

TECNOLOGIA DEL HORMIGON

UNIVERSIDAD DE CHILE

2009

Ing. Guillermo Cavieres Pizarro

Colocación, Compactación y Curado Del Hormigón

COLOCACIÓN

Colocación

Condiciones para la colocación del hormigón.

La colocación del hormigón se debe efectuar con equipos y técnicas adecuadas que permitan:

- Mantener la homogeneidad del hormigón.
- Asegurar la continuidad y monolitismo de los elementos estructurales a hormigonar.
- Mantener las dimensiones y forma geométrica de los elementos a hormigonar.
- Evitar desplazamientos y deformaciones de las armaduras u otros elementos incorporados.

Colocación

Consideraciones generales (1).

Antes de iniciar cualquier faena de hormigonado se debe verificar que:

- Se haya limpiado el fondo del moldaje y que se haya realizado los tratamientos de juntas.
- Los moldajes hayan sido correctamente colocados y que están firmes, estancos y con desmoldante.
- Las armaduras, los insertos u otros elementos embebidos hayan sido correctamente colocados y verificados.
- Otras instalaciones como: electricidad, alcantarillado, agua potable, cable, teléfono, calefacción, gas y otros hayan sido colocadas y verificadas.

Colocación

Consideraciones generales (2).

Antes de iniciar cualquier faena de hormigonado se debe verificar que:

- Se cuenta con los equipos suficientes en buen estado y que existen los repuestos necesarios.
- El volumen de hormigón solicitado sea el que realmente se necesita, considerando las pérdidas.
- Las características de tamaño máximo y asentamiento de cono del hormigón a usar sean compatibles con la estructura a hormigonar considerando geometría y armaduras.
- Se cuenta con equipos de alumbrado si se estima que la faena puede terminar de noche.

Colocación

Elección del tamaño máximo del árido

- Para Muros y Pilares.
 - $\frac{1}{5}$ de la menor distancia entre las paredes del moldaje
 - $\frac{3}{4}$ de la distancia entre las armaduras.
- Para losas y pavimentos.
 - $\frac{1}{3}$ del espesor del elemento



Dimensión del elemento cm.	Muros armados vigas y pilares	Muros sin armaduras	Losas muy armadas	Losas poco armadas
15 ó menos	20	20	20	20 - 40
16 - 29	20 - 40	40	40	40
30 ó más	40	40	40	40

Colocación

Recomendaciones de colocación

Uno de los principales problemas es la segregación (separación del árido grueso del mortero). Esta se evita teniendo presente los siguientes consejos:

- Asegurar una caída libre vertical directa y lo más cercana a la capa inferior, evitando los choques con armaduras. Usar elementos como mangas, tubos, deflectores, ventanas u otros medios.
- Evitar caídas libres superiores a 2 metros.
- Conseguir que el hormigón caiga en el punto en que debe ser colocado, evitando el traslado y menos con el vibrador.
- Se recomienda que al vaciar carretillas, el hormigón nuevo se proyecte contra el hormigón anterior.

Nota: Esto considera hormigones normales y hormigonado en casos corrientes

Colocación

Recomendaciones específicas.

- Cuando se hormigonan simultáneamente los pilares o vigas altas con las losas, es recomendable dejar asentar el hormigón fresco por algún tiempo. Pasado este tiempo, hormigonar el elemento superior mientras el hormigón del muro aún permita el trabajo de un vibrador.
- En general, el hormigón se debe colocar en capas no superiores a 50 cm, horizontales y de espesor uniforme, siendo cada capa compactada totalmente antes de que la próxima sea colocada.
- El tiempo entre capas debe ser el mínimo para evitar juntas frías o líneas de estratificación y lograr una perfecta conexión entre ellas (monolitismo).

Colocación

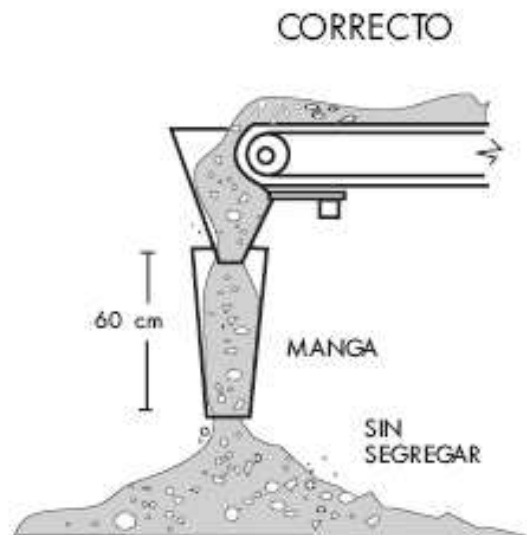


FIG. 8:
Control de la segregación en el extremo de una cinta transportadora, cuando el hormigón es descargado en tolvas, capachos, camiones o moldajes.



FIG. 9:
Control inadecuado en el extremo. En general una pantalla deflectora sólo cambia la dirección de la segregación.

