

DOSIFICACION DE HORMIGONES

El hormigón está formado por elementos activos o ligantes (el cemento y el agua) y elementos pasivos o inertes (los agregados finos y gruesos). Estos últimos ocupan el 75% del volumen total y tienen como finalidad proveer un material de relleno barato, duradero y resistente.

AGUA + CEMENTO + A. FINO + A. GRUESO

Pasta cementicia

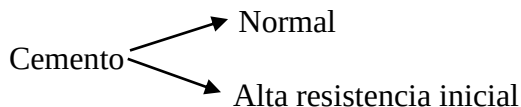
Mortero

Hormigón

Al mezclarse el agua con el cemento se obtiene una pasta que se irá solidificando con el transcurso del tiempo.

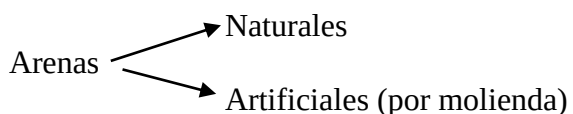
Características de cada elemento:

El **cemento** es el elemento más caro y cualquier razonamiento sobre la economía del hormigón debe estar ligado a reducir la cantidad de este material.



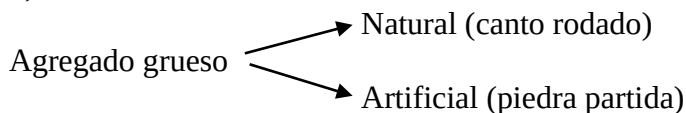
Este último se usa solo si la programación de la obra lo exige, ya que la resistencia final es casi la misma para ambos.

Agregado fino: es el que pasa por el tamiz N° 4 (4, 8mm de abertura de malla)



Las primeras son de grano redondo y por eso dan hormigones más trabajables.

Para determinar la granulometría de las arenas se realiza un ensayo normalizado por IRAM que consiste en dejar pasar la arena por una serie de tamices con aberturas cada vez menores; según los porcentajes retenidos en cada tamiz, se determina un “módulo de fineza” que cuanto menor resulta, más fina es la arena. Si las arenas son muy finas, segregan el agregado grueso y si son muy gruesas dan mezclas ásperas; las adecuadas son entre mf 2,2 y 3,3 y la ideal es la arena oriental gruesa con un mf de 2,75.



Con estas últimas se obtiene un 10% más de resistencia.

El **agregado grueso** no debe pasar de cierto tamaño, porque se dificultaría el colado del hormigón en los moldes y a través de las armaduras; debe ser menor que:

1/5 de la menor dimensión horizontal (columnas)

1/3 del espesor de las losas

3/4 de la menor separación entre armaduras.

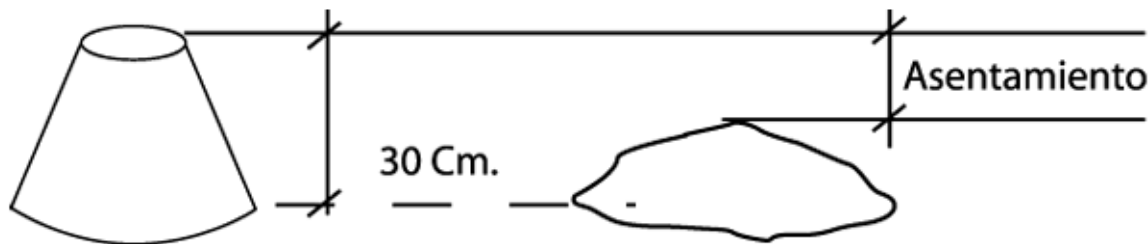
Trabajabilidad y Consistencia:

La trabajabilidad es la facilidad de colado que tiene un determinado hormigón; esta propiedad es consecuencia de la consistencia o sea del estado de fluidez.

Si el material es excesivamente fluido se asentará el agregado grueso. Si en cambio es poco fluido, se dificultará el llenado de los moldes. Por estas razones conviene que la consistencia se encuentre dentro de ciertos límites.

