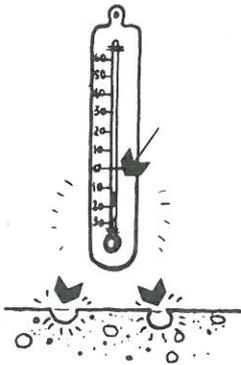
Con frecuencia suelen aparecer en las superficies de hormigón que han estado en contacto con los encofrados, pequeños huecos de diámetros próximos a 15 mm. En algunas ocasiones estos huecos están cubiertos por una delgada capa de pasta seca que se desprende con la presión de los dedos, dejando a la vista el hueco previamente invisible.

Estos huecos pueden ser el resultado de bolsas de aire o de pequeñas concentraciones de agua. Son casi imposibles de evitar en superficies verticales y aparecen con seguridad en superficies inclinadas.



Se ha discutido la influencia del aire ocluido en la aparición de estos defectos superficiales; basta decir sin embargo que estos defectos se han presentado tanto antes de utilizar aire ocluido como ahora.

Estos huecos por lo general no son perjudiciales para el hormigón a no ser que el hormigón esté expuesto a condiciones ambientales adversas. En estas condiciones los huecos actuando como pequeños receptáculos, pueden almacenar agua que al helarse, disgreguen el hormigón.



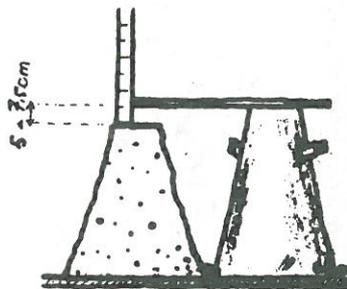
Recomendaciones

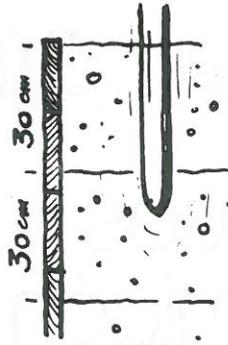
Deben evitarse las mezclas viscosas con un exceso de arena.

La composición del árido debe presentar una buena granulometría, evitando un exceso de finos en la arena.

El hormigón debe tener una consistencia ni demasiado fluida ni demasiado seca, con un asiento de 50 a 75 mm. en aquellos casos en que las características de la obra y los medios de puesta en obra lo permitan.

La observancia de las siguientes reglas ayudará a minimizar la formación de huecos:



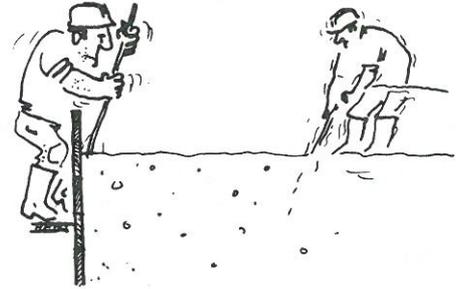


- La colocación del hormigón no se debe realizar con excesiva rapidez, se deberá colocar el hormigón en capas de un espesor máximo de 30 cm. y vibrar cada capa.
- En el caso de superficies inclinadas, la vibración debe ser la necesaria para conseguir la debida compactación.
- En el caso de superficies verticales, efectuando un vibrado un poco más enérgico que el que normalmente se realiza.
- Utilizando vibradores de superficie, acoplados a los encofrados.

- Picando con barra la zona de hormigón próxima a la superficie del encofrado simultáneamente a la compactación por vibración de la masa de hormigón.

- Utilizando encofrados provistos de finísimas ranuras que permitan la salida de agua y aire pero no de mortero.

- Utilizando, en aquellos casos en que la ausencia de huecos sea una exigencia primordial y los costos lo permitan, encofrados provistos de forros absorbentes.



Reparación

En ocasiones se hace necesario reparar las superficies de hormigón, rellenando los huecos.



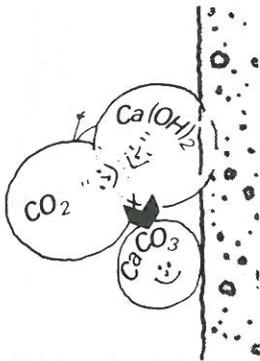
Un primer método consiste en extender sobre la superficie de hormigón, previamente humedecida, un mortero de consistencia seca, constituido por una parte de cemento y dos de arena que pase por el tamiz de 1,18 mm. Acabado el extendido se limpia la superficie del hormigón con una llana, comprobando que los huecos hayan quedado rellenados y a nivel de la superficie. Posteriormente se realizará el proceso de curado, bien con agua, bien con productos de curado. Es recomendable utilizar cemento blanco.

Un segundo método, consiste en el extendido de un mortero de menor consistencia, sometiendo posteriormente la superficie del hormigón a un cepillado con carborundo. Un espesor recomendable para la capa de mortero es el de 0,75 mm.

eflorescencias en el hormigón

Las eflorescencias son depósitos de sales cristalinas que aparecen en la superficie del hormigón endurecido. Su origen es debido a la circulación del agua dentro de la masa del hormigón.

Casi todos los hormigones están más o menos sometidos a este fenómeno.



Al ser el hormigón un material poroso y presentar en muchos casos además fisuración, el agua circula por su interior y lleva a la superficie el hidróxido de calcio que proviene de la reacción entre el cemento y el agua. Después de evaporada el agua, el hidróxido de calcio que se encuentra en la superficie reacciona con el dióxido de carbono del aire, formando carbonato de calcio, que es el compuesto de color blanco que constituye el depósito cristalino.

