



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

"MANUAL PARA MOLDAJES PARA
HORMIGÓN: ESTUDIO Y APLICACIÓN EN
EMPRESAS CONSTRUCTORAS NACIONALES Y
REGIONALES"

Tesis para optar al título de:
Constructor Civil.

Profesor Guía:
Sr. Adolfo Castro Bustamante.
Ingeniero Civil. M.Sc. en Ingeniería Civil.
Especialidad Estructuras.

FERNANDO ARTURO MILLAR JOFRÉ

VALDIVIA -CHILE

2006

DEDICATORIA

A MI QUERIDA MADRE, MARÍA ORIETA, POR TANTO SACRIFICIO Y ESFUERZO EN TODOS ESTOS AÑOS Y POR LA ESPERANZA DE MIRAR SIEMPRE HACIA UN MAÑANA MEJOR. ¡GRACIAS MAMITA!

A Mi ABUELITA, HERMINDA (Q.E.P.D.), POR LOS VALORES QUE ME INCULCO Y POR SU GRAN FORTALEZA PERSONAL.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco por sobre todas las cosas a DIOS, por darme la oportunidad de llegar a esta instancia tan importante de mi vida.

Quiero dar las gracias muy especialmente a la Sra. Myriam Moyano, por toda su ayuda durante los años de universidad.

A toda mi familia en especial a mis tíos Erika y Pedro, a mis hermanas Paola y Tatiana, y a mis tíos valdivianos Sara y José.

Y a todos mis amigos que están en las buenas y en malas, en especial a mi gran amigo Cristian Franco y sus padres Isabel e Iván, y a Sergio Peralta.

ÍNDICE

	página
RESUMEN/SUMMARY	
INTRODUCCION	
OBJETIVOS	
PRIMERA PARTE:	
Traducción Manual para Moldajes para Hormigón del Código ACI	1
Capítulo I: Introducción	2
1.1 Alcance	2
1.2 Definiciones	2
1.3 Obteniendo economía en los moldajes	4
1.4 Documentos del contrato	5
1.5 Referencias	8
Capítulo II: Elementos del Diseño	9
2.1 Generalidades	9
2.2 Cargas	12
2.3 Tensiones unitarias	15
2.4 Factores de seguridad para accesorios	16
2.5 Puntales	16
2.6 Arrastramiento y refuerzos	18
2.7 Cimiento para moldaje	18
2.8 Asentamientos	18
2.9 Referencias	19
Capítulo III: Construcción	20
3.1 Precauciones de seguridad	20
3.2 Prácticas de construcción y técnicas necesarias	24
3.3 Tolerancias	26
3.4 Irregularidades en las superficies de los moldajes	27

3.5 Apuntalamiento y centrado	28
3.6 inspección y ajuste del moldaje	30
3.7 Remoción de moldajes y soportes	31
3.8 Reapuntalamiento y puntales permanentes de estructuras de varios pisos	35
Capítulo IV: Materiales para moldajes	40
4.1 Generalidades	40
4.2 Propiedades de los materiales	40
4.3 Accesorios	45
4.4 Recubrimiento de moldajes y agentes de liberación	46
4.5 Referencias	47
Capítulo V: Hormigón arquitectónico	49
5.1 Introducción	49
5.2 Rol del arquitecto	50
5.3 Materiales y accesorios	53
5.4 Diseño	54
5.5 Construcción	56
5.6 Extracción del moldaje	58
Capítulo VI: Estructuras especiales	60
6.1 Discusión	60
6.2 Puentes y viaductos, incluyendo grandes pilares	60
6.3 Estructuras diseñadas para la acción compuesta	60
6.4 Láminas plegadas, cascaras delgadas y estructuras de techumbre de grandes luces	62
6.5 Estructuras de hormigón en masa	65
6.6 Estructuras subterráneas	66
Capítulo VII: Moldaje para métodos especiales de construcción	70
7.1 Recomendaciones	70
7.2 Hormigón premezclado	70
7.3 Moldajes deslizantes	72
7.4 Moldajes permanentes	78
7.5 Construcción de moldaje para hormigón pretensado	80
7.6 Construcción de moldes para hormigón prefabricado	82