La consistencia de un hormigón debe ser tal que los componentes no se disgreguen durante la colocación y para ello los agregados deben estar “flotando” en la pasta cementicia.

Para medir la consistencia se emplea el cono de Abrams que consiste en un molde de chapa que se llena con hormigón fresco.



Al retirar el molde, el hormigón - por seguir fresco - sufrirá un asentamiento que deberá estar comprendido entre los siguientes valores: (**Fuente:** Método para la Dosificación de Hormigones.- Ing. Juan García Balado)

Escala de Consistencia. Medidas por el asentamiento

Consistencia	Asentamiento (cm)	Observaciones
Seca	0 a 1	Para usarse con fuerte compactación o vibrado
Semi-seca	1 a 5	Puede moldearse satisfactoriamente por compactación o vibrado.
Media	5 a 10	Hormigón plástico. Fácilmente moldeable aunque requiera alguna compactación para colocarlo en la estructuras.
Húmeda	10 a 15	Hormigón fácilmente colocable
Fluida	15 a 20	Hormigón que puede ser vertido en el lugar.

Consistencias y tamaños máximos del agregado grueso para diversos tipos de construcciones.

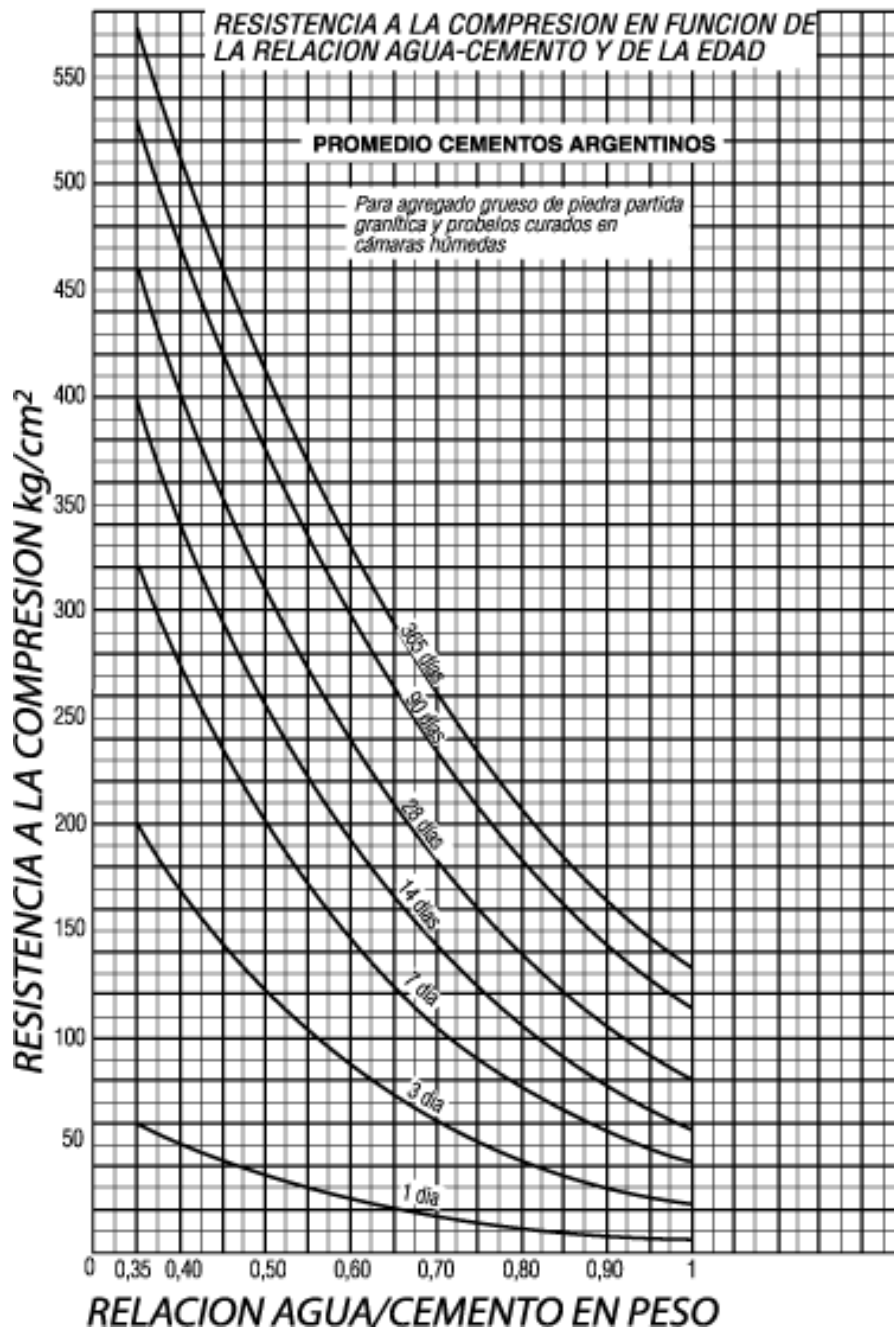
Tipo de construcciones	Consistencia medida por el asentamiento del cono		Tamaño máximo del agregado grueso (mm)
	Máximo (cm)	Mínimo (cm)	
Muros armados de fundación y cimientos	13,0	5,0	38 (1 ½")
→ Fundaciones, cajones y muros de hormigón simple	10,0	2,5	51 (2")
→ Losas, vigas y muros armados	15,0	7,5	25 (1")
→ Columnas de edificios	15,0	7,5	25 (1")
Pavimentos	7,5	5,0	51 (2")
Estructuras de espesor grueso	7,5	2,5	76 (3") 152 (6")

