



Empleo del Hormigón Elaborado

Control de Recepción y de Calidad



Introducción

- Para la construcción de obras de arquitectura, **usualmente se contrata la provisión de Hormigón Elaborado.**
- **El Hormigón elaborado es un producto normalizado**, que en general proviene de plantas automatizadas que poseen cierto control de calidad.
- **Sin embargo, se debe establecer un esquema de control sobre la recepción del material así como sobre las tareas de colocación y protección, para asegurar:**
 - **la calidad;**
 - **la durabilidad;**
 - **y la economía de las obras.**



El Hormigón Elaborado

- Al solicitar Hormigón Elaborado se está contratando un servicio por la provisión de un producto, por lo que el pedido tiene que ser muy preciso. Se deben establecer todas las pautas, como en cualquier contrato, a fines de evitar controversias.
- El hormigón elaborado debe reunir la trabajabilidad, la resistencia mecánica, y la durabilidad adecuadas.
- Un H⁰ de clase resistente adecuada pero con trabajabilidad deficiente puede generar pérdidas importantes en la resistencia y la durabilidad de la estructura.



Datos que debe conocer la empresa de H.E.

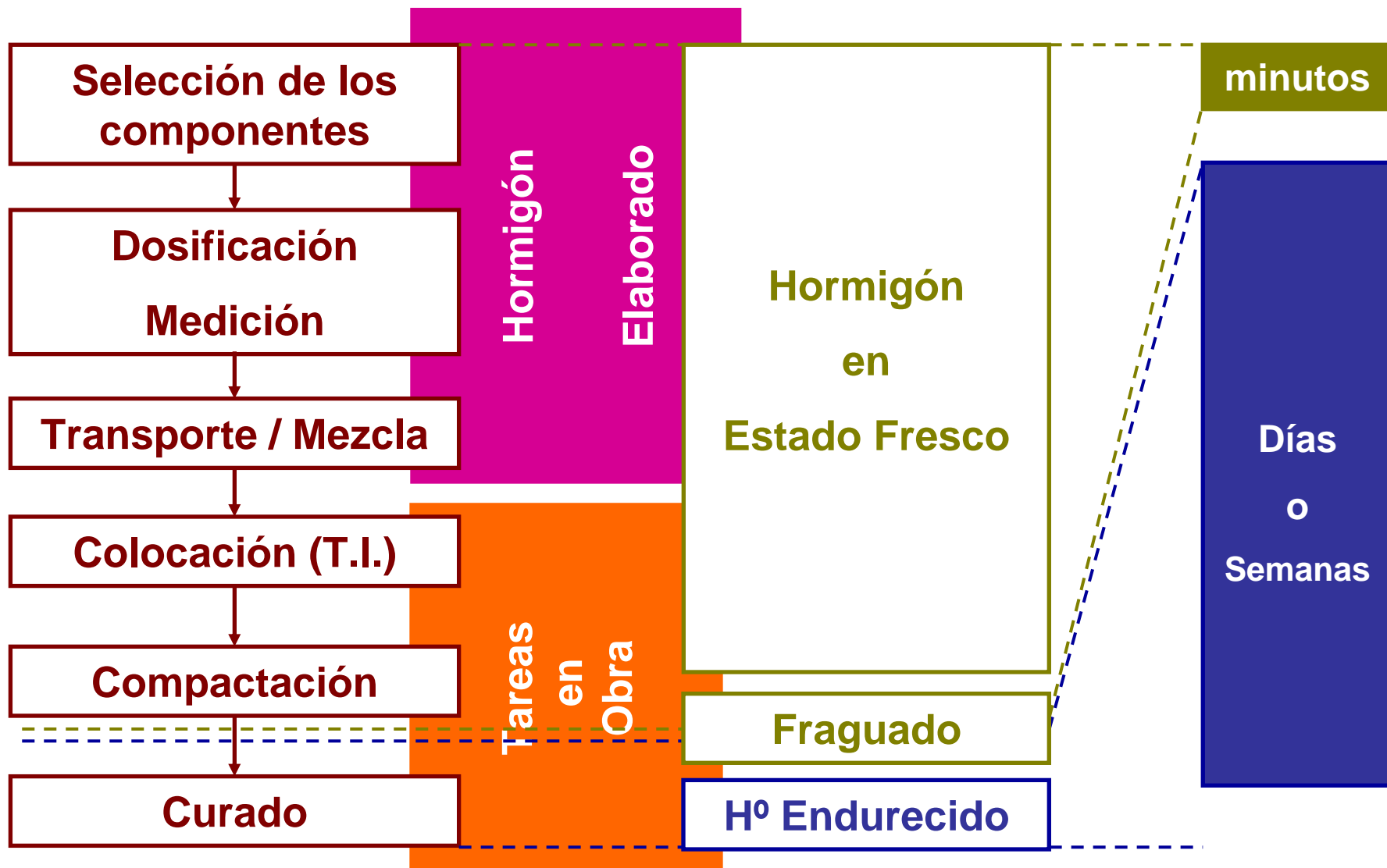
- Tipo de estructura; total de hormigón en m³; tiempo estimado de ejecución.
- Resistencia característica a compresión del hormigón.
- Tipo y cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón.
- Relación relación agua/cemento máxima.
- Tipo y tamaño máximo de los agregados.
- Consistencia del H⁰ en el momento de la descarga. (As. en el Cono de Abrams)
- Aditivos químicos a incorporar al hormigón.
- Contenido de aire intencionalmente incorporado en %.
- Características especiales que requiere ese hormigón (p. ej.: Hormigón a la vista, resistente al desgaste, resistente al ataque por sulfatos, etc.).
- Si será hormigón bombeado o el transporte interno se hará por medios tradicionales.
- Capacidad de recepción del hormigón en la obra, (m³/hora).
- Accesos, lugares de descarga, lugar para la bomba, etc.

