



5.3. Moldajes

La finalidad de este capítulo es entregar lo antecedentes más relevantes para uso en obra relativos a moldajes.

Las recomendaciones indicadas se entregan a modo de orientación, debiendo ser chequeadas por un especialista.

Temas tratados	5.3.1. Consideraciones generales
	5.3.2. Principales factores a considerar en el diseño
	5.3.3. Ejemplo de diseño
	5.3.4. Moldajes típicos

5.3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

FACTORES A CONSIDERAR

- A** Fabricación y colocación
- B** Materiales

A Fabricación y colocación

Los moldajes deberán construirse y colocarse tan exactamente como sea posible, respecto de las alineaciones, pendientes y dimensiones indicadas (excepto cuando sea necesario construir una contraflecha, indicada más adelante), tal que el hormigón recién terminado cumpla con las tolerancias especificadas en el proyecto o en su defecto con las recomendadas en el capítulo 3, pto. 3.5.1 -Preparación previa a la colocación.

Durante y después del montaje de los moldajes, es necesario llevar a cabo una inspección visual cuidadosa con el fin de detectar irregularidades.

Es recomendable instalar «testigos» (cuerdas de alineación y de plomada puestas en sitio durante las operaciones de colocación), en varios lugares de los moldajes, particularmente en aquellos donde pueda esperarse asentamiento o deflexión. Estos testigos darán advertencia oportuna de cualquier irregularidad, pudiendo entonces tomarse acciones inmediatas. Para este efecto, es necesario que haya un trabajador dedicado todo el tiempo de colocación del hormigón a verificar estos testigos; así como cualquier filtración para detenerla, y a verificar y apretar los moldajes, accesorios y arriostramientos según se requiera.

La superficie interior de los moldajes será de una calidad tal que permita obtener la terminación especificada en el proyecto.

En elementos de luces importantes se considerará en el diseño de los moldajes la contraflecha que establezcan las especificaciones del proyecto. Independientemente de lo anterior, cuando la luz de un elemento sobrepasa los 6 m, se recomienda usar una contraflecha del orden de 1/500 de la luz, para conseguir un aspecto agradable.

Para evitar la adherencia entre moldajes y hormigón, la superficie de contacto debe tratarse con algún desmoldante. Estos pueden ser: aceite quemado, cera diluida en kerosene o algún producto comercial. La elección del desmoldante va a depender de las características requeridas. Por ejemplo, si se desea fabricar hormigones a la vista, deberán usarse desmoldantes especiales. Existen en el mercado desmoldantes especialmente diseñados tanto para madera, como para metal.

El retiro de los moldajes debe efectuarse con suavidad para no deteriorar al hormigón, especialmente en los bordes y esquinas. Antes de volver a usarlos deben limpiarse, y en caso de ser necesario reacondicionarlos (llenar costuras abiertas, aplanar los tableros alabeados, enderezar las caras metálicas y hacer coincidir nuevamente las juntas con otras). Los moldajes deben ser reemplazados cuando el uso los haya deteriorado.

B Materiales

MADERAS

- Lo más común es utilizar maderas en bruto, tales como: Pino Insigne o Álamo, siendo más resistentes las primeras, cuando no se requiere hormigón a la vista.
 - Lo típico es usar tableros confeccionados con tablas de 25 mm x 150 mm (1" x 6") y 25 mm x 175 mm (1" x 7"), listones de 25 mm x 50 mm (1" x 2") y 25 mm x 75 mm (1" x 3") y, generalmente, se les puede dar tres usos.
 - Cuando se requiere hormigón a la vista, se utilizan maderas cepilladas, machihembradas (por ejemplo el pino) o bien tablas en bruto revestidas con un terciado o madera prensada.
- El uso general de cualquier moldaje dependerá del trato que se le dé (limpieza, buen desmoldante, cuidados al descimbrar). A modo de referencia se puede decir, por ejemplo, que un moldaje con un revestimiento en terciado de 8 mm puede dar unos 15 usos y otro con un terciado de 4 mm puede dar unos 3 a 4 usos.

PLANCHAS METÁLICAS (ACERO)

- Se utilizan preferentemente cuando se requiere hormigón a la vista. Aunque son de un costo inicial más alto, éste se compensa debido al número de usos, que es muy alto. En general se utilizan planchas de 1,5 mm a 2,0 mm de espesor, reforzadas con perfiles de acero.
- Al igual que los moldajes de madera, su duración dependerá de los cuidados que se tenga con ellas.
- Son ideales para faenas en que se usan moldajes modulados.