Resistencia Del Hormigón.

Depende fundamentalmente de la relación **Agua / Cemento**: $a/c = \text{Kg. de agua} / \text{Kg. de cemento}$.

Es fácil imaginarse que cuanto menor sea la cantidad de agua que tenga el hormigón, mayor será su resistencia.

La siguiente curva nos da la relación entre resistencia promedio y la relación agua / cemento a la edad de 28 días, que es la establecida en los reglamentos.



Nota: para canto rodado, los valores que da esta lámina deberán reducirse en 30 kg / cm². Fuente: Idem.

CONDICION DE DURABILIDAD:

Simultáneamente hay que verificar que la relación a/c no sobrepase ciertos valores ya que, de hacerlo, se lograría un hormigón de mala compacidad y fácilmente atacable por el clima y el medio ambiente (condición de durabilidad).

En la siguiente tabla figuran las relaciones agua/cemento indicadas para diferentes condiciones de durabilidad.

Relaciones agua – cemento recomendadas para hormigones sometidos a agentes climáticos (condiciones de durabilidad)

Condición a que está sometida la estructura	Relación agua – cemento en peso		
	Clases de estructuras		
	Pilotes, muros delgados, elementos livianos resistentes, vigas y columnas de edificios al exterior	Recipientes, tanques de agua, cañerías a presión, conductos cloacales, revestimientos de canales, diques de secciones delgadas	Muros gruesos, estribos, fundaciones, diques de secciones gruesas
Extrema: 1- En climas severos expuesta a la alteración de humedecimientos y secados, congelación y deshielo, como el nivel de agua en las estructuras hidráulicas. 2- Expuestas al contacto del agua de mar o aguas fuertemente sulfatadas, tanto en climas severos como moderados.	0,49	0,49	0,53
Severa: 3- En climas severos expuesta a la lluvia y nieve y congelación y deshielo, pero sin estar en contacto continuo con el agua. 4- En climas moderados, expuesta a la alteración de humedecimientos y secados, como a nivel de agua de las estructuras hidráulicas.	0,53	0,53	0,60
Moderada: 5- En climas moderados, expuesta a la intemperie, pero sin estar en continuo contacto con el agua. 6- Hormigón completamente sumergido pero protegido de la congelación.	0,60	0,53	0,66
Protegida: 7- Están incluidos los elementos de las estructuras comunes, hormigón debajo del terreno sin estar sujetos a la acción corrosiva de aguas subterráneas o de congelación y deshielo.	0,66	0,53	0,73

Fuente: Método para la Dosificación de Hormigones.- Ing. Juan García Balado

Los valores dados en esta tabla son para hormigones que estén adecuadamente curados, equivalente al que se obtiene protegiendo de la pérdida de humedad, por lo menos durante siete días a una temperatura de 21°. Para condiciones de curado menos favorables que esas, deberán adoptarse relaciones agua – cemento más bajas.