7.7	Uso de hormigón prefabricado para moldejes	83
7.8	Moldes para hormigón bajo agua	85
Capítulo VIII: Referencias		87
8.1	Referencias Recomendadas	87
8.2	Referencias Citadas	91
SEGUNDA PARTE: Estudio y aplicación de moldajes en empresas constructoras Regionales y Nacionales		95
Capítulo I: Moldajes para Hormigón		96
1.1	Actualidad nacional	96
1.1.1	Tendencia	97
1.2	Clasificación de los moldajes por el material a utilizar	98
1.3	Clasificación de los moldajes por su funcionalidad	103
Capítulo II: Experiencia práctica		111
2.1	Introducción	111
2.2	Aplicación in situ	111
2.2.1	Construcción Edificio Estacionamiento "Fernández"	111
2.2.2	Construcción nuevo "Liceo H.C."	117
2.2.3	Construcción Colegio "Teniente Merino"	120
2.2.4	Construcción Edificio Filosofía	122
CONCLUSIONES		124
ANEXO I: Sistema de moldaje para losa Multiflex		125
ANEXO II: Viga GT 24 como viga para losas		129
ANEXO III: Puntales PEP 20		130
ANEXO IV: Accesorios: Cabezal y garra		131
ANEXO V: Accesorios: Brida tensora y horquilla		132
ANEXO VI: Accesorios: Pinza, pasador, grupilla, Trípode		133
ANEXO VII: Moldajes desechables para columnas		134
BIBLIOGRAFÍA		135

RESUMEN

La presente tesis reúne información detallada del Manual de Moldajes para Hormigón (Código AGÍ 347), del Instituto Americano del Hormigón, en este, la prioridad se concentra sobre los objetivos de seguridad, calidad y economía. Una sección referente a documentos del contrato explica el tipo y profundidad relativos a las especificaciones que el ingeniero/arquitecto debe proporcionar al contratista. En las páginas restantes, se aconseja al contratista acerca de los mejores métodos para alcanzar las especificaciones requeridas de una forma segura y económica. Se tratarán en capítulos separados los temas concernientes al diseño, construcción y materiales usados para moldaje. Consideraciones especiales referentes al hormigón arquitectónico se delinearán también en un capítulo aparte. Otros apartados de este documento se refieren a moldajes para puentes, hormigón en masa, y trabajos subterráneos. En el capítulo final acerca del moldaje para métodos especiales de construcción se incluyen moldajes deslizantes, hormigón con agregados premezclados, hormigón bombeado y hormigón pretensado.

Por otra parte, se realizó un estudio de moldajes enfocado a nuestra realidad regional y nacional, ya que actualmente se está trabajando a un gran nivel en cuanto a innovación y tecnología en los moldajes resultado de una intensa evolución que se llevó a cabo en Europa por más de 100 años. En cuanto a la normativa vigente, no se indica el tipo de moldaje, sólo se indica cómo debe quedar el acabado final. Al finalizar este capítulo se tratará la clasificación de estos elementos, según el tipo de material a utilizar, como por ejemplo: moldaje de madera, metálico, aluminio, etc., además, de clasificarlos desde el punto de vista de su funcionalidad, esto es, moldajes conformado por pequeñas piezas desmontables, moldajes conformado por piezas modulares, moldajes monolíticos, etc.

Posteriormente, se culmina con un estudio en terreno de algunas obras ejecutadas en la ciudad de Valdivia, como por ejemplo: Construcción de Edificio Estacionamiento "Fernández", con moldajes PERI; Construcción Nuevo Liceo "H.C.", con moldajes RDM KWIKFORM CHILE S.A.; Construcción Liceo "Teniente Merino", con moldajes RDM KWIKFORM CHILE S.A.; entre otras construcciones.