CLAVOS

Se utilizan generalmente clavos de dimensiones comprendidas entre 2¹/₂" a 4".

AMARRAS

Generalmente se usan amarras de alambre negro #14, y para muros se utilizan pernos.



5.3.2 PRINCIPALES FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO

FACTORES A CONSIDERAR

- A** Dimensiones y cantidad de material
- B** Mano de obra
- C** Instalaciones y equipos
- D** Materiales

A Dimensiones y cantidad de material

Se debe establecer las dimensiones óptimas a las cuales deben ajustarse los elementos principales de los moldajes que van a montarse. La unidad básica de moldaje, ya sea un pequeño tablero tipo modular o un conjunto grande, desmontable o movable por medio de grúas, podrá ser usada con pequeñas modificaciones para sucesivas operaciones de hormigonado en toda la obra.

La cantidad de unidades básicas dependerá del programa de trabajo establecido (por ende del método constructivo) y del manejo y grado de mecanización que se haya incorporado al sistema.

B Mano de obra

El diseño de un sistema de moldajes puede verse seriamente afectado por la calidad y disponibilidad de la mano de obra, como también por la experiencia de los trabajadores. Se debe usar con eficiencia la habilidad de la gente que se tiene a mano y concebir el sistema que mejor se adapte a ella, ya que esto puede determinar el sitio de fabricación de los moldajes, los materiales que se utilizarán y la forma de manejo. Se debe considerar también la eficiencia de los que supervisarán las operaciones involucradas, ya que de ellos depende el logro de buenos resultados finales, la posibilidad de un uso económico y repetitivo y la exactitud de los trabajos.

C Instalaciones y equipos

Gran parte del diseño de los moldajes depende de las instalaciones y equipos que se disponen en la obra. Se debe prever en el diseño la disponibilidad de equipos en el caso que éstos se usen tanto para el montaje de los moldajes como para el proceso de colocación de armaduras y hormigón, asegurando que exista continuidad en las labores y la mejor utilización de la mano de obra.

Además se debe considerar el método y la velocidad de colocación del hormigón, como también los equipos de compactación utilizados.

D Materiales

Para la selección de los materiales, se debe considerar tanto la cantidad de usos que se dará a los moldaje, como también los requisitos para el acabado superficial del hormigón estipulados en las especificaciones.

5.3.3. EJEMPLO DE DISEÑO

A modo de orientación, se indica un ejemplo básico de diseño. El diseño debe ser realizado por un especialista.

Diseñar el moldaje para un muro de 2 m de alto, con una densidad del hormigón de 2.400 kg/m^3 y una temperatura de colocación de $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

El muro será hormigonado uniformemente en 1 hora.

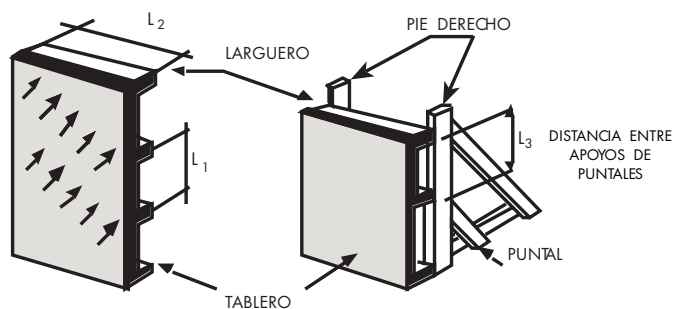


FIG. N°4

DESARROLLO:

A) Determinación de la presión de diseño (p):

- Velocidad de hormigonado = (altura de vaciado: tiempo de llenado)
- De Tabla N°7, para $R = 2 \text{ m/h}$, se puede ver, aproximando a $R = 2,1 \text{ m/h}$ y $T = 16 \text{ }^\circ\text{C}$, que la presión es aproximadamente 5.800 kgf/m^2 , mayor a 2.400 veces la altura del hormigón fresco. Luego se considera una presión de 4.800 kgf/m^2 .
- Normalmente no resulta económico diseñar para una presión más baja cerca de la parte superior (FIG. N°5), de modo que se considera una presión general de diseño (p) de 4.800 kgf/m^2 .