Solicitud del Hormigón

- **Quién hace el pedido.**
- **Día y hora para el primer camión, y frecuencia de los siguientes.**
- **Cantidad de m³ de hormigón a colocar en el día.**
- **Tipo y tamaño máximo de los agregados.**
- **Resistencia característica a compresión a 28 días en MPa. (H30, H21, etc.)**
- **Asentamiento en el Cono de Abrams.**
- **Si el hormigón lleva aditivo.**
- **Qué elemento o sector va a hormigonarse y qué medio de transporte interno va a utilizarse.**
- **Cualquier otra información complementaria que pueda ser útil.**



Etapas en la obtención del Hormigón



Control de Calidad

- Puede definirse como el **conjunto de procedimientos técnicos** empleados para lograr que el producto final cumpla con los requisitos especificados en el proyecto.
- Adicionalmente genera economía.

**Aplicación
en el H° en :**

Estado Fresco

Estado Endurecido

Propiedades deseables del H⁰

En Estado Fresco:

- Trabajabilidad
- Tiempo de fraguado
- Cohesión
- Exudación

En Estado Endurecido:

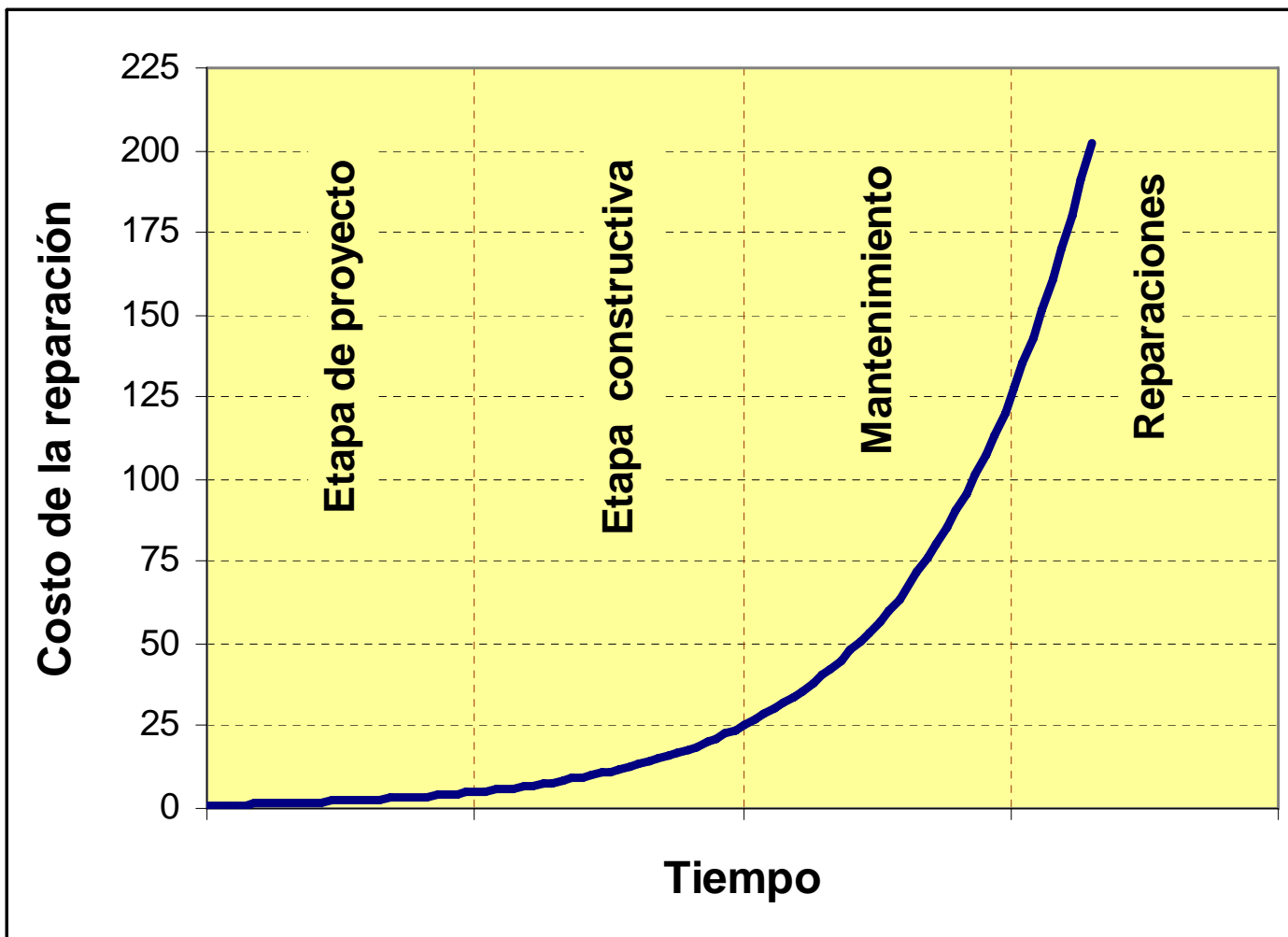
- Resistencia
- Estabilidad dimensional
- Durabilidad
- Economía