En otros casos, que se presentan con menor frecuencia, las eflorescencias son originadas bien por el cloruro de sodio o sales similares que se encuentran en el agua de amasado, bien por la materia orgánica que contengan los áridos o aguas utilizadas en la fabricación del hormigón o por materias introducidas en la masa del hormigón por el agua circundante.

Tratamiento

En aquellos casos en que sea preciso eliminar las eflorescencias, hay que intentarlo en primer lugar mediante un lavado con agua.

Si no se consigue su eliminación de esta manera, hay que recurrir a la utilización de una disolución de ácido clorhídrico. Esta disolución tiene una relación agua-ácido de diez a uno.

La superficie de hormigón a tratar se humedece previamente con agua, después se vierte la disolución de ácido clorhídrico y finalmente se lava la superficie concienzudamente con agua.





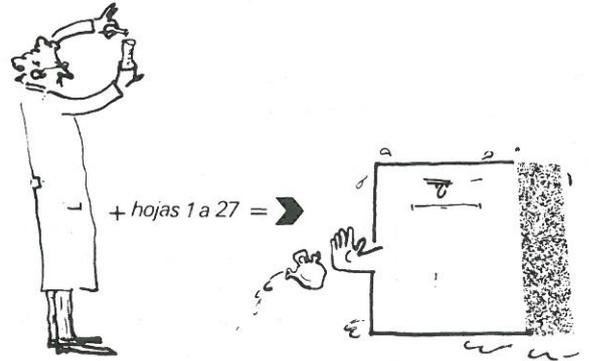
El manejo del ácido clorhídrico por su naturaleza corrosiva debe de ser cuidadoso, protegiendo a los operarios con las ropas adecuadas.

Conviene previamente y con objeto de determinar el efecto del tratamiento, ensayarlo en un área reducida.

Prevención

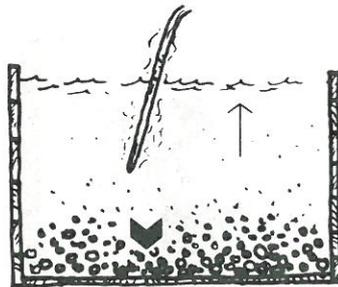
La mejor medida preventiva, consiste en mantener los elementos de hormigón, siempre que sea posible, aislados de la humedad.

También unas dosificaciones bien estudiadas en unión a una compactación y curado adecuados, conduce por una parte a unos hormigones tanto más compactos y en consecuencia tanto más impermeables y por otra a prevenir la fisuración y por tanto las vías de penetración de agua.



Las juntas de construcción se deberían evitar en lo posible, ejecutándolas adecuadamente cuando sean necesarias (ver hoja núm. 27).

En ocasiones se confunden las eflorescencias con el fenómeno, que consiste en la aparición en la superficie del hormigón, durante la fase de consolidación o inmediatamente después, de una sustancia de color gris claro o casi blanco, compuesta por partículas de cemento, agua y partículas arcillosas procedentes de los áridos.



Esta capa que carece prácticamente de resistencia es especialmente indeseable en las juntas de construcción, impidiendo una unión correcta entre el hormigón ya colocado y las sucesivas tongadas de hormigón fresco.

La presencia de cantidades en exceso de lodos, arcillas y polvo en los áridos, aumenta la probabilidad de que se forme esta capa en las superficies horizontales de hormigón.

Por otra parte los hormigones fluidos presentan una clara tendencia a la segregación durante la compactación, transportando estos materiales finos a la superficie.

También las operaciones de acabado de las superficies de hormigón, transportan a la superficie agua y finos que favorecen la formación de la capa.

como evitar manchas en las superficies del hormigón

Las manchas en las superficies del hormigón pueden ser debidas a dos causas:

- A materiales incorporados al hormigón durante su proceso de fabricación.
- A materiales que han entrado en contacto con el hormigón endurecido.

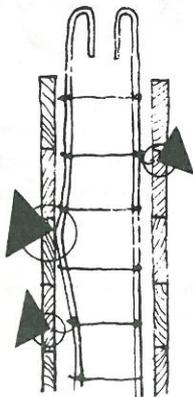


MANCHAS DEBIDAS A MATERIALES INCORPORADOS AL HORMIGÓN DURANTE SU PROCESO DE FABRICACION

- Cuando ciertas pirritas contenidas en el árido utilizado para la fabricación del hormigón, se encuentran próximas a su

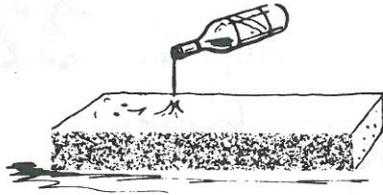


superficie, se oxidan e hidratan, dando lugar a coloraciones marrones.



- La detección en el árido de estas pirritas, se realiza sometiendo los elementos, objeto de duda, a un tratamiento con agua de cal. Las pirritas reactivas producirán un precipitado de color marrón en pocos minutos, mientras que las no reactivas permanecerán estables sin precipitar.
- Cuando se utiliza cloruro de calcio como acelerante, pueden en ocasiones aparecer nódulos en la superficie del hormigón, causantes de manchas, a no ser que el cloruro se añada al hormigón en solución.
- Causas de la aparición de manchas son la colocación inadecuada de las armaduras en contacto con el encofrado que da lugar a una oxidación de éstas o a la presencia en los encofrados de puntas u otros elementos metálicos que entren en contacto con la superficie del hormigón.