SUMMARY

The present thesis collects detailed data from the manual about formwork for concrete (Code ACI 347), from the American of Concrete Institute; in this, priority is given to the objectives of safety, quality, and economy. A section on contract documents explains the kind and amount of specification guidance the engineer/architect should provide for the contractor. The remainder of the report advises the contractor on the best ways to meet the specification requirements safely as well as economically. Separate chapters deal with design, construction, and materials for formwork. Considerations pertaining to architectural concrete are also outlined in a separate chapter. Other sections are devoted to formwork for bridges, shells, mass concrete, and underground work. The concluding chapter on formwork for special methods of construction includes slipforming, replaced aggregate concrete, tremie concrete, precast, and prestressed concrete.

On the other hand, a study of formwork focused on our region and country reality was carried out, as high technology and innovation are presently being applied when approaching formwork due to an intense evolution on going in Europe for over 100 years. Concerning present laws, only the final result is stated, rather than the due kind or formwork. At the end of this chapter, the classification of these elements will be analyzed according to the material to be used; such as wooden, metallic, aluminium, etc. formwork. They will also be classified from the perspective of their functionality, that is, formworks made by small dismountable parts, formworks made by modular parts, monolithic formworks, etc.

Afterwards, an on field study of some works carried out in Valdivia, such as Construction of "Fernandez" Parking Building, using PERI formwork; Construction of New High School "H.C", using RDM KWIKFORM CHILE S.A.; Construction of "Teniente Merino" High School, using RDM KWIKFORM CHILE S.A; among other constructions, is the culminating point of this thesis.

INTRODUCCIÓN

El moldaje es considerado actualmente un elemento fundamental dentro de toda obra constructiva. Prácticamente, es impensable edificar sin sistemas de encofrado o contraenchapados, porque permiten mejorar la calidad de la construcción, además nos permite reducir los tiempos de ejecución, y disminuir los costos por mano de obra.

En un principio la utilización de álamo y posteriormente de pino, fueron los materiales predominantes tanto como acabado superficial del moldaje o como elemento resistente de ésta. El moldaje se construía en obra muchas veces sobredimensionado con el consiguiente aumento de mano de obra y de materiales y otras veces subdimensionado, agravando el riesgo de accidentes y perjudicando la buena ejecución del proyecto, y además de la poca reutilización del material. Todos estos factores se traducían en mayores costos de mano de obra, materiales y revestimiento necesario para mejorar la terminación (por ejemplo, estucar, enyesar, empastar, etc), como también mayores tiempos de trabajo, disminuyendo la productividad y la economía de la obra.

Aunque hace más de 50 años que se han estado ofreciendo al mercado paneles prefabricados, la demanda por ellos fue creciendo progresivamente a medida que el costo de la mano de obra iba en aumento, y los constructores constataban que era más rentable comprar o alquilar moldajes industrializados que seguir construyéndolos de madera a medida para cada ocasión.

El avance tecnológico en el mejoramiento y aplicación de materiales nuevos y existentes, con mejores características de resistencia y durabilidad, permite acceder a sistemas de moldajes para todo tipo de construcciones. La utilización de este tipo de moldajes fabricados con materiales que tienen un exhaustivo control de calidad, sumado a una cantidad racional de usos y un cuidado correcto, permiten cumplir con especificaciones más exigentes, otorgan un mayor rendimiento y aseguran una mejor terminación superficial, dentro de las tolerancias especificadas.

En Chile no existen normas y/o reglamentos sobre moldajes, ni tampoco sobre ningún aspecto de éstos. Se procede de acuerdo a la costumbre y la experiencia personal de los ingenieros y constructores a cargo de las obras y a los plazos mínimos para el desmolde y el descimbre recomendados por la norma NCh 170.