Colocación

MÉTODOS DE COLOCACIÓN

CORRECTO

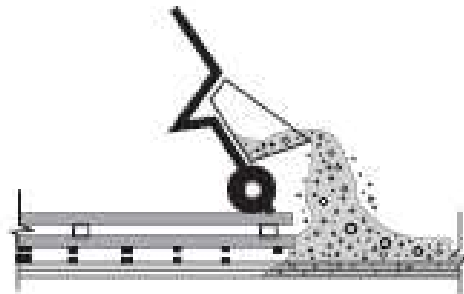


FIG. 15:
Descargar el hormigón sobre la cara del ya depositado en el sitio de colocación.

INCORRECTO

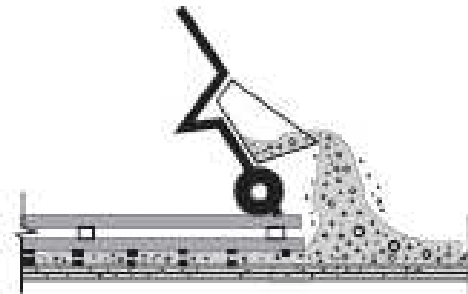


FIG. 16:
Descargar el hormigón alejándose del ya depositado en el sitio de colocación.

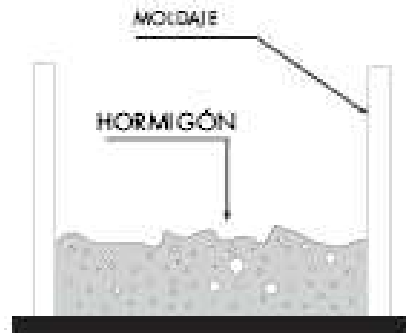


FIG. 17:
Capas horizontales en su ubicación final, de espesor compatible con el equipo de compactación, lo más niveladas posibles, para que el vibrador de inmersión no desplace el hormigón. (Si fluye lateralmente tenderá a la segregación). Se pueden depositar en pequeños montones.

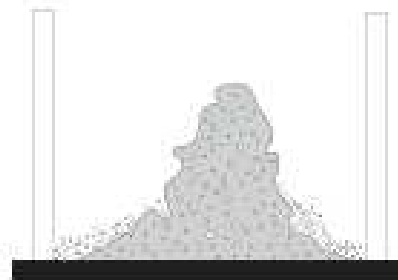


FIG. 18:
Los grandes montones favorecen la segregación.

Colocación

CORRECTO

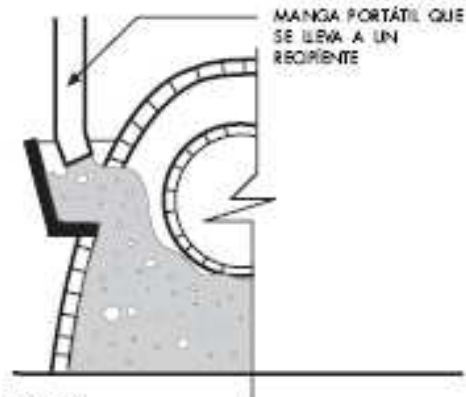


FIG. 19

INCORRECTO

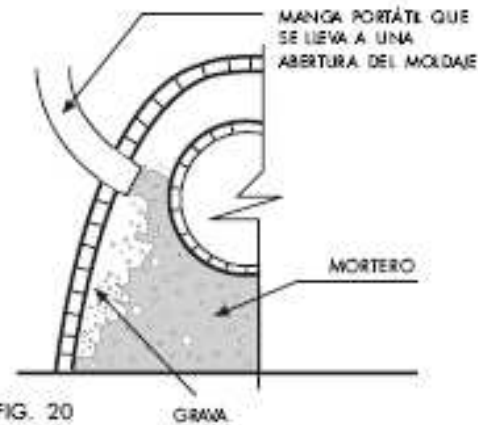


FIG. 20

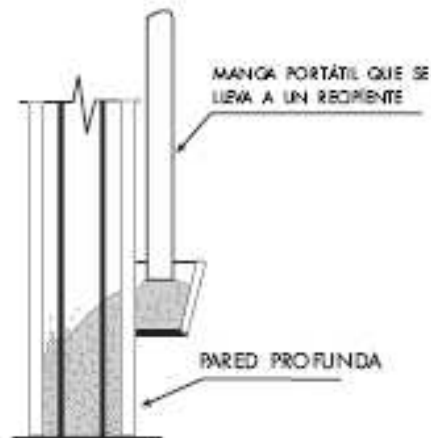


FIG. 21:

Depositar el hormigón verticalmente en el recipiente que cuelga de la abertura del molde, para permitir que se detenga, y por refujo del recipiente, este fluya con facilidad dentro del molde sin segregación.



FIG. 22:

De esta forma se permite que una corriente de hormigón entre en el molde a alta velocidad, formando un ángulo de inclinación con la vertical. Esto produce segregación.