Por qué interesa el estado fresco?

- Es el momento en que se puede decidir si se coloca la mezcla, hay que corregirla, o debe ser rechazada.
- Aporta información temprana sobre el comportamiento futuro del H^o endurecido.
- Se deben maximizar los controles en estado fresco a fin garantizar el cumplimiento de las exigencias.
- Aplicación IRAM 1666 Parte1



Ley de Sitter



Control de Recepción : H⁰ en Estado Fresco

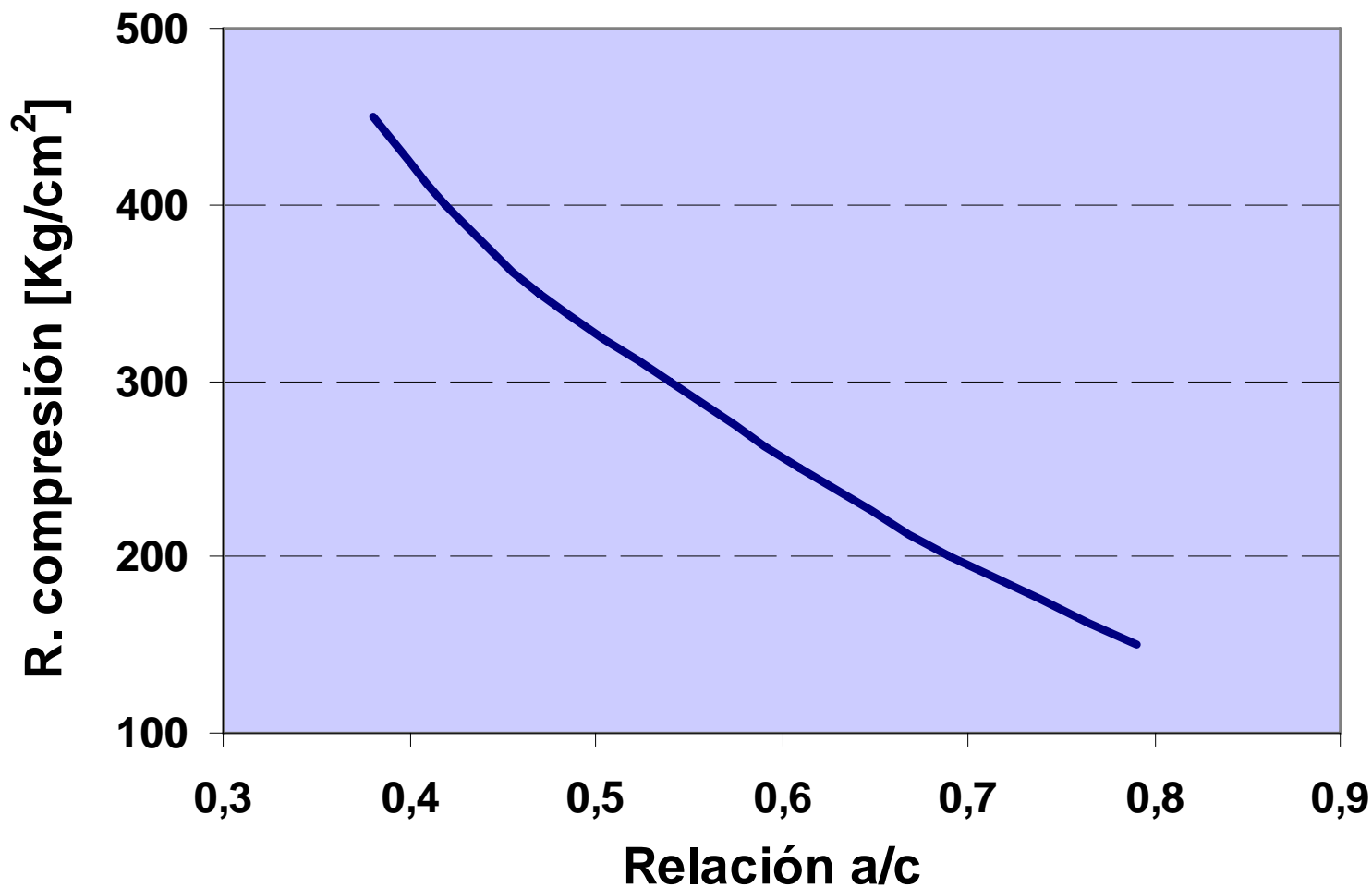
- Es habitual en las obras pequeñas (o medianas) que la consistencia del hormigón se evalúe exclusivamente en forma visual, por lo se introduce una gran variabilidad. Desconocemos la cantidad de agua que tiene la mezcla.
- Recordemos que la resistencia y la durabilidad son fuertemente dependientes de la a/c.