MANCHAS DEBIDAS A MATERIALES QUE HAN ENTRADO EN CONTACTO CON EL HORMIGÓN ENDURECIDO



El hormigón, debido a su estructura, presenta una capacidad muy elevada para absorber la mayoría de los materiales que se vierten en su superficie.

La eliminación de las manchas es siempre difícil. Se utilizan diversos compuestos para limpiar las superficies, dependiendo del material vertido. Se hará referencia a la eliminación de grasas, pinturas y tintas.



- **GRASAS:** La eliminación de las manchas que tienen su origen en un vertido de grasa, requiere en primer lugar un raspado de la zona afectada; seguidamente la zona se somete a un tratamiento con chorro de arena, jabón, fosfato trisódico o detergente. Finalmente se somete la superficie seca a un tratamiento mediante la aplicación de una pasta de tierra de diatomeas y benzol, repitiendo este tratamiento hasta no conseguir mejoras.

- **PINTURAS:** Si la pintura está fresca, primeramente se absorbe mediante paño u otros materiales absorbentes; seguidamente la zona se somete a un tratamiento con chorro de arena y agua.

La pintura seca se elimina sometiendo la zona a un tratamiento con dicloro-metileno durante unos minutos y seguidamente a un lavado con agua. En algunos casos puede ser necesario finalmente un tratamiento con chorro de arena y agua.



- **TINTAS:** La mayoría de las tintas ordinarias se pueden eliminar con una solución comercial de hipoclorito de sodio, saturando un paño blanco con dicha solución y aplicándolo a la tinta.

En caso de no ser efectivo este tratamiento se puede recurrir a utilizar una solución de agua amoniacal.

como prevenir defectos en las cimentaciones

Entre los factores que hay que considerar al planear una cimentación, es preciso recalcar los relativos a una adecuada investigación geotécnica de la zona, a una correcta interpretación de los resultados obtenidos en la investigación, a un diseño de elementos que sean resistentes, estables, durables y transmisores de tensiones admisibles por el terreno, y a una ejecución cuidada.

Los cuidados que precisa la ejecución de una cimentación están básicamente recogidos en las Hojas de este Manual, y por esto se hará referencia a particularidades de cimentación por pilotes y a muros de pantalla.

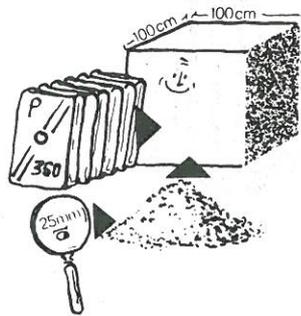


CIMENTACIONES POR PILOTES HINCADOS A PERCUSION

Son las realizadas mediante hincas en el terreno, por percusión sobre su cabeza, sin rotación, de pilotes de hormigón armado, hormigón pretensado, acero o madera.

El hormigón a emplear en la ejecución del pilote no deberá tener una dosificación en cemento inferior a 350 kg/m^3 y el tamaño máximo del árido grueso no deberá ser superior a 25 mm.

Los encofrados a utilizar serán lo suficientemente robustos para que las caras del pilote queden bien planas y lisas.



El hormigonado se hará de una sola vez y sin interrupciones, cuidando especialmente que las armaduras queden bien fijadas.

El período de curado se prolongará lo necesario para que los pilotes adquieran la resistencia precisa para su transporte e hincas. Si los pilotes hubieran de ser hincados en terrenos agresivos, o quedar expuestos al agua de mar el período de curado no deberá ser inferior a 28 días y los pilotes deberán protegerse con una pintura protectora adecuada.



CIMENTACIONES POR PILOTES DE HORMIGON ARMADO MOLDEADO IN SITU

Son las realizadas mediante pilotes de hormigón armado, cuya ejecución se efectúa perforando previamente el terreno y se va llenando la excavación con hormigón fresco y las correspondientes armaduras.

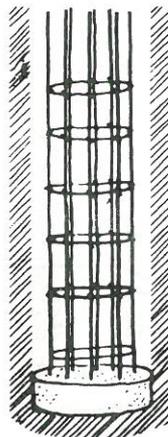
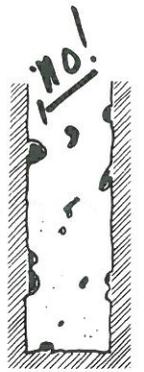
El hormigón utilizado tendrá una docilidad suficiente para garantizar una continuidad absoluta en su ejecución, aún extrayendo la entubación, con una consistencia líquida y no será atacable por el terreno circundante.



En el hormigonado de pilotes se pondrá el mayor cuidado en conseguir que el pilote quede, en toda su longitud con su sección completa; sin huecos, bolsas de aire o agua, coqueas, cortes o estrangulamientos. Se evitarán el deslavado y la segregación del hormigón fresco.

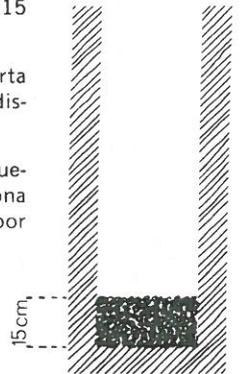
En los pilotes de entubación cerrada o en los de entubación abierta con tapón, ésta se limpiará, de modo que no quede tierra, agua, ni objeto o sustancia que pueda producir disminución en la resistencia del hormigón.