Como se observa en estos valores, cuando más agresivo es el medio menos agua debe tener el hormigón.

Conclusión: para fijar la relación a/c hay que tener en cuenta la resistencia y la durabilidad, adoptando el menor de los dos valores.

Modelo Didáctico:

(las cantidades de agua y cemento son ficticias para hacer más gráficos los conceptos)

Como se mencionó anteriormente, la calidad de un hormigón depende de la relación a/c con independencia de otros factores.

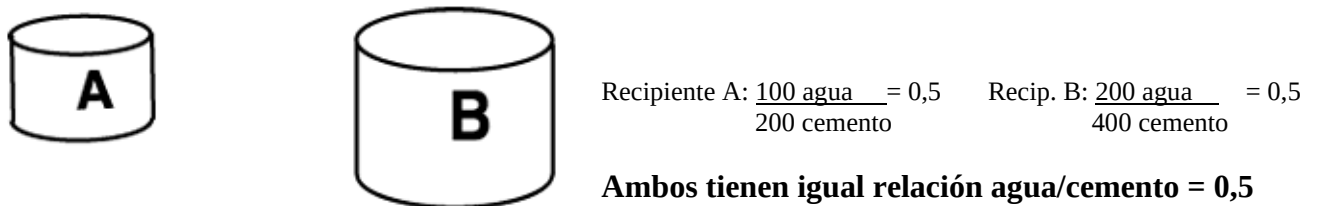
Para entender este concepto, podríamos imaginar a la pasta cementicia (agua + cemento), como un pegamento que tiene por finalidad unir los agregados finos y gruesos para formar una roca artificial.

La resistencia de esta roca artificial dependerá - únicamente - de la calidad de aquel pegamento, vale decir, de la relación a/c.

Este modelo ayudará a comprender como es posible elaborar un hormigón “seco” para llenar, por ejemplo, bases y otro “fluido” para losas, vigas y columnas, con la misma relación a/c.

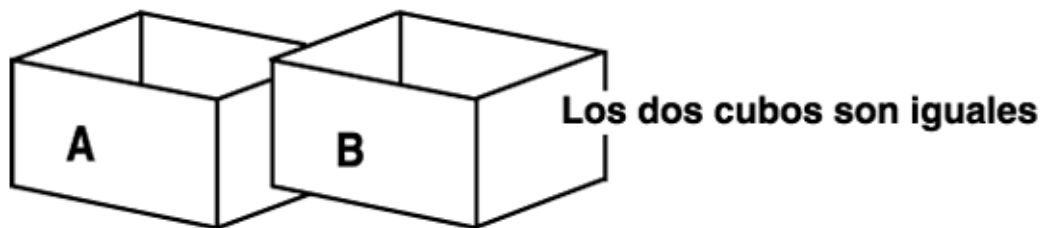
Para ello supongamos que con una determinada relación a/c elaboramos una pasta cementicia con la que llenamos dos recipientes: uno chico - el “A” - y otro grande - el “B” -

Para que el ejemplo sea más gráfico, imaginemos que en el recipiente A tenemos 100 kg de agua y 200 kg de cemento y en el B, el doble de estas cantidades, vale decir, 200 kg de agua y 400 kg de cemento. Sin embargo, en ambos casos la relación agua/cemento, será la misma, o sea 0,5.