Por lo cual es imprescindible determinar el asentamiento, y las propiedades en estado fresco.

- Se deberán moldear además probetas para verificar el cumplimiento de la resistencia especificada.

Resistencia en función de a/c

ACI 211



Equipamiento necesario

- Se debe disponer en obra de un mínimo de equipamiento, para determinar el asentamiento y el moldeo de probetas para evaluar la resistencia a la compresión.
- Ellos son:
- Un tronco de cono IRAM 1536
- Una varilla de compactación normalizada
- Un juego de moldes cilíndricos de 15 x 30 cm
- Una carretilla, cuchara de albañil, metro, etc.

Toma de muestras

- **No deberá estar alterada ni contaminada**
- **Se toman al momento de la descarga**
- **Se evitará la primera y última porción del pastón**
- **Cantidad 40 % mayor que la necesaria, y como mínimo 30 litros**
- **Siempre se remezclará manualmente.**

Propiedades en estado fresco



Trabajabilidad

–Es la facilidad con que el hormigón puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado con los medios disponibles en obra.

–**No depende exclusivamente del hormigón** sino también del equipamiento disponible, del tipo de elemento a hormigonar y de los métodos de colocación y compactación a utilizar.

Está influenciada además, por el clima, distancias de transporte, tiempo y forma de descarga, etc.

–La característica del hormigón que puede medirse es la consistencia.

Determinación de la Consistencia: Asentamiento en el tronco de cono



- El cono se llenará en tres capas de igual volumen.
- Cada capa será compactada con 25 golpes de varilla normalizada.
- Al compactar la segunda capa se debe penetrar levemente la primera.

Qué información nos da el cono?

- La propiedad del hormigón que puede medirse es la consistencia mediante **el asentamiento en el tronco de cono**.
- Podemos además observar el **aspecto y la cohesión**.
- Verificar el “Cierre adecuado” de la mezcla (ausencia de oquedades)
- Nos da idea de **la trabajabilidad**.
- Verificamos la ausencia de segregación.
- **Cuidado con el agua agregada**



Cohesión

- Es la aptitud del hormigón de mantenerse como una masa plástica sin ningún tipo de segregación.
- Depende de:
 - contenido de material fino (pasa # 300 μ);
 - la cantidad de agua;
 - el asentamiento;
 - aire intencionalmente incorporado.