En los demás tipos de pilotes de entubación abierta, se procederá, inmediatamente antes del comienzo del hormigonado a una limpieza cuidadosa del fondo del taladro. Si la sedimentación en dicho fondo rebasase los cinco centímetros, se echará en el mismo un volumen de gravilla muy limpia y de gradación uniforme, sin nada de arena, equivalente a unos 15 cms. de altura dentro del taladro perforado.



Las armaduras longitudinales se asentarán sobre una ligera torta de hormigón de altura inferior al diámetro del pilote y se dispondrán bien centradas y sujetas.

En los pilotes de entubación recuperable el hormigonado se puede hacer en seco o con el tubo lleno de agua. Si se hormigona con el tubo lleno de agua, el hormigón se colocará en obra por medio de una cuchara, tubo, bomba u otros elementos que impidan su deslavado.



PANTALLAS CONTINUAS DE HORMIGON ARMADO MOLDEADAS IN SITU

Son las paredes construídas mediante la perforación en el terreno de zanjas profundas y alargadas, sin necesidad de entubaciones, y su relleno posterior de hormigón, constituyendo una estructura continua, capaz de resistir empujes laterales y cargas verticales.



Si las características del terreno lo exigen, la perforación de la zanja se realizará empleando bentonita.

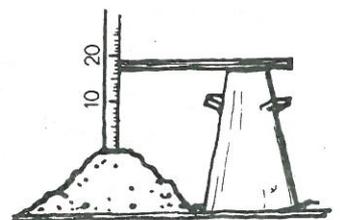
El hormigón para la pantalla tendrá una consistencia, medida por asiento en cono de Abrams, comprendida entre 14 y 18 cm. y la dosificación en cemento no será inferior a 350 kg/m³.

El hormigonado se efectuará siempre mediante tubería que se situará centrada en el panel y se introducirá a través de la bentonita hasta el fondo de la excavación y llevará en cabeza una tolva para la recepción del hormigón.

El hormigonado se hará de forma continua. Si durante el proceso hiciera falta levantar la tubería, ésta se mantendría dentro de la masa de hormigón en una longitud mínima de cinco metros para hormigonado bajo bentonita o de tres metros para hormigonado en seco.

Cuando la longitud del panel sea superior a seis metros, se utilizarán dos tuberías de hormigonado vertiendo el hormigón por ambas simultáneamente.

La bentonita se irá evacuando a medida que progresa el hormigonado.



ensayos no destructivos

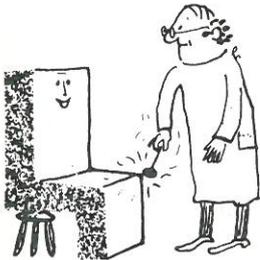
Los ensayos no destructivos comprenden una serie de técnicas destinadas a inspeccionar o probar un material sin perjudicar su empleo futuro. Es decir, sin disminuir sus propiedades típicas.

Se aplican por lo general al hormigón dos tipos de ensayos no destructivos: los ensayos esclerométricos y los ensayos de medición de la velocidad de los impulsos ultrasónicos.



ENSAYOS

ESCLEROMETRICOS



Los ensayos esclerométricos son ensayos superficiales.

Los elementos utilizados para la realización del ensayo son los martillos esclerométricos que miden el rebote de una masa que golpea sobre un pivote en contacto con la superficie del hormigón a ensayar. La masa a rebotar, arrastra un índice que se desplaza sobre una escala graduada. El número indicado en la escala por el índice se denomina índice esclerométrico.

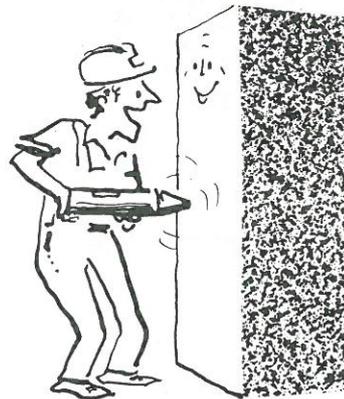
Los ensayos sobre hormigón realizados por esclerometría no se consideran sustitutivos de ensayos normalizados, sino únicamente ensayos complementarios¹ o adicionales.

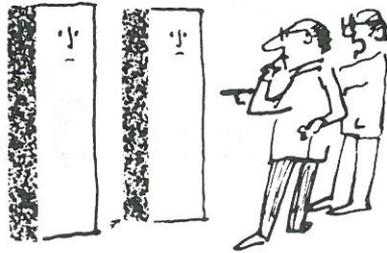
Estos ensayos ofrecen exclusivamente información sobre la calidad de la capa superficial (aprox. 30 mm.) del hormigón.

El utilizador de estos métodos de ensayo tiene que saber que con su aplicación únicamente obtiene una medida de la dureza relativa superficial del hormigón, y que la relación con otras propiedades del hormigón es puramente empírica.

Las circunstancias que justifican el uso de métodos esclerométricos son:

- La comprobación de la uniformidad de la calidad del hormigón en relación con una calidad promedio y en términos de índice esclerométrico.