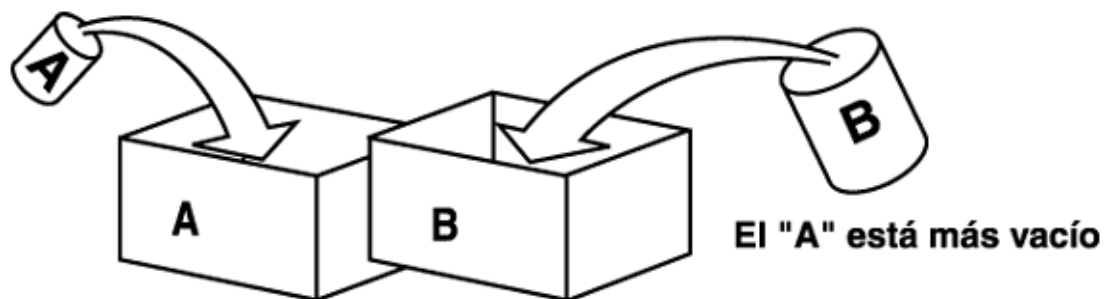


Es importante notar que si bien los recipientes son de distinto tamaño, la relación a/c en ambos es la misma.

A continuación, tomaremos dos cubos vacíos de 1 m³ de capacidad cada uno, que también llamaremos “A” y “B”.

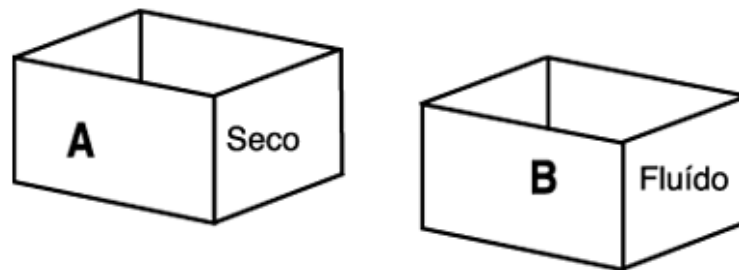


En el cubo “A” elaboraremos el hormigón seco y en el “B” el fluido, y para lograrlo volcaremos la totalidad del recipiente “A” en el cubo “A” y la totalidad del recipiente “B” en el cubo “B”.



Cuando volquemos los agregados en cada cubo, es fácil advertir que los volúmenes de agregados no podrán ser iguales en ambos: si en el cubo **“B”** colocamos mayor volumen de “pegamento”, forzosamente deberá ser menor el volumen de los agregados.

Llegamos así a obtener un hormigón más fluido en **“B”** que en **“A”**, porque el volumen de pegamento fue mayor en aquel, aunque los dos hormigones tendrán la misma resistencia por tener igual relación a/c.



Una forma errónea de razonar lo anterior sería pensar que el hormigón fluido, tiene más agua que el seco. Lo que en realidad pasa es que tiene más agua, pero también más cemento, de tal manera que la relación a/c se mantiene invariable. En el cubo **“B”**, que tiene más agua y más cemento, hay menor cantidad de agregado fino. Esto se debe a que los intersticios que hay entre los agregados gruesos los ocupa la pasta cementicia y por lo tanto desaloja a la arena.

Como vimos en el cuadro sobre asentamientos, existen valores máximos y mínimos para cada parte de una estructura. Por ejemplo, para bases el mínimo es de 2,5 cm y el máximo de 10 cm. Entre esos dos límites, nos conviene siempre elegir 2,5 cm, el menor posible, ya que para lograr un mayor asentamiento hay que utilizar más pasta cementicia y en consecuencia se encarece el producto final.

La trabajabilidad y la consistencia dependen de la relación entre agua y agregado grueso, con independencia de la proporción entre agua y cemento.

Otro concepto importante se relaciona con el T.M.A.G. (Tamaño máximo del agregado grueso).

Este parámetro está limitado reglamentariamente como mencionó anteriormente.

Dejando de lado esta limitación, podríamos preguntarnos que es más conveniente desde el punto de vista económico, Comparemos para ello dos hormigones, uno de T.M.A.G. = 38 mm. Y otro de T.M.A.G. = 16 mm. Como la parte más cara del hormigón es el cemento, cuanto más “pegamento” utilicemos en cada uno, más costoso resultará el hormigón.

Equivocadamente, se podría pensar que es más económico el **“B”** porque los intersticios más pequeños demandarán menor cantidad de pasta cementicia.