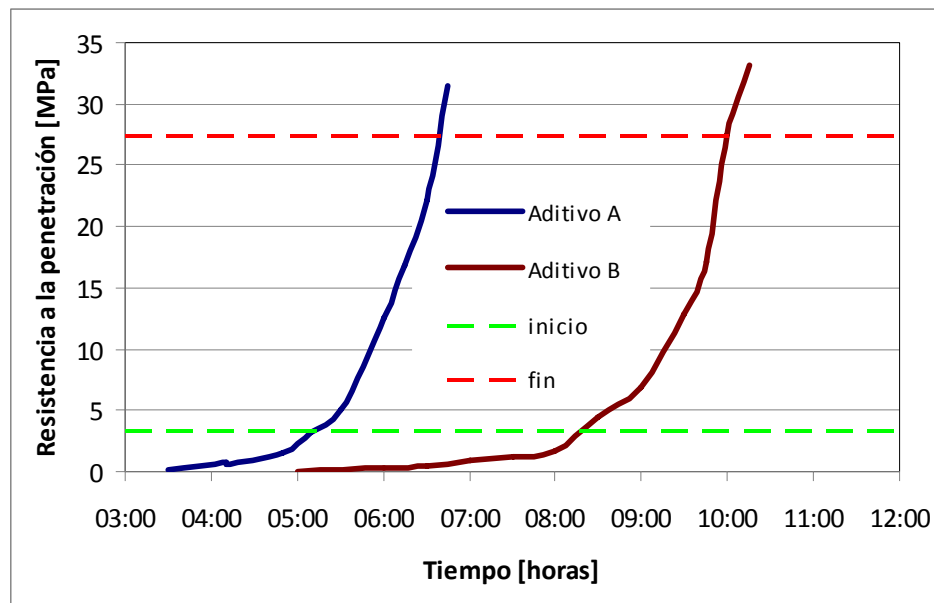
Exudación

- Se produce luego de la colocación y terminación del hormigón por la sedimentación de las partículas sólidas de mayor P.e., y el ascenso a la superficie del agua.
- Depende del contenido de material fino (pasa # 300 μ), del cont. de polvo, de la finura del cemento, de la cantidad de agua, del tiempo de fraguado y del aire intencionalmente incorporado.
- La exudación es **necesaria para evitar la fisuración plástica**.
- Una exudación excesiva puede ser un problema.
- **No remezclar** el agua superficial



Tiempo de Fraguado

- Se define como el tiempo a partir del cual el hormigón se transforma en un sólido.
- Depende del contenido y del tipo de cemento, de la relación a/c, del uso de aditivos.
- Está fuertemente influenciado por la temperatura de exposición.
- Condiciona el tiempo disponible para transportar, colocar, compactar y terminar el hormigón.
- Modifica los tiempos de desencofrado y habilitación



Controles sobre el hormigón endurecido



Resistencia a la compresión simple

- Es un **parámetro importante** ya que es un material estructural y define, **la capacidad portante de nuestra estructura**.
- **Se debe cumplir con los requisitos** y supuestos establecidos en el cálculo estructural, y en el Pliego de Especificaciones.
- Depende de la relación a/c, del conjunto de materiales, de la compactación, del curado, y está influenciada por la calidad de los ensayos.
- En el caso de H⁰ E⁰ se deberá solicitar un hormigón que cumpla las exigencias.

Control de la resistencia del H° E°

Moldeo de probetas cilíndricas:

Pastones	Muestras
1	1
2 a 5	2
6 a 10	3
11 a 20	4



- Moldeo a pie de obra, juegos de **2 probetas por edad y por condición de ensayo como mínimo.**
- Curado en condiciones normalizadas. **Evitar que se sequen**
- Condición de aceptación a la edad de 28 días, sin embargo se recomienda contar con valores a 3 y 7 días. **Autocontrol preventivo.**

Moldeo de probetas

- Se deben **colocar los moldes sobre una superficie plana y firme.**
- **Se llenan en tres capas de igual volumen, y cada capa se compactará con 25 golpes de varilla normalizada.**
- **Al compactar la primera capa se debe cuidar de no golpear el fondo, y cuando se compacte la segunda se penetrará levemente la anterior.**



Conservación de las probetas

- Los moldes deben quedar protegidos de la incidencia del sol y de temperaturas extremas.
- Se debe evitar la evaporación superficial.
- Se desmoldan luego de 24 horas (o antes de enviar al laboratorio) y se conservarán en condiciones controladas de temperatura y humedad hasta la fecha de ensayo.



Condición de aceptación del hormigón elaborado por resistencia

- Calcular las medias móviles
- Verificar:

IRAM
1666

$$f'_{ci} > 0,85 f'_{ck}$$

$$f'_{cm(3)} > f'_{ck} + 3 \text{ MPa}$$

ESTE CRITERIO CALIFICA AL Hº COMO MATERIAL, Y NO PUEDE SER EMPLEADO COMO CONDICIÓN DE ACEPTACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

Con lo visto hasta aquí

*¿Aseguramos buenos niveles
de resistencia en nuestra
Estructura?...*

... No, pues la resistencia del Hormigón en la estructura dependerá de:

- Hº empleado
- Compactación
- Curado
- Temperatura
- Evaluado en probetas (**Resistencia Potencial**)
- Evitar defectos de compactación en todo el espesor
- Uniformidad y tiempo de protección.
- Controla la velocidad de evolución de resistencia

Transporte del Hormigón

- El hormigón será transportado desde la descarga del camión motohormigonero hasta su lugar definitivo lo más rápido posible, y sin interrupciones.
- Se debe evitar la pérdida de asentamiento, y la segregación del material.
- **NUNCA** se debe agregar agua y remezclar para recuperar la fluidez perdida.

Antes de Hormigonar se verificará:

- Dimensiones, niveles, y estado general de los encofrados.
- Diámetro y estado de las armaduras.
- Espesores de recubrimiento.
- Seguridad de los apuntalamientos y plataformas de trabajo.
- Disponibilidad de materiales, equipos y personal para realizar sin interrupciones las tareas de:
 - elaboración;
 - Colocación;
 - Compactación;
 - Terminación;
 - y curado del elemento.