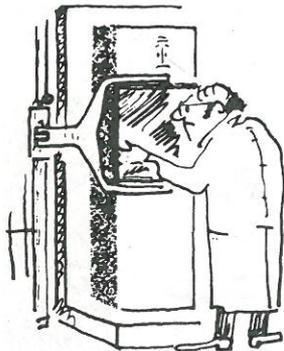
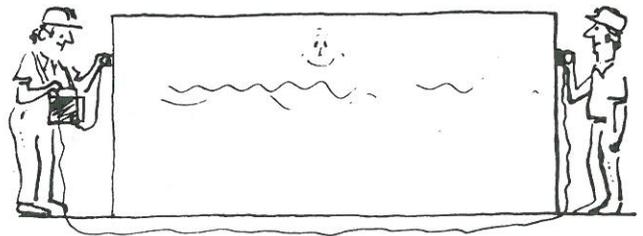
- La comparación de un hormigón, con otro de referencia.
- La estimación, aproximada, de la resistencia del hormigón en probetas, correlacionada con su índice esclerométrico. El uso de esta estimación depende en su precisión de la eliminación afortunada de las influencias que no se hayan tenido en cuenta en la calibración del esclerómetro.

Entre los factores que influyen los resultados del ensayo esclerométrico se encuentran: el tipo y contenido de cemento, el tipo de árido, la superficie del hormigón, la humedad de la superficie, la carbonatación, la edad, la velocidad de endurecimiento, el tipo de curado y la compactación.

ENSAYOS DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE LOS IMPULSOS ULTRASONICOS

El objeto de este método es medir la velocidad de los impulsos de las vibraciones longitudinales que pasan a través del hormigón. Estas mediciones se pueden utilizar para establecer:

- La homogeneidad del hormigón.
- La presencia de fisuras y huecos.
- La comparación de un hormigón con otro de referencia.
- Los valores del módulo elástico del hormigón.
- La calidad del hormigón en comparación con los ensayos normalizados.



Los ensayos sobre hormigón realizados por ultrasonidos no se consideran sustitutivos de ensayos normalizados, sino únicamente ensayos complementarios o adicionales.

La relación entre la velocidad del impulso ultrasónico y la resistencia del hormigón tal como se obtiene por la aplicación de ensayos normalizados, no es única para todos los tipos de hormigón, ya que está influenciada por gran número de factores, como la edad, condiciones de endurecimiento, grado de humedad, tipo y contenido de cemento y tipo de árido.

Cuando se precise una correlación entre velocidad del impulso y resistencia, es necesario establecerla para el tipo determinado de hormigón empleado.

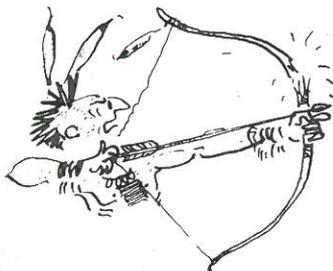
En este sentido la recomendación británica BS 4408 indica que para establecer esta correlación es necesario controlar un número suficiente de muestras hasta cubrir una gama adecuada de resistencias y obtener realidades estadísticas. Por ello es necesario realizar y controlar por lo menos 30 muestras que cubran la gama requerida de resistencias.



armaduras: tipos y usos

Las armaduras para el hormigón serán de acero y podrán ser:

- Barras lisas.
- Barras corrugadas.
- Mallas electrosoldadas.



1.- Características del acero

La característica fundamental que se elige para definir el producto es el límite elástico.

El tipo de acero se designará por las letras AE seguidas de un número que expresa el valor garantizado en el producto del mencionado límite elástico en kgf/mm^2 , y de la letra L.

Precediendo a esta designación de calidad puede añadirse si se estima oportuno, el diámetro nominal de la barra.

Por último se indicará la referencia de la norma UNE 36.097.



A efectos de normalización siderúrgica pueden identificarse por la designación numérica F 6.110. Una barra lisa de 10 mm. de diámetro nominal y de acero de 22 kgf/mm^2 , de límite elástico se designará como sigue:

Ø 10 AE 22 L UNE 36.097 ó
Ø 10 F 6110 UNE 36.097

Las características mecánicas que deberán garantizarse son:

- Carga de rotura.
- Carga total correspondiente al límite elástico.
- Resistencia a la tracción (R).
- Límite elástico aparente (R_e) o convencional ($R_{p0,2}$).
- Alargamiento de rotura.
- Aptitud al doblado simple y al doblado desdoblado.



2.- Características geométricas y ponderales

Las características que deberán garantizarse en estos productos son el diámetro nominal y la masa por metro nominal.

Las tolerancias en masa, área, ovalización, longitud de corte en caliente y de corte en frío se encuentran indicadas en la norma UNE 36.097.

3.- Usos

En general las barras lisas (de acero ordinario) son recomendables para aquellos casos en los que se necesita poder realizar fácilmente las operaciones de doblado y desdoblado (armaduras de espera) o en los que se precisan redondos de superficie lisa.



BARRAS CORRUGADAS

Se entienden como barras de acero corrugadas a las que presentan resaltes o estrías que por sus características mejoran su adherencia con el hormigón.

Las prescripciones para estos productos se encuentran normalizadas en la norma UNE 36.088.

1.- Características del acero

La característica fundamental que se elige para definir el producto, es el límite elástico que expresa el valor garantizado en el producto en kgf/mm^2 .



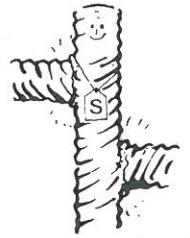
Para la designación de las barras de acero redondas corrugadas, se adoptará el símbolo Φ , seguido del diámetro nominal, de las letras AE, que expresan el tipo de acero, y por un número que indica el valor del límite elástico en kgf/mm^2 , que es la característica fundamental. A continuación seguirán las letras N (composición química) o F (deformación en frío) según el proceso de fabricación.

Eventualmente se añadirá la letra S para las barras cuya aptitud para el soldeo sea garantizada y finalmente se indicará la referencia a la norma UNE 36.088.