OBJETIVOS

- > Entregar un Manual de Moldajes para Hormigón que sea aplicable a la realidad que vivimos, capaz de llegar tanto a profesionales y trabajadores como a las empresas constructoras de nuestra región y de nuestro país, debido a que no contamos con normas o reglamentos en materia de Moldajes.

- > Evaluar desde el punto de vista costos, la viabilidad del "arriendo" de moldajes, en la pequeña y mediana empresa versus el costo de compra de estos elementos que poseen una inversión inicial muy elevada.

- > Realizar un estudio y aplicación a empresas constructoras de la ciudad de Valdivia en donde se puedan discutir soluciones constructivas tomadas de las experiencias vividas en terreno y verificar de algún modo lo establecido en el manual.

PRIMERA PARTE

TRADUCCIÓN MANUAL PARA MOLDAJES PARA HORMIGÓN - CÓDIGO ACI

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

1.1 Alcance

Este manual cubre los siguientes tópicos:

- a. Información para ser incluida en los planos del contrato y sus especificaciones.
- b. Criterios de diseño para fuerzas horizontales y verticales en el moldaje.
- c. Consideraciones de diseño, incluyendo factores de seguridad para ser usados en la determinación de resistencias de los accesorios del moldaje.
- d. Preparación de los planos para el moldaje.
- e. Construcción y uso del moldaje, incluyendo consideraciones de seguridad.
- f. Materiales para moldaje.
- g. Moldaje para las estructuras especiales.
- h. Moldaje para métodos especiales de construcción.

Este manual se basa en la premisa de que el trazado, el diseño y la construcción de los moldajes deberán ser responsabilidad del contratista. Se cree que esto es fundamental para el logro de la economía y seguridad de los moldajes para el hormigón.

1.2 Definiciones

Las siguientes definiciones serán usadas en este manual. Muchos de los términos también pueden ser encontrados en ACI 116R.

Puntales permanentes (backshores) - puntales colocados ajustadamente bajo la losa de hormigón u otro miembro estructural después que los moldajes y los puntales originales han sido removidos de una pequeña área sin dejar que la losa o elemento defleccione o soporte su peso propio o existan cargas de construcción sobre ellos.

Centrado (centering) - soporte temporal especializado usado en la construcción de arcos, cáscaras, y estructuras espaciales, donde el soporte temporal completo es disminuido (debilitado o descentrado) como una unidad para evitar la aparición de tensiones perjudiciales en cualquier parte de la estructura.

Refuerzos diagonales o “vientos” (diagonal bracing) - elementos suplementarios del moldaje diseñados para resistir las cargas laterales.

Ingeniero/arquitecto – El arquitecto, ingeniero, empresa de arquitectura, empresa de ingenieros u otra agencia emisora de proyectos de planos y especificaciones y/o administradora de trabajos bajo las especificaciones del proyecto y planos.

Moldes voladores (flying forms) - grandes secciones de moldajes manejados mecánicamente; frecuentemente incluyen cerchas soportantes, vigas, o unidades del andamiaje unificadas completamente. Término usualmente aplicado para sistemas de moldajes para losas, también conocido como “mesas voladoras”.

Molde (form) - estructura temporal o molde para el soporte del hormigón mientras se esté endureciendo y ganando suficiente fuerza para ser autosoportante.

Moldaje (formwork) - sistema completo de soporte para el hormigón colocado fresco incluyendo el molde o enfundando que contacta el hormigón así como también todos los miembros soportantes, accesorios, y el arrostramiento o diagonales necesario.

Moldajes múltiples o monolíticos (ganged forms) - paneles prefabricados unidos para hacer una unidad mayor, por su conveniencia al erigir, desmoldar, y reutilizar.

Refuerzo horizontal (horizontal lacing) - miembros horizontales unidos a los puntales para reducir su largo sin apoyar, por consiguiente aumentando capacidad de carga.

Puntales multi-hileras (multi-tier shoring) - postes aislados usados en dos