Colocación

- Las superficies de los encofrados deben estar limpias y saturadas, pero sin acumulación excesiva de agua.
- El hormigón se debe colocar cerca de posición definitiva, evitando hacer grandes pilas y luego desplazarlo horizontalmente.
- En columnas y vigas esbeltas se debe hormigonar en capas sucesivas, compactando cada capa.
- La altura máxima de caída libre del hormigón será de 1,50 m.
- No colocar el H^o si las condiciones climáticas actuales o pronosticadas, pueden perjudicar la calidad, y/o interrumpir las tareas de compactación y terminación.
- Durante las operaciones de colocación las armaduras no se deben deformar ni desplazar.

Compactación (1)

- **Todo hormigón debe compactarse, salvo casos especiales. (H° autocompactante)**



- **Durante y/o inmediatamente luego de la colocación el hormigón debe ser compactado hasta la máxima densidad posible, sin producir segregación.**
- **Nunca se debe colocar H° sobre otro que aun no ha sido compactado.**

Compactación (2)

- **Las tareas de compactación y terminación se deben completar antes de que se haya iniciado el fraguado.**
- **Se debe evitar tocar las armaduras con los vibradores.**
- **Se debe disponer de equipos y/o técnicas alternativas para la compactación en caso de que los originales sufran averías.**

Métodos de Compactación

- La compactación se puede realizar por **métodos manuales o mecánicos**, y la elección está en función de la consistencia del Hº.
- Las mezclas de consistencia muy seca, seca, plástica, se compactarán con vibradores internos de alta frecuencia.
- Las de consistencia muy fluida se compactarán manualmente.
- Las de consistencia muy plástica y fluida se pueden compactar manualmente o con una vibración leve.

Vibración interna

- Los vibradores se deben insertar a distancias regularmente espaciadas.
- Se debe mantener sumergido el tiempo necesario para lograr una compactación adecuada sin producir segregación.
- Deben ser introducidos y retirados lentamente y en posición vertical.
- Nunca desplazarlos horizontalmente para distribuir el Hº.
- No deben entrar en contacto con las armaduras ni el encofrado.

Compactación manual

- Se debe realizar mediante penetraciones enérgicas de una varilla metálica, la que puede ser complementada con un golpeteo lateral sobre el exterior de los encofrados.
- Las varillas serán de acero liso de $\Phi \geq 16$ mm, con punta redondeada, y de un largo suficiente para compactar la totalidad de la capa.
- Al compactar una segunda capa de H⁰ se debe atravesar la misma en su totalidad, y penetrar levemente la inferior.
- No se deben golpear las armaduras ni los encofrados.