A efectos de normalización siderúrgica, pueden identificarse por la designación numérica que se indica en la tabla III de la norma UNE 36.088.

Una barra corrugada de 12 mm. de diámetro, de tipo AE, con un límite elástico de 42 kgf/mm^2 , de dureza natural, con aptitud de garantía para el soldeo se designará como sigue:

$\Phi 12 \text{ AE } 42 \text{ NS } \text{ UNE } 36.088$ ó
 $\Phi 12 \text{ F } 6102 \text{ S } \text{ UNE } 36.088$



Los distintos tipos de acero normalizados son los siguientes:

AE 42, AE 46, AE 50 y AE 60 que pueden fabricarse por uno de los procesos N o F.

Las características mecánicas y de adherencia que deben garantizarse son:

- Carga de rotura.
- Carga total correspondiente al límite elástico.
- Resistencia a la tracción (R).
- Límite elástico aparente (Re) o convencional ($R_{p0,2}$).
- Alargamiento de rotura.
- Relación resistencia/límite elástico (R/Re).
- Aptitud al doblado simple y al doblado-desdoblado.
- Tensión media de adherencia.
- Tensión de rotura de adherencia.



2.- Características geométricas y ponderales

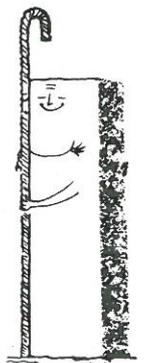
Las características que deberán garantizarse en estos productos son el diámetro nominal, la masa por metro lineal y las características geométricas del corrugado.



Las tolerancias en masa, área, ovalización y longitud se encuentran indicadas en la norma UNE 36.088.

Los parámetros que se eligen para controlar la geometría del corrugado son: la altura de resaltos, la separación de resaltos o paso de hélice y la anchura de los cordones longitudinales.

Es siempre aconsejable el empleo de barras corrugadas (de alta adherencia de acero especial), cuando se desee una resistencia elevada y/o una buena adherencia con el hormigón.



MALLAS ELECTROSOLDADAS

Las mallas electrosoldadas para elementos resistentes de hormigón armado se presentan en paneles rectangulares, constituidos por barras soldadas a máquina.

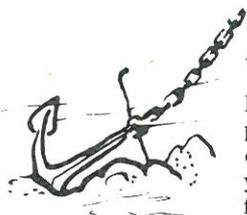
En los paneles las barras se disponen aisladas o apareadas.

Las separaciones entre ejes de barras o, en su caso, entre ejes de pares de barras, pueden ser en una dirección, de 50, 75, 100, 150 y 200 mm. La separación en la dirección normal a la anterior no será superior a tres veces la separación en aquellas ni a 300 mm.

Las barras pueden ser: barras corrugadas de acero cumpliendo las condiciones exigidas en la Instrucción EH - 73, barras lisas de acero trefilado y barras corrugadas de acero trefilado.

anclaje y empalme de armaduras

ANCLAJE



Los anclajes extremos de las barras podrán hacerse por gancho, patilla, prolongación recta o cualquier otro procedimiento garantizado por la experiencia y que sea capaz de asegurar la transmisión de esfuerzos al hormigón sin peligro para éste.



a) Anclaje de las barras lisas

Salvo justificación especial, las barras lisas que trabajen exclusivamente a com-

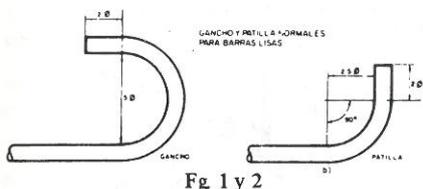


Fig 1 y 2

presión se anclarán por patilla. En los demás casos las barras se anclarán por gancho.

El gancho normal para barras lisas se representa en la figura 1.

La patilla normal para barras lisas se representa en la figura 2.

En la figura 3 se indican las longitudes prácticas de anclaje que deben adoptarse para las barras lisas en los casos que se señalan. Los valores de n se dan en la Tabla I.

Para anclajes en formas distintas a las anteriormente consideradas podrán descontarse: 5ϕ en el caso de curvas comprendidas entre 45° y 90° ; 10ϕ para curvas entre 90° y 135° , y 15ϕ para curvas entre 135° y 180° .

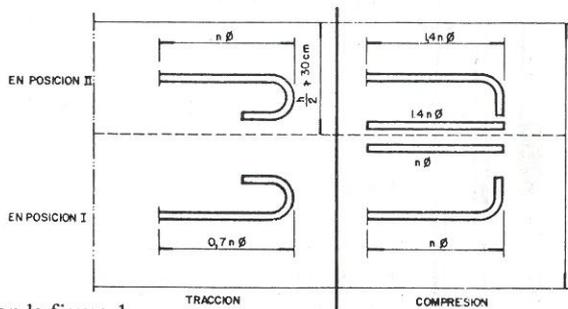


Fig 3

b) Anclaje de las barras corrugadas

Salvo justificación especial, las barras corrugadas se anclarán preferentemente por prolongación recta, pudiendo también emplearse patilla en las barras trabajando a tracción.

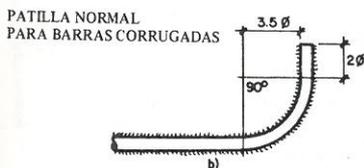


Fig 4

La patilla normal para barras corrugadas se representa en la figura 4.