Colocación

VACIADO DEL HORMIGÓN A GRAN ALTURA

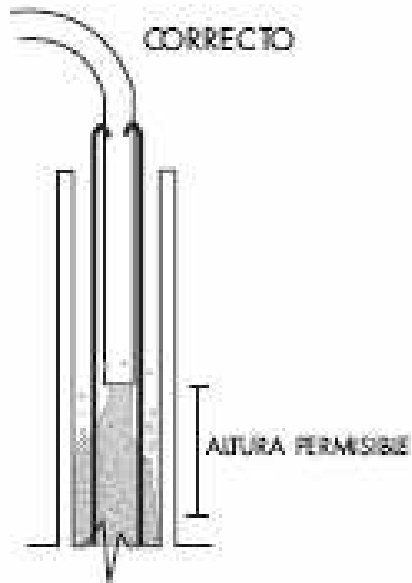


FIG. 23

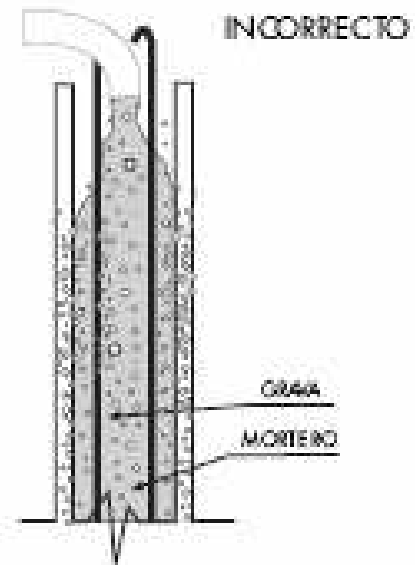
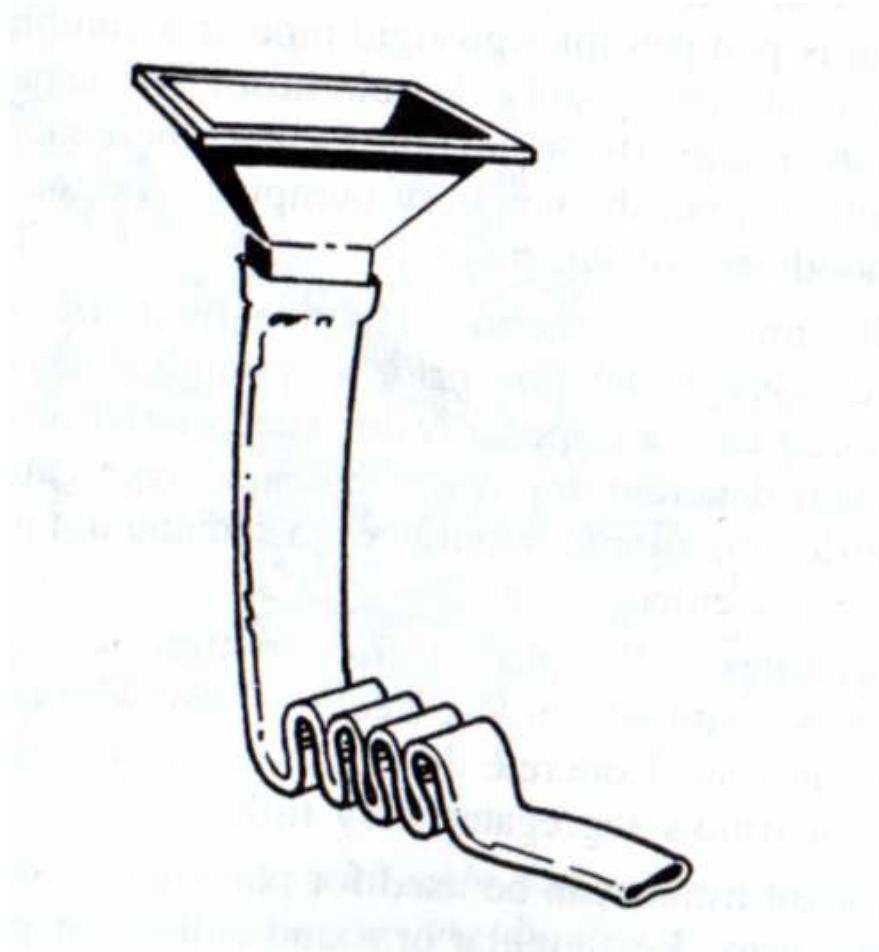


FIG. 24

Colocación



Colocación

VACIADO DEL HORMIGÓN EN LA PARTE SUPERIOR DE UN MOLDAJE ANGOSTO

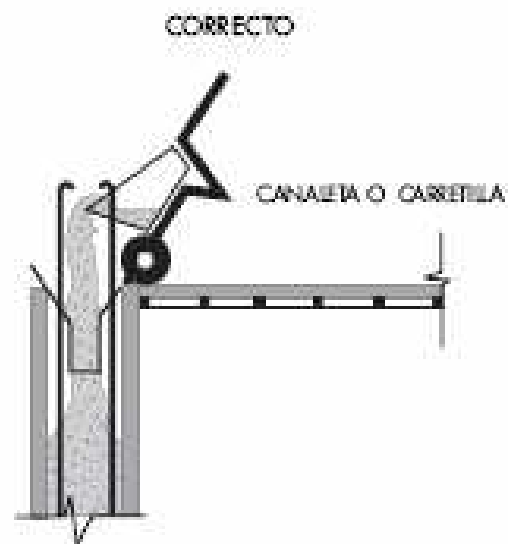


FIG. 25:
Se debe permitir una caída vertical sin restricciones. Para esto, el hormigón se descarga a través de embudos (palvas) y mangas. Se evita la segregación y tanto el molde como el acero se conservan limpios hasta quedar cubiertos por el hormigón.
El hormigón debe ser vaciado además en capas delgadas, no mayores a 30 cm, para reducir el aire atrapado y facilitar la compactación, de modo de evitar nidos de piedras.

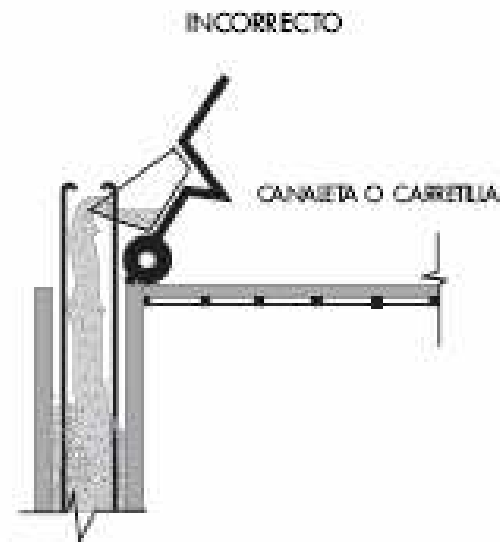


FIG. 26:
El hormigón golpea las paredes del molde y el refuerzo, produciendo variaciones de colores del hormigón y textura superficial pobre. Lo más grave es que se produce segregación, con la formación de nidos de piedras en el fondo.

Colocación

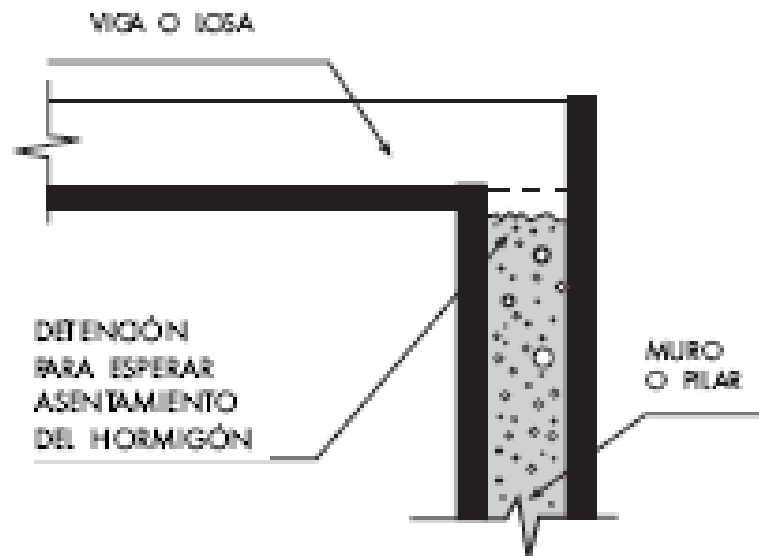
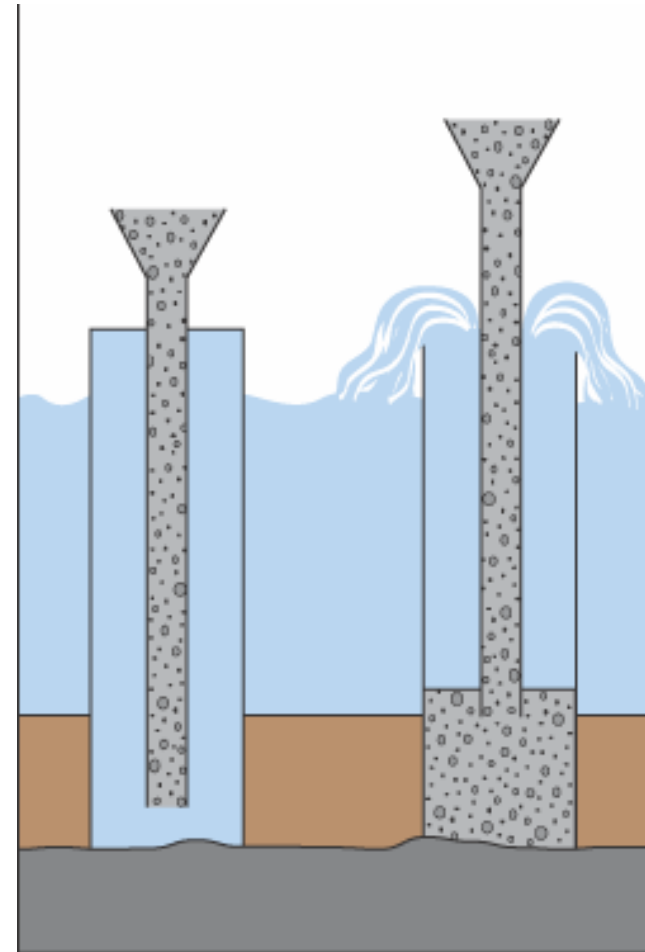


FIG. 31:

Si va a llenar elementos verticales (muros, pilares) y horizontales (vigas, losas) en forma simultánea, la capa de contacto entre ambos elementos debe tener el mínimo asentamiento posible. Además, antes de hormigonar los últimos se debe esperar el tiempo necesario (dependiendo de la temperatura y características de la mezcla) para que el hormigón del elemento vertical se asiente. Esta situación se logra cuando termina el proceso de exudación. En todo caso, el hormigón deberá poder compactarse, lo cual se verifica cuando el vibrador puede penetrar la capa de contacto por su propio peso.

Colocación

Hormigonado bajo agua – Tubo Tremie



Colocación

Pavimentos de Hormigón – Tren Pavimentador



COMPACTACIÓN

Compactación

¿Para qué se compacta el hormigón?.

- Para obtener la máxima compacidad mediante la acomodación de las partículas y la eliminación del exceso de aire atrapado y parte del agua de amasado. Objetivos: Máxima Densidad, Máxima Resistencia y Durabilidad.
- Para rellenar completamente el moldaje sin deformarlo y evitar los nidos de piedras.
- Para rodear en forma continua las armaduras.
- Para obtener la textura superficial especificada.



¿Cómo se logra?.

- Con los equipos y técnicas adecuadas, que manteniendo la homogeneidad del hormigón, logren las condiciones anteriores.

Compactación

Recomendaciones para el uso de los vibradores de inmersión (1).

- El vibrador de inmersión no se debe usar para arrastrar y distribuir el hormigón, esto causa segregaciones (separación de los áridos gruesos con el mortero).
- No se debe permitir su funcionamiento fuera del hormigón por un periodo prolongado de tiempo.
- Nunca apoye un vibrador interno en marcha sobre una superficie dura.



Compactación

Recomendaciones para el uso de los vibradores de inmersión (2).

- Se realizan inserciones sistemáticas a intervalos regulares, tomando en consideración el radio de acción del vibrador.
- En zonas de alta densidad de armaduras es recomendable varillar el hormigón para ayudar al vibrador mecánico.
- Se debe evitar tocar la armadura y el moldaje durante el proceso de vibrado.



Compactación

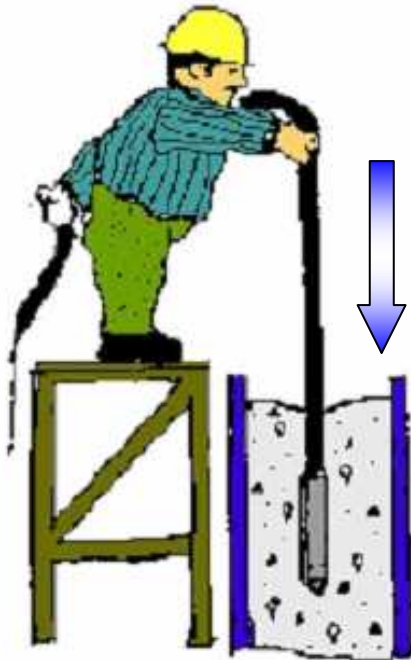
Recomendaciones para el uso de los vibradores de inmersión (3).

- El vibrador debe sumergirse rápidamente en forma vertical penetrando en la capa anterior entre 10 a 15 cm.
- En superficies, cuyo espesor es delgado (losas y pavimentos), debe introducirse en ángulos muy pequeños ($<45^\circ$) u horizontalmente.
- Al extraer la sonda desde el interior del hormigón, este debe llenar el espacio dejado por ella, por lo cual la extracción de ésta debe ser en forma lenta y constante.

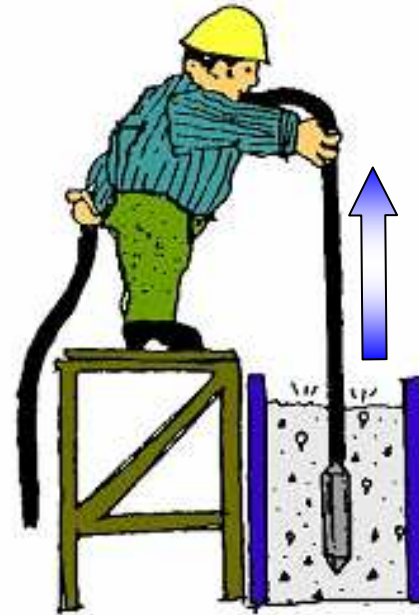


Compactación

Sumergir rápidamente



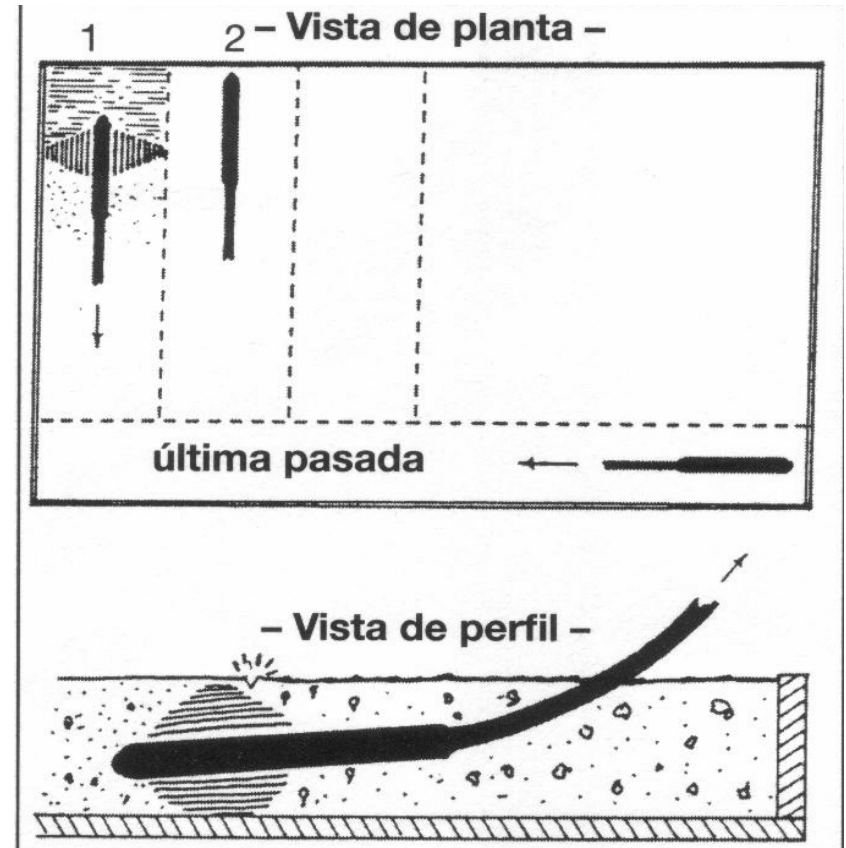
Extraer lentamente



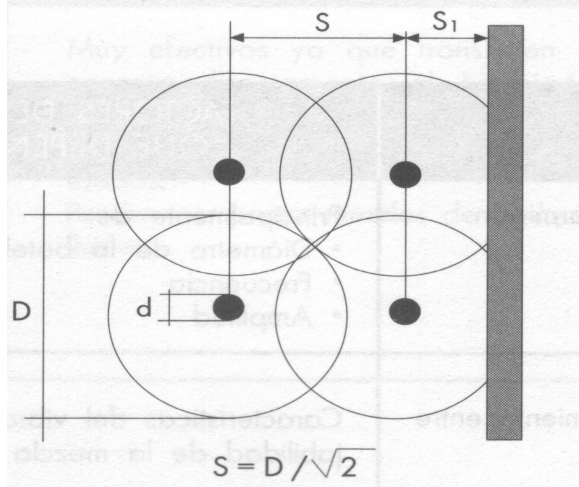
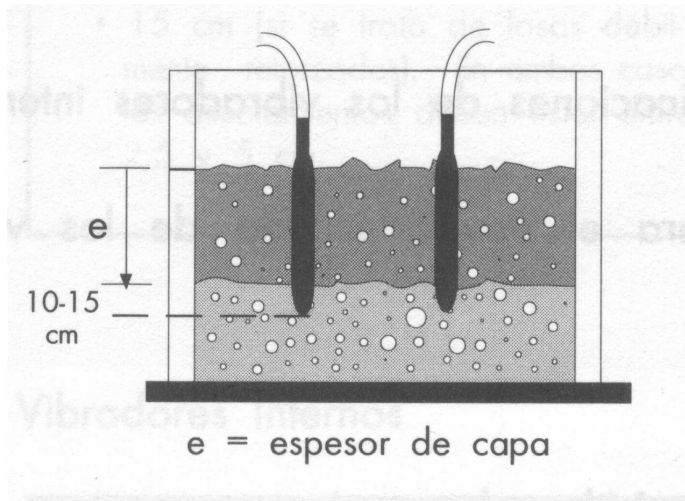
2,5 cm/seg. - 5 cm/seg.

Compactación

- Vibrado de capas de poca altura o espesor.
(losas, pavimentos)
- El vibrador debe ser sumergido en forma levemente inclinada y luego arrastrado a través del hormigón.



Compactación



- Métodos prácticos para determinar el diámetro de acción y la distancia entre inserciones.

- d = Diámetro del vibrador
- D = Diámetro de acción
- S = Distancia entre inserciones
- S_1 = Distancia del Vibrador al moldaje

- 1º- Para $d < 10\text{cm}$; $D = 8xd$
Para $d > 10\text{cm}$; $D = 7xd$
- 2º- $S = 0,75xD$
- 3º- $S_1 = 3xd$

Compactación

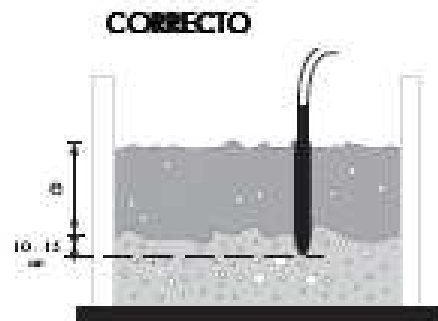


FIG. 33:
e = espesor de la capa que se está compactando



FIG. 34:
El vibrador no se debe usar para transportar y distribuir el hormigón (no debe arrastrarse dentro de él), esto causa segregaciones. Tampoco se debe permitir su funcionamiento fuera del hormigón por un periodo prolongado de tiempo.

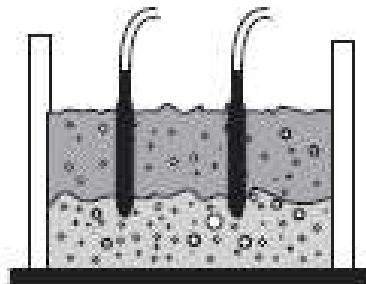


FIG. 35:
Penetración vertical del vibrador en la capa previa (la cual no debe estar dura), con inserciones sistemáticas a intervalos regulares.

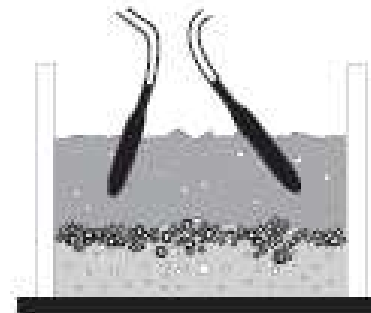


FIG. 36:
Inserciones al azar, en cualquier ángulo y espadamiento, sin penetrar en la capa previa (o con profundidad insuficiente), tal que no se asegura el monolitismo.

Compactación

- **Fallas de Colocación y Compactación**
- Capas no traslapadas por el vibrador por exceso de tiempo o por segregación en la caída.
- **Efectos.**
- Líneas de estratificación
- Diferencias de color
- Nidos
- Penetración de humedad
- Corrosión del acero
- Disminución capacidad resistente del elemento



Compactación

- Fallas de Colocación y Compactación



Compactación

- Fallas de Colocación y Compactación



Compactación

Ventajas de una correcta compactación.

- Reducción de la cantidad de cemento requerida, gracias al uso de mezclas más secas.
- Mejor conexión (costura) entre capas de hormigón fresco.
- Mejor adherencia en las juntas de construcción.
- Mejor adherencia con las armaduras.
- Mayor densidad y homogeneidad.
- Mayores resistencias (**importante: un 5% de déficit de compactación puede producir una disminución de hasta un 30% de la resistencia**).
- Calidad superior de superficies con hormigón a la vista.
- Mayor durabilidad (menor permeabilidad).

PROTECCION Y CURADO

Protección y Curado

Fundamentos.

- **La protección y curado debe efectuarse durante el periodo inicial y está orientado a:**
- Mantener el contenido de humedad, evitando la pérdida de agua desde el hormigón (favorecer la hidratación del cemento).
- Mantener temperaturas relativamente constantes (evitar cambios bruscos o temperaturas extremas). Temperaturas entre 10°C y 20°C son óptimas.
- Proteger al hormigón de acciones externas como: vientos, lluvias, nieve, agua a chorros, cargas, vibraciones, ataques químicos, etc.

¿Para que se requiere el curado?.

- Para lograr la máxima resistencia del hormigón y la mayor durabilidad de la estructura.

Protección y Curado

El no realizar los tratamientos de protección y curado puede conducir a daños en el hormigón como:

- Alto grado de porosidad, con la correspondiente mayor permeabilidad al agua, líquidos y gases.
- Menor resistencia a compresión y menor resistencia al desgaste de las superficies (en pavimentos o pisos).
- Menor capacidad de resistencia a los ataques por productos químicos.
- Formación de grietas de retracción plástica y retracción térmica.
- Formación de grietas de retracción hidráulica o por secado.
- Desprendimientos superficiales por congelamiento.

Protección y Curado

Algunas recomendaciones importantes.

- El Proceso de curado deberá iniciarse en cuanto se termine la colocación o acabado superficial en pavimentos y pisos. Una buena alternativa es la nebulización de agua o agua escurriendo a baja presión, sin que dañe la superficie.



Protección y Curado

Algunas recomendaciones importantes.

- El periodo normal de curado son 7-10 días para hormigones normales y 3-4 días para hormigones de resistencia temprana, pero lo deseable es que se mantenga hasta que se alcance al menos el 70% de la resistencia especificada.



Protección y Curado

Algunas recomendaciones importantes.

- No curar con agua cuando la temperatura ambiente sea menor que 5°C. Son preferibles las membranas y abrigar el hormigón mediante aislantes o calefaccionar el ambiente del sitio de colocación.
- Si se utilizan compuestos de curado, los fabricados en base a resinas o que quiebran en presencia de agua son los que dan mejor resultado.



Protección y Curado

Formas de Curado

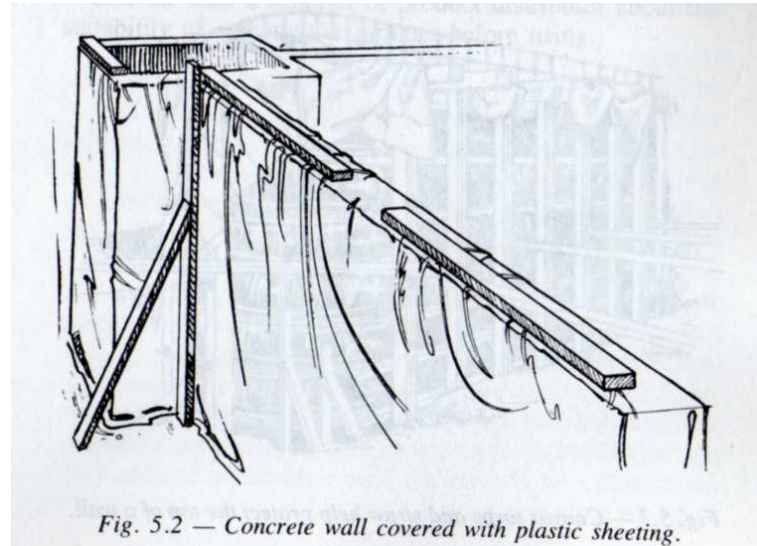
- Curado Húmedo.
 - » Cubiertas húmedas: arpilleras, aserrín, arena, paja.
 - » Inundación mediante diques.



Protección y Curado

Formas de Curado

- Curado con laminas impermeables.
 - » Láminas de polietileno, papel impermeable, para evitar que se evapore el agua. Se debe cuidar de afianzarlas para evitar que sean levantadas por el viento. Láminas levantadas producen diferencias de coloración por diferencias de humedad. Usar polietileno blanco en tiempo caluroso y negro en tiempo frío.



Protección y Curado

Formas de Curado

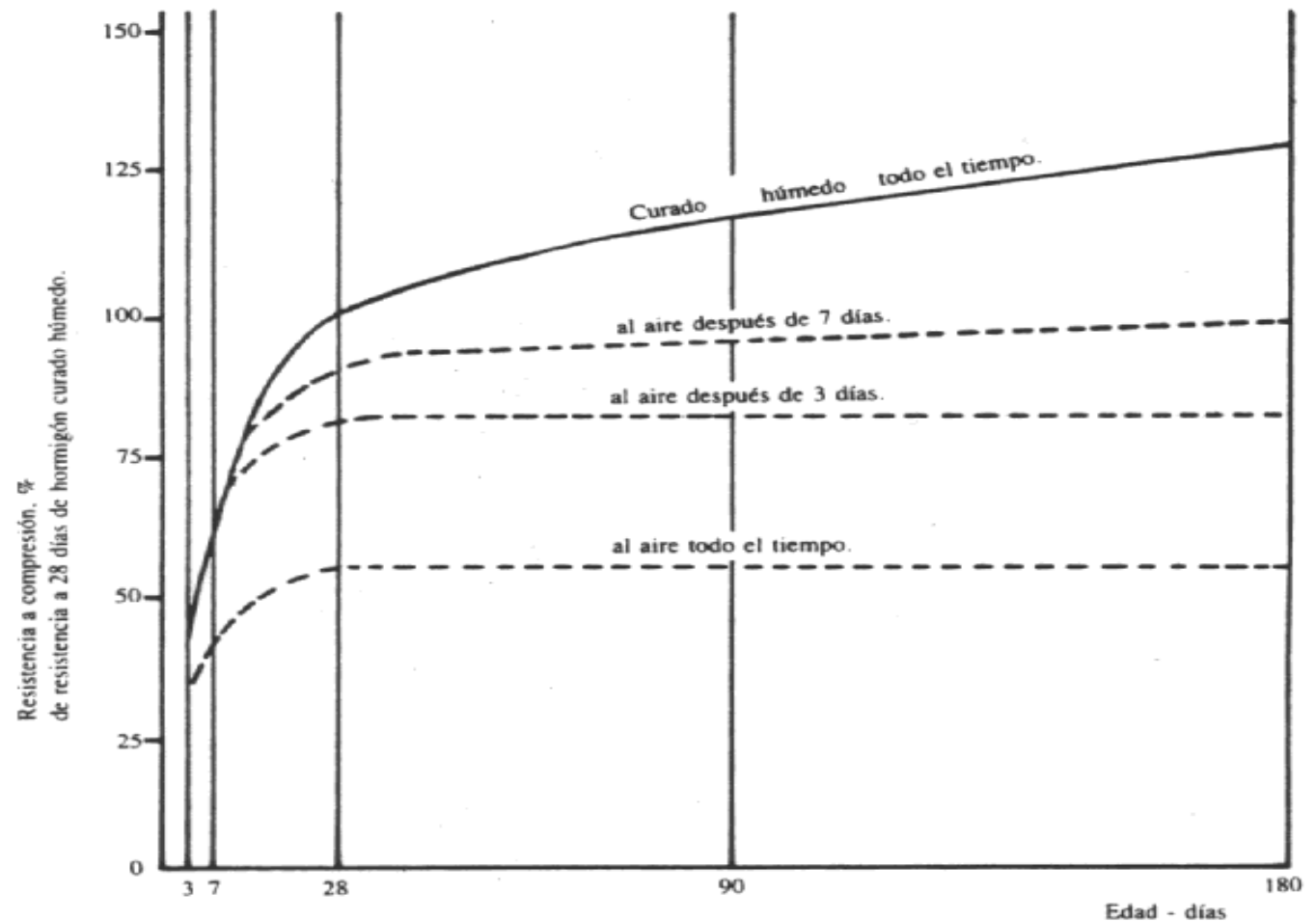
- Curado con compuestos de curado.
 - » Son líquidos y se aplican con pulverizadores u otras formas. Se debe asegurar uniformidad de colocación y evitar pérdidas en la colocación por el viento.



Protección y Curado

Efectos de la humedad de curado en la resistencia.

Mientras menor es el periodo de curado húmedo del hormigón menor es la resistencia final



Protección y Curado

Efectos de la temperatura de curado en la resistencia.