Defectos en la Compactación

La energía de compactación está relacionada con la consistencia del H⁰

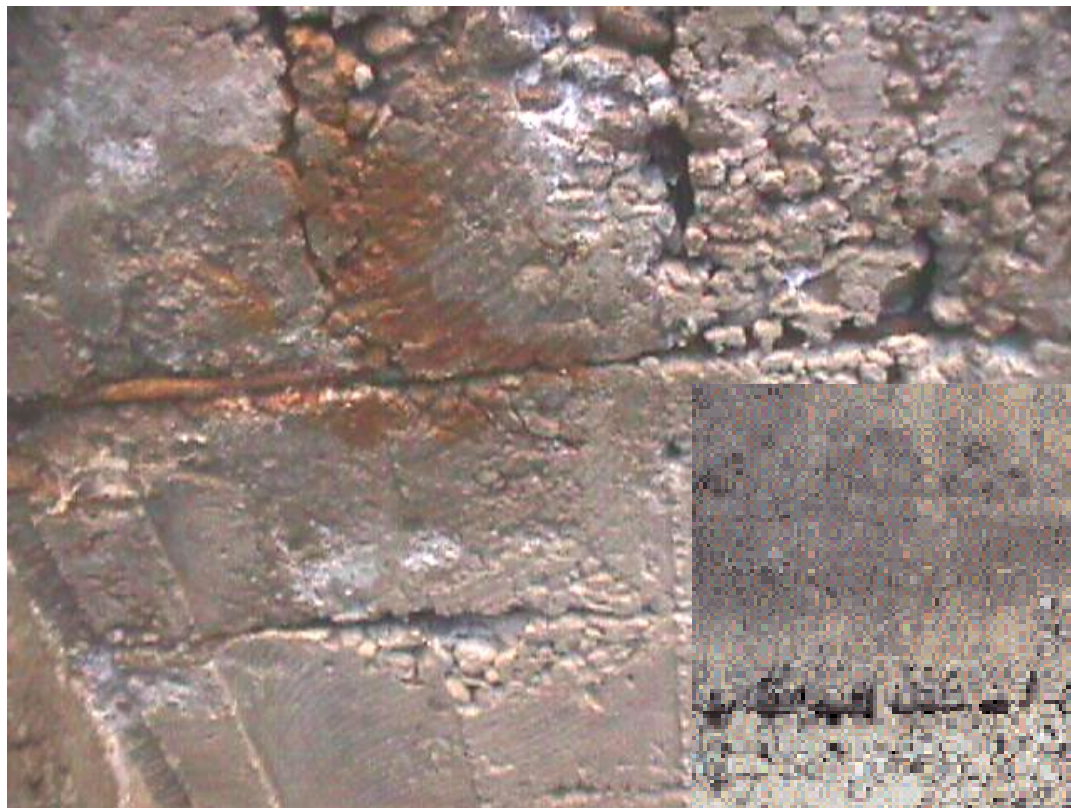
DEFICIENTE

- Oquedades, cuando el espacio entre partículas de agregado grueso no se llena con mortero. (nidos de abeja)
- Pérdidas importantes de resistencia.
- Aire atrapado en forma excesiva.
- Juntas frías / Líneas de colocación.
- Asentamiento plástico, fisuras.

EXCESIVA

- Segregación
- Pérdidas de resistencia / Resistencias diferenciales.
- Manchas de arena.
- Superficies débiles.
- Daños a los encofrados.

Compactación deficiente



Defectos superficiales: Manchas de arena



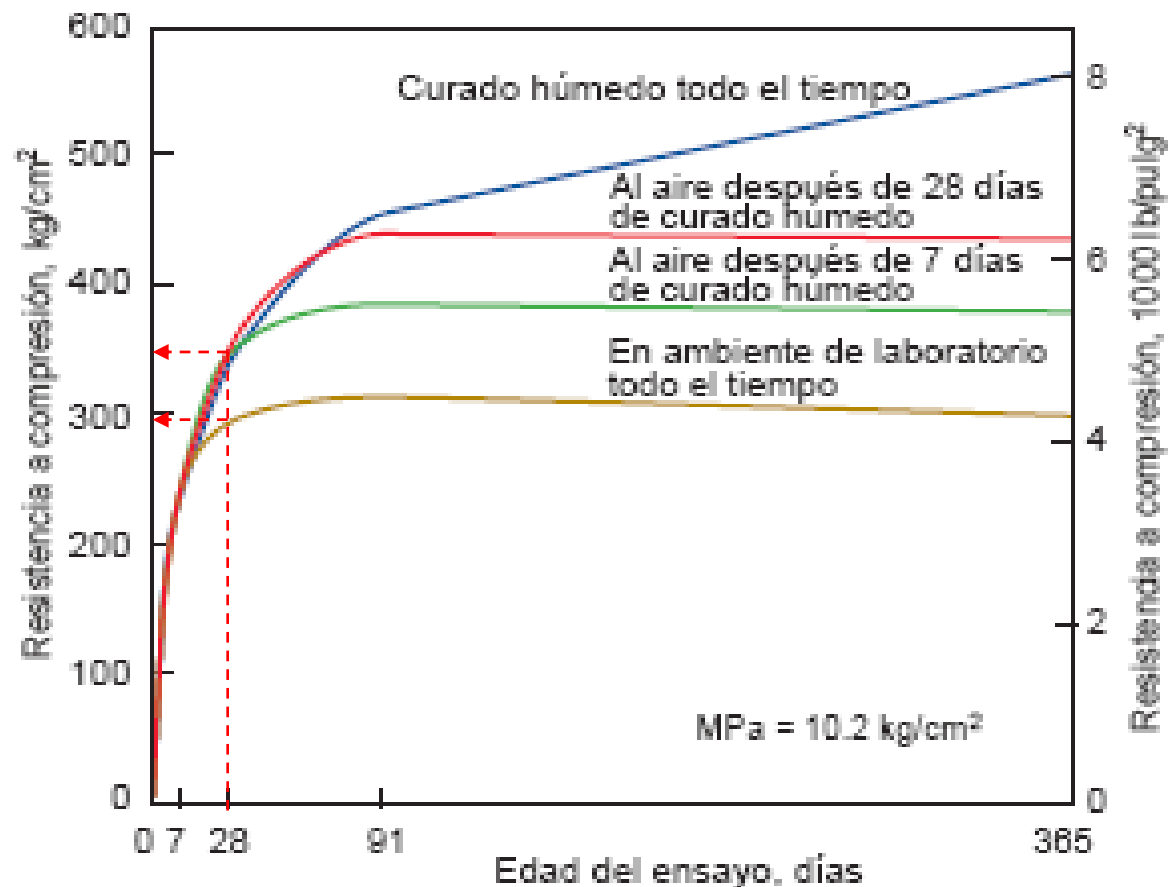
Compactación (preguntas frecuentes)