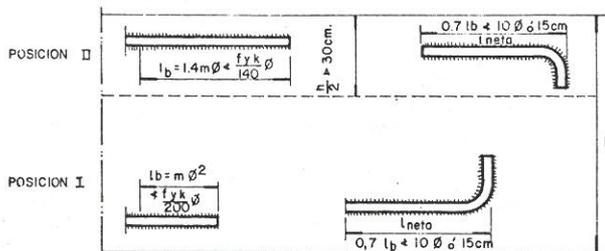


Fig 5

Las longitudes prácticas de anclaje en prolongación recta pueden calcularse para las barras corrugadas con las siguientes fórmulas:

Para barras en posición I:

$$l_b = m \phi^2 + \frac{f_{yk}}{200} \phi + 15 \text{ cm}$$

Para barras en posición II:

$$l_b = 1,4 m \phi^2 + \frac{f_{yk}}{140} \phi + 15 \text{ cm}$$

siendo: ϕ = diámetro de la barra, en centímetros.

m = coeficiente numérico con los valores indicados en la tabla II, en función del tipo de acero.

f_{yk} = límite elástico garantizado del acero en kN/cm^2 . Deberán tenerse en cuenta las limitaciones de la figura 6.

La terminación en patilla de cualquier anclaje de barras corrugadas en tracción permite reducir la longitud de anclaje en 0,7 l_b , no debiendo adoptar para la longitud neta resultante, valores inferiores al mayor de los dos siguientes:

- 10 ϕ
- 15 cm.

TABLA II

TABLA I

HORMIGON	m
H - 125	47
H - 150	43
H - 175	40
H - 200	37
H - 225	35
H - 250	33
H - 300 o mayor	30

HORMIGON	m		
	AEH - 400	AEH - 500	AEH - 600
H - 150	18		
H - 175	16	21	
H - 200	14	19	23
H - 225	13	17	21
H - 250	12	15	19
H - 300	10	13	17
H - 350	9	12	16
H - 400	8	11	15
H - 500	7	10	14

EMPALME

Mientras sea posible no se dispondrán más que aquellos empalmes indicados en los planos y los que autorice el Director de obra; empalmes que deberán quedar alejados de las zonas en las que la armadura trabaje a su máxima carga.

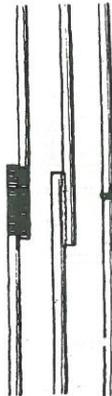
Los empalmes podrán realizarse por solapo o por soldadura. Se admiten otros tipos de empalmes, con tal que los ensayos con ellos efectuados demuestren que esas uniones, poseen una resistencia a la rotura no inferior a la de la menor de las dos barras empalmadas.

Como norma general, los empalmes de las distintas barras en tracción de una pieza se distanciarán unos de otros de tal modo que sus centros queden separados, en la dirección de las armaduras, a una longitud igual o mayor a la de las barras empleadas.

a) Empalmes por solapo

Este tipo de empalmes se realizará colocando las barras una al lado de las otras, dejando una separación entre ellas de 4 ϕ como máximo.

Para asegurar la transmisión del esfuerzo de una barra a otra, es fundamental que el espesor del hormigón existente alrededor del empalme sea suficiente. El valor mínimo recomendable para ese espesor es de dos veces el diámetro de las barras.



Deberá prestarse la mayor atención durante el hormigonado, para asegurar que ése se realiza de un modo adecuado en las zonas de empalmes de barras.

La falta de experiencia y de los necesarios estudios sobre las medidas que deben adoptarse para garantizar el correcto comportamiento de los empalmes por solapo para barras de diámetro mayor de 32 mm., aconseja utilizar en estos casos otros tipos de empalmes, especialmente los realizados mediante dispositivos metálicos tales como manguitos.

b) Empalmes por soldadura

Siempre que la soldadura se realice con arreglo a las normas de buena práctica de esta técnica y a reserva de que el tipo de acero de las barras utilizadas presente las debidas características de soldabilidad, los empalmes de esta clase podrán realizarse:

- A tope por resistencia eléctrica, según el método que incluye en su ciclo un período de forja.
- A tope el arco eléctrico, achaflanando los extremos de las barras.
- A solapo con cordones longitudinales, si las barras son de diámetro no superior a 25 mm.



No podrán disponerse empalmes por soldadura en los tramos de fuerte curvatura del trazado de las armaduras. En cambio, se admitirá la presencia, en una misma sección transversal de la pieza, de varios empalmes soldados a tope, siempre que su número no sea superior a la quinta parte del número total de barras que constituye la armadura en esa sección.

forma correcta de tomar muestras de armaduras

TOMA Y PREPARACION DE MUESTRAS PARA ANALISIS QUIMICOS

Toma de la muestra.— La muestra puede tomarse de uno o varios de los productos sometidos a control, elegidos según se especifique en la norma correspondiente de recepción o muestreo o en la forma previamente convenida.

La cantidad total de material de muestra no será superior a la necesaria para la totalidad de las muestras parciales previstas para los análisis químicos y en general no inferior a 200 gr.

Identificación.— Todas las muestras se identificarán de forma que en cualquier momento puede saberse el producto o lote a que pertenecen, así como, si fuera preciso, su localización y orientación.

Localización y orientación.— Las muestras se tomarán en las zonas y con la orientación que se prescribe en las normas específicas de cada producto. En ausencia de prescripciones concretas, las muestras se tomarán uniformemente de toda la sección transversal.