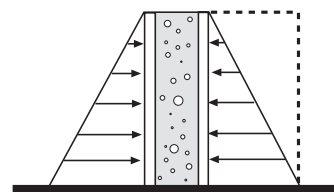
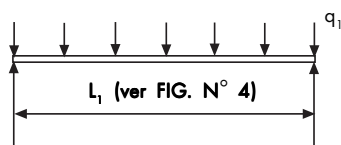


FIG. N°5

B) Determinación del espesor del tablero:

Se puede suponer espaciamentos entre los largueros cada 30 a 50 cm y calcular el tablero como sigue:



$$q_1 = p \times 1\text{m}$$

(se considera 1 m de ancho)

FIG. N°6



C) Determinación de la escuadría de los largueros:

$$\text{Carga sobre larguero} = (\text{presión hormigón} \times L_1) = q_2$$

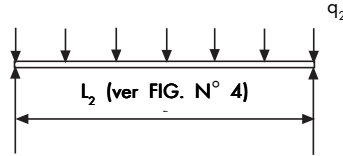


FIGURA N° 7

D) Determinación de los pies derechos:

$$\text{Carga sobre cada uno} = (\text{presión hormigón} \times L_2/2) = q_3$$

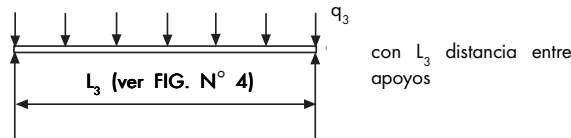


FIGURA N° 8

E) Diseño:

E.1) Determinación de esfuerzos

DIAGRAMA DE MOMENTOS

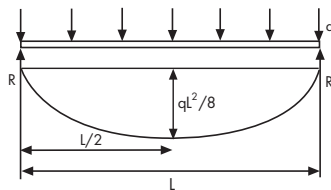


DIAGRAMA DE ESFUERZO DE CORTE

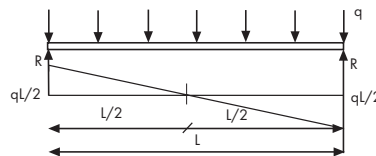


FIGURA N° 9

$$M_{\text{máx}} = qL^2/8$$

$$V_{\text{máx}} = qL/2$$

$$\Delta_{\text{máx}} = 5qL^4/384 EI$$

con E : módulo de elasticidad de flexión.

I : momento de inercia de la viga.

Para sección rectangular:
$$I = (1/12) bh^3$$

E.2) Tensiones

Tensión de flexión

$$\sigma = \frac{M_{\text{máx}}}{W} \leq \sigma_{\text{dis}}$$

con $W = bh^2/6$ para sección rectangular de ancho b y altura h.
 $\sigma_{\text{dis}} = \sigma_{\text{adm}} \times K_h \times K_D \times K_{hf}$ (Ref. capítulo 5. pto. 5.2.).

Tensión de cizalle

$$\tau = \frac{3V_{\text{máx}}}{2bh} \leq V_{\text{dis}}$$

con τ = Tensión máxima de corte.

V_{dis} = Tensión de diseño por corte.

= $V_{\text{adm}} \times K_h \times K_D$ (Ref. capítulo 5. pto. 5.2.).

E.3) Deformación admisible

Suponer $\Delta_{\text{adm}} = L/300$

$$\Delta_{\text{máx.}} \leq \Delta_{\text{adm}}$$

TABLA N° 7
Máxima presión lateral en el diseño de moldajes de muros

NOTA: No se usen presiones de diseño mayores de 2400 veces la altura del hormigón fresco en los moldajes.

VELOCIDAD DE VACIADO, R (m/h) (*)	P, PRESION LATERAL MÁXIMA A LA TEMPERATURA INDICADA (Kgf/m ²)					
	32°C	27°C	21°C	16°C	10°C	4°C
0.3	1221	1279	1357	1465	1611	1831
0.6	1709	1831	1987	2197	2490	2930
0.9	2197	2383	2617	2930	3369	4028
1.2	2685	2930	3242	3662	4248	5127
1.5	3174	3476	3872	4394	5127	6225
1.8	3662	4028	4497	5127	6005	7324
2.1	4150	4580	5127	5859	6884	8422
2.4	4301	4751	5322	6084	7158	8764
2.7	4453	4922	5517	6313	7431	9106
3	4604	5092	5713	6543	7705	9448

(*) R = Altura de vaciado (m)/ Tiempo de llenado (h)

TABLA N° 8
Máxima presión lateral en el diseño de moldajes de columnas

NOTA: No se usen presiones de diseño mayores de 2400 veces la altura del hormigón fresco en los moldajes.