- Puedo reemplazar la compactación por otra menos enérgica si empleo un hormigón más fluido?
- Es bueno que la piedra se “asiente” y suba el mortero, para asegurar una correcta textura y terminación?
- Qué control visual puedo efectuar para asegurar la correcta compactación?
- Sí, ciertamente, **pero crece notablemente la tendencia a la fisuración**
- No, **porque el mortero contrae más que el hormigón y aumenta el riesgo de fisuras**
- Verificar ausencia de burbujas y oquedades. Superficie levemente brillante

Curado

- **Todo hormigón debe curarse.**
- **El curado consiste en evitar el secado prematuro del hormigón.**
- **Hay distintos procedimientos de curado eficiente. (evitar el secado / agregar agua)**
- **El curado debe prolongarse hasta tanto se asegure una adecuada resistencia.**
- **El curado temprano sirve para evitar la fisuración plástica en el caso de elementos superficiales como losas.**

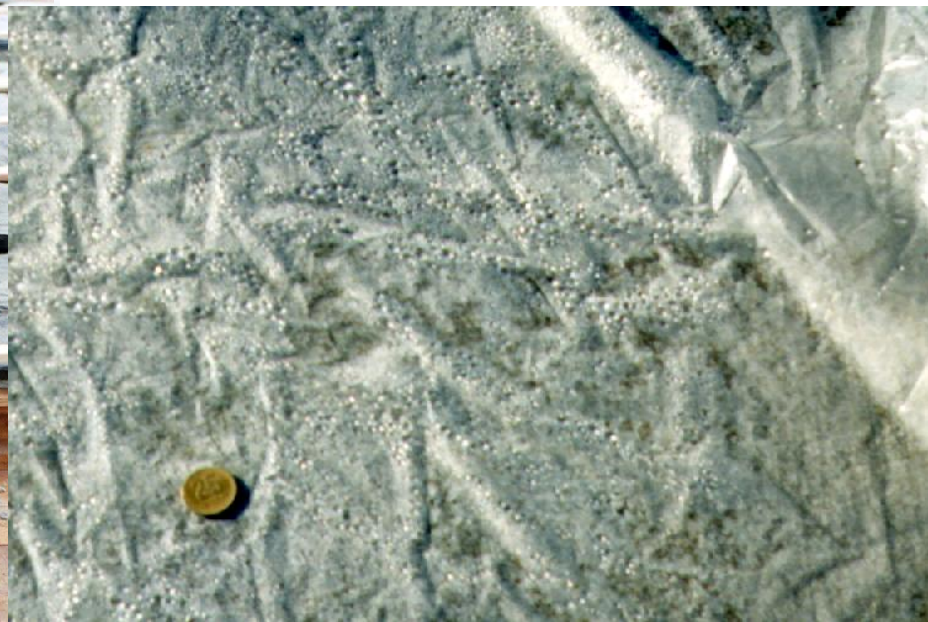
Efecto del Curado en la resistencia



Un curado adecuado, garantiza una correcta evolución de las resistencias.

Fig. 12-2. Efecto del tiempo de curado húmedo sobre el desarrollo de la resistencia del concreto (Gonnerman y Shuman 1928).

Curado



Hormigón en tiempo frío

El Reglamento CIRSOC, indica que existe condición de tiempo frío cuando:

- ▶ La temperatura **media diaria es menor a 5 °C durante tres días consecutivos.**
- ▶ El Código ACI, establece además del requisito anterior, el siguiente:
- ▶ Temperatura ambiente menor o igual a **10 °C durante 12 horas consecutivas dentro de las primeras 72 horas posteriores a la colocación del hormigón.**

Temperaturas bajas $< 5^{\circ}\text{C}$

Efecto	Consecuencia
Retardo del fraguado	<ul style="list-style-type: none">• Mayor tendencia a la fisuración plástica• Aumento en los tiempos de desencofrado
Retardo en la hidratación del cemento	<ul style="list-style-type: none">• Menor resistencia inicial• Mayor resistencia final• Prolongación del curado

Hormigón en tiempo caluroso

- ▶ Se define como tiempo caluroso, a cualquier combinación de elevada temperatura ambiente, baja H.R. y vientos, que tiendan a perjudicar la calidad del Hº fresco.
- ▶ Se prestará especial cuidado en las tareas de curado.
- ▶ Trabajar con la menor demanda de agua posible.
- ▶ Diseñar la mezcla con el menor contenido de arena, que permita trabajabilidad y terminación adecuadas.
- ▶ Mantener los acopios de áridos gruesos saturados.
- ▶ Regar los encofrados, previo a la colocación del Hº.
- ▶ Controlar la evolución de las temperaturas.
- ▶ El CIRSOC indica no colocar Hº con temp > 30°C.

Temperatura altas

Efecto	Consecuencia
Aceleración del fraguado	Menor tiempo disponible Riesgo de juntas frías
Evaporación rápida	Mayor tendencia a la fisuración plástica
Aceleración de las reacciones de hidratación	Más requisito de agua Mayor resistencia inicial Menor resistencia final



esouza@icpa.com.ar

www.icpa.org.ar