Preparación de la zona de toma de muestra.— En los casos que sea posible, se someterá la muestra bruta a un chorreado de arena, amolado u otro método adecuado para limpiar la superficie de material ajeno, y si fuera necesario se desengrasará completamente mediante un disolvente apropiado. Cuando cualquier fenómeno de alteración superficial del producto pueda afectar la representatividad química de la muestra, se acordará la forma de eliminar la parte correspondiente. Una vez efectuada esta preparación, se preservará la muestra bruta de toda suciedad.

Modo de efectuar la toma.— Si la muestra debe tomarse de toda la sección del producto, la viruta puede obtenerse mediante cepillo, torno o fresa. Si debe tomarse solo de parte de la sección, además de los medios antes citados, puede emplearse el taladro.

Deberá cuidarse especialmente que la herramienta empleada esté limpia y libre de grasa, lubricantes u otras materias extrañas.

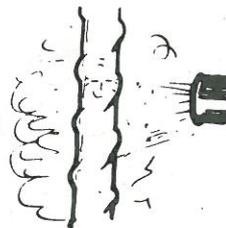


Durante la toma no se empleará agua, aceite u otro tipo de lubricante y se evitará que el calentamiento sea tal que pueda oxidar o descarbonar la viruta obtenida.

Las condiciones de mecanizado serán tales que la viruta obtenida sea lo suficientemente delgada y corta para que no requiera su fragmentación posterior, pero debe evitarse la formación de viruta muy fina o de tamaño irregular.

Durante y después de las operaciones de toma de muestras se preservará a éstas de la oxidación, así como de cualquier tipo de suciedad.

Muestras de comprobación.— Se reservarán dos muestras adicionales para eventuales análisis de arbitraje o comprobación.





Conservación de las muestras.— Las muestras no utilizadas se conservarán en recipientes, preferentemente de vidrio, bien tapadas para evitar cualquier contaminación o alteración, preservándolas de todo contacto susceptible de alterarlas. En especial se evitará el contacto de las muestras con papel o cartón.

Los recipientes estarán debidamente identificados y se juzga necesario precintarlos.

TOMA DE MUESTRAS Y PREPARACION DE PROBETAS PARA ENSAYOS MECANICOS U OTRAS DETERMINACIONES

Operaciones de preparación de la muestra.— Salvo casos especiales o previamente convenidos, la muestra no se cortará hasta que el producto haya sido sometido a todos los tratamientos térmicos previstos, debiendo quedar unida al producto hasta el momento de su recepción.

En los casos en que esto no sea posible, previamente se acordará la fase de fabricación en que puede separarse la muestra. Las muestras se someterán a los mismos tratamientos que los productos, simultáneamente con ellos y en los mismos hornos, procurando que por la situación de éstas las condiciones de tratamiento sean las mismas que las del producto.

El corte deberá realizarse de forma que no se alteren las características de las partes de la muestra de las que deben obtenerse las probetas, o si esto fuera inevitable, prever las creces necesarias para que las zonas alteradas sean eliminadas en las operaciones posteriores. En el caso de que el ensayo deba llevarse a cabo en un estado distinto del de suministro, debe cuidarse que el corte no de lugar a alteraciones que permanezcan después del tratamiento térmico final.

Enderezado.— En algunos casos puede ser preciso enderezar la muestra para una obtención correcta de las probetas. Dicho enderezado no deberá considerarse como un tratamiento mecánico si no da lugar a una acritud apreciable. Se realizará en frío admitiéndose que para los aceros de bajo contenido en carbono, y previo acuerdo, la muestra se enderece en caliente a una temperatura inferior a los 650° C aproximadamente. En el caso que la probeta deba someterse a un tratamiento térmico o mecánico, el enderezado puede hacerse también en caliente.

Si el enderezado lleva consigo una modificación notable de la forma de la muestra, debe convenirse previamente las formas en que puede realizarse. Si no existe un acuerdo en este sentido, deberán tomarse nuevas muestras de forma que no precisen enderezado. El enderezado no está permitido en aquellas muestras de las que se obtendrán probetas destinadas al ensayo de resiliencia.

Si el ensayo debe realizarse en las condiciones de suministro, las muestras no se someterán a manipulaciones posteriores.

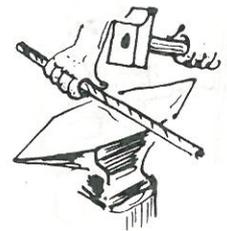
Operaciones de preparación de muestras si el ensayo debe realizarse en condiciones diferentes al de suministro.— Cuando el ensayo deba realizarse en dimensiones o en estados de tratamiento distinto a los de suministro, después del enderezado de la muestra, ésta puede ser sometida a una o varias de las siguientes operaciones que deben ser establecidas en la norma del producto:



- Forja con prensa o martillo hasta las dimensiones adecuadas para la preparación de la probeta.
- Mecanizado, igualmente, hasta las dimensiones de preparación de la probeta.
- Tratamiento térmico para obtener las condiciones de ensayo previstas.

Operaciones de preparación de la probeta.— La muestra, preparada previamente, puede someterse en las condiciones que se especifiquen en las normas del producto o en las del ensayo a realizar, a una o varias de las operaciones siguientes:

- Mecanizado.
- Acondicionado.
- Tratamiento térmico y/o mecánico.



Con la colaboración de

Oficemen

Agrupación de Fabricantes de Cemento de España

Velázquez, 23 - 2º. Madrid - 1



AEFHOP

Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado

Bretón de los Herreros, 43. Bajo Madrid - 3