Pero lo que ocurre es que es falso que en el **“A”** solo hay agregado grueso de 38 mm. Este es el valor máximo, no el único. Por lo tanto habría que imaginar el **“A”** con intersticios tan reducidos como el **“B”**



Además, debemos pensar que cada agregado grueso de 38 mm, reemplaza a muchos agregados gruesos de 16 mm, que deberán pegarse con pasta cementicia para formar un sólido.



Conclusión: Cuanto mayor es el T.M.A.G., más económico es el hormigón.

Que pasaría si no usáramos agregado grueso?

Por un lado, el hormigón sería carísimo por la gran cantidad de pasta cementicia a emplear, pero además se producirían grandes grietas, porque las reacciones químicas que se originan entre el agua y el cemento liberan grandes cantidades de calor, aumentando mucho la temperatura y en consecuencia el volumen. Al enfriarse, las contracciones de la masa del hormigón, son las que producen las grietas.

Por lo tanto, cuando mayor es el T.M.A.G. menor es la contracción por fragüe.

DEFINICIONES.

Fraguado: es un estado de transición entre la mezcla fresca y el estado endurecido. Se entiende por mezcla fresca aquella que puede transportarse sin que se separen los componentes, conservando la capacidad de cambiar de forma sin que se deteriore el hormigón. El fraguado comienza a las dos o tres horas de haber tomado contacto el cemento con el agua y termina a las catorce horas aproximadamente, cuando el hormigón adquiere resistencia mecánica. Desde el punto de vista químico, durante el fraguado comienza la hidratación de las partículas de cemento.

Endurecimiento: continúa durante varios años hasta que se han hidratado todas las partículas de cemento.

Curado: es el mantenimiento de un ambiente favorable para que continúen las reacciones químicas que otorgan al hormigón un aumento de su resistencia. Como mínimo debe realizarse durante siete días.

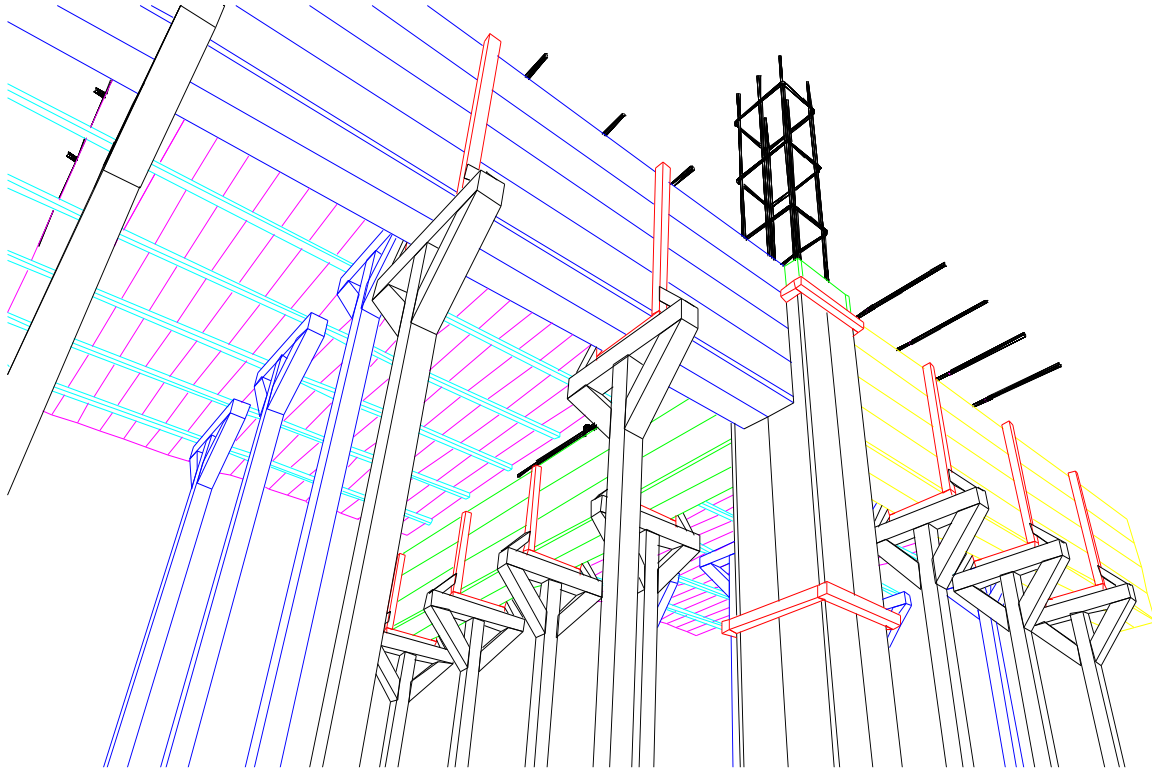
Tiempos de Mezclado: un minuto como mínimo en hormigoneras comunes a partir del instante en que se echó el último balde y 1,5 horas como máximo en camiones con mezclador.