VELOCIDAD DE VACIADO, R (m/h) (*)	P, PRESION LATERAL MÁXIMA A LA TEMPERATURA INDICADA (Kgf/m ²)					
	32°C	27°C	21°C	16°C	10°C	4°C
0.3	1221	1279	1357	1465	1611	1831
0.6	1709	1831	1987	2197	2490	2930
0.9	2197	2383	2617	2930	3369	4028
1.2	2685	2930	3242	3662	4248	5127
1.5	3174	3476	3872	4394	5127	6225
1.8	3662	4028	4497	5127	6005	7324
2.1	4150	4580	5127	5859	6884	8422
2.4	4638	5127	5752	6591	7763	9521
2.7	5127	5678	6381	7324	8642	10620
3	5615	6225	7011	8056	9521	11720
3.4	6103	6777	7636	8789	10400	12815
3.7	6591	7324	8266	9521	11280	13915
4	7080	7875	8896	10255	12155	14650
4.3	7568	8422	9521	10985	13035	
4.9	8544	9521	10775	12450	14650	
5.5	9521	10620	12030	13915		
6.1	10495	11720	13285	14650		
6.7	11475	12815	14545			
7.3	12450	13915	14650			
7.9	13425	14650	gobierna 14650 kg/m ²			
8.5	14405					
9.1	14650					

(*) R = Altura de vaciado (m)/ Tiempo de llenado (h)



5.3.4. MOLDAJES TÍPICOS

Los moldajes típicos, sus dimensiones y formas se entregan a modo de orientación, debiendo ser chequeados por un especialista.