Antes de colocar el hormigón, debe humedecerse el encofrado para evitar que el hormigón pierda agua y, también hay que impregnarlo con un desencofrante.

En los encofrados de las columnas deben dejarse aberturas en la parte inferior para verificar la ausencia de desperdicios. Antes de hormigonar, habrá que cerrar estas aberturas.

El hormigón se colocará en una sola etapa. Las losas se llenarán en sucesivas capas; si por alguna razón se interrumpe el hormigonado, al reanudarlo habrá que asegurarse de la adherencia entre el material viejo y el nuevo. Esto se consigue picando la superficie endurecida y pintándola con resinas epoxi, inmediatamente antes de hormigonar.

Plazos de desencofrado



Encofrados laterales de vigas, muros y columnas: 3 días.

Encofrados de losas (dejando puntales de seguridad; se sacan los puntales de a uno y se vuelve a apuntalar): 14 días

Fondos de vigas (dejando puntales de seguridad; se sacan los puntales de a uno y se vuelve a apuntalar): 14 días.

Puntales de seguridad: 21 días.

Preguntas de Examen.

- * Cuántos días hay que esperar para realizar el ensayo del hormigón?
28 días, plazo en el cual se ha alcanzado el 70% de la resistencia final.
- * Cuándo alcanza el hormigón su resistencia final?
Aproximadamente un año.
- *Cuál es la temperatura mínima para hormigonar?
5° C.
- * Cada 100 kg. de cemento, cuánto se consume de agua?

Es variable según la relación agua / cemento, pero aproximadamente un 25% se consume en la hidratación. El resto se evapora.

* De qué depende la consistencia?

De las cantidades (no de la proporción) de agua y de agregado grueso.

* Y, la resistencia?

De la relación (o proporción) agua / cemento.

* El endurecimiento se reanuda, si se reanuda el curado?

Sí.

* El curado tiene una resistencia directa con el hormigón?

Sí. Cuando el curado ha sido insuficiente, el hormigón no alcanza su máxima resistencia.

* A menor relación a / c, los hormigones son más secos?

No.

* A menor relación a /c, mayor durabilidad?

Sí.

* ¿Qué objeto tiene el curado del hormigón?

Lograr la máxima hidratación del cemento.

* ¿Qué se debe especificar al pedir hormigón elaborado?

La resistencia característica (H 17, H 21, etc.) y el asentamiento.

- ¿Qué es el módulo de balasto?

El **módulo de balasto** es una magnitud asociada a la **rigidez** de un terreno. Su interés práctico se encuentra en que permite conocer el asentamiento de una edificación en el terreno. Se mide aplicando una carga vertical sobre una superficie y midiendo el hundimiento a partir de la carga aplicada.

$$\text{módulo de balasto } k = \frac{F}{A \cdot d}$$

Donde:

F es la fuerza vertical aplicada,

A el área de la superficie en contacto con el terreno donde se está aplicando la fuerza,

d es la distancia vertical de hundimiento lograda.

Si por ejemplo una arcilla tiene $k = 3 \text{ kg/cm}^3$, quiere decir que se aplicó una fuerza de 3 kg sobre una superficie de 1 cm^2 y el terreno se hundió 1 cm