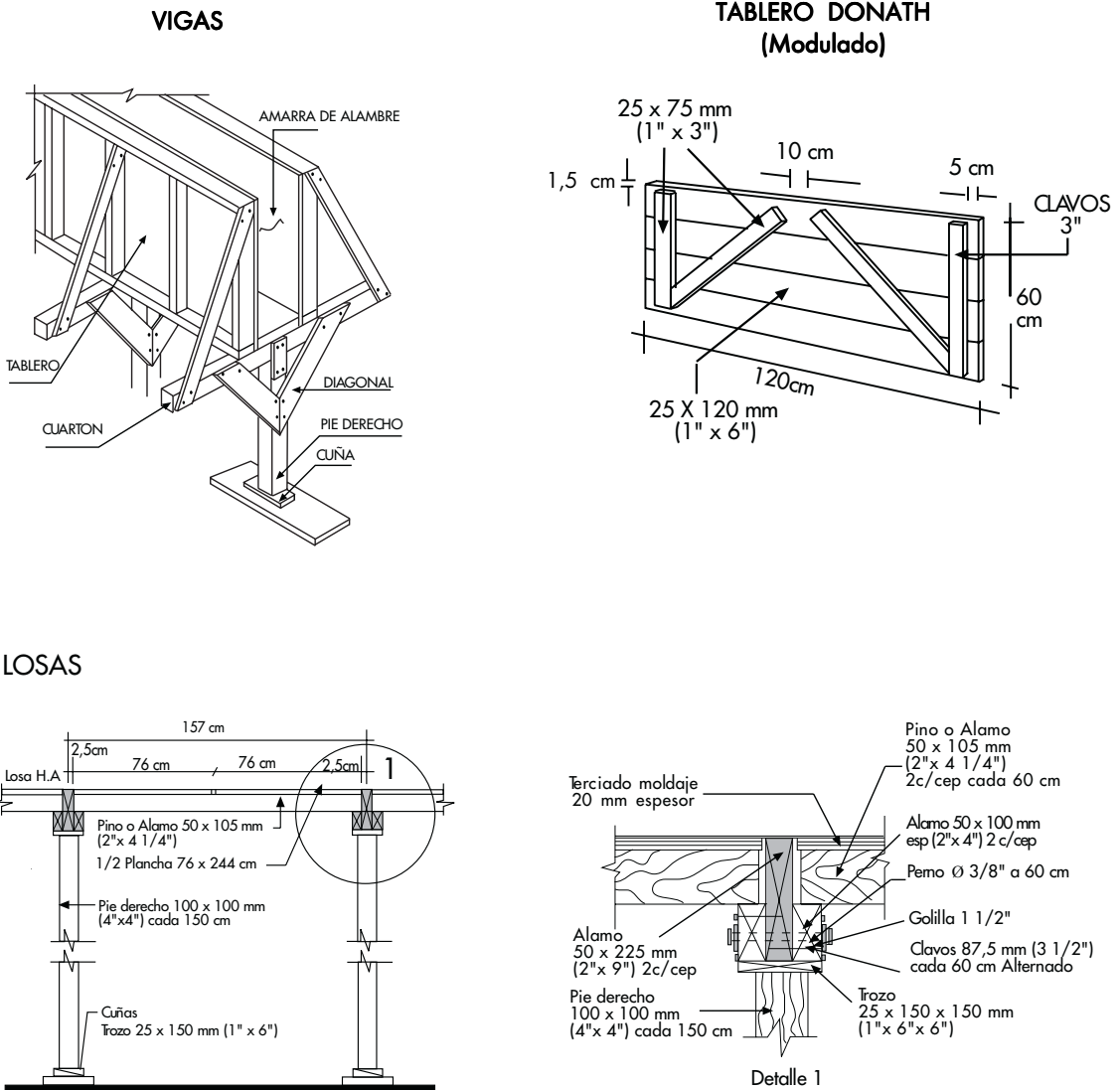


FIGURA N° 10
MOLDAJES TÍPICOS

MUROS

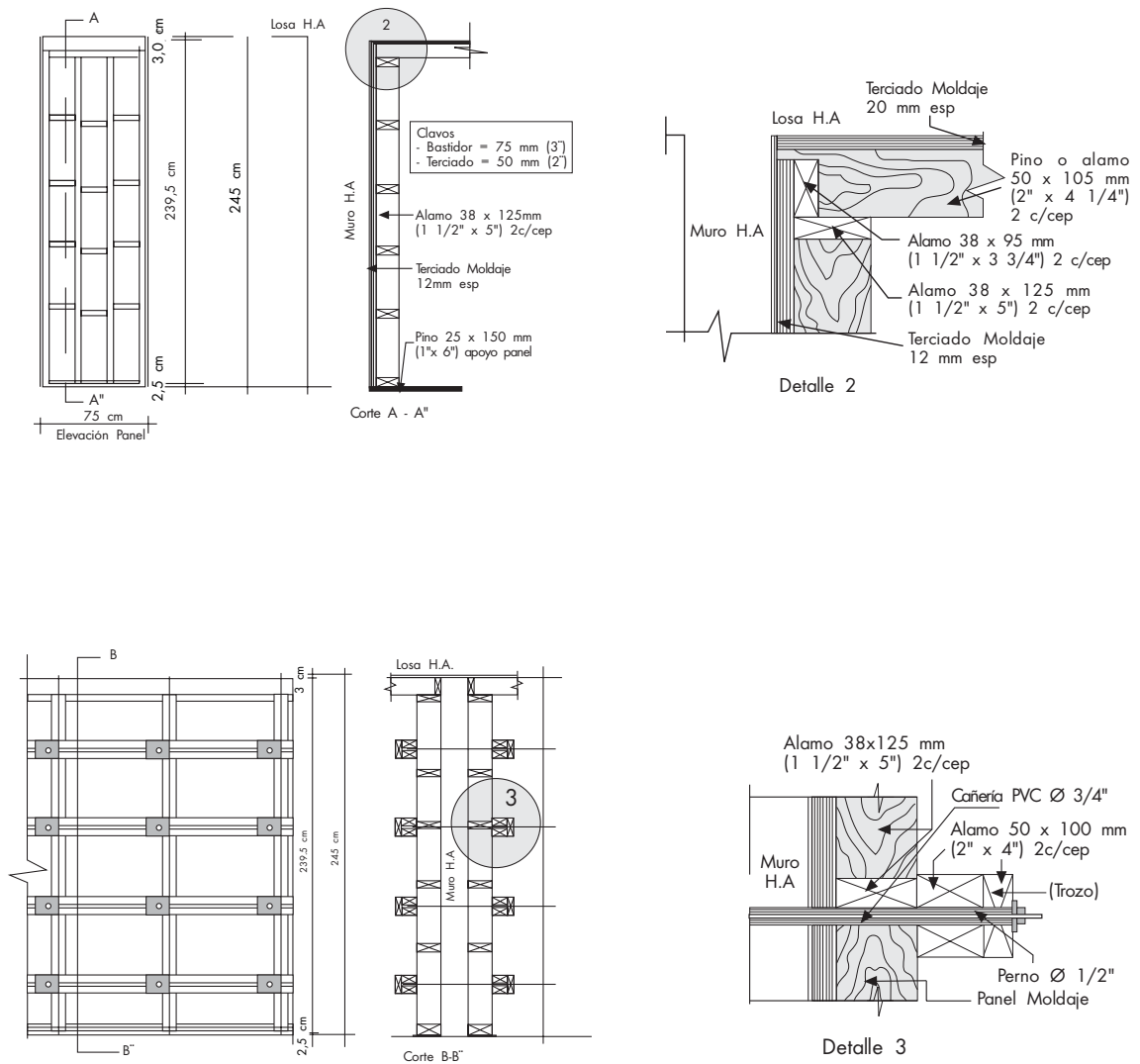


FIGURA N° 10
MOLDAJES TÍPICOS
(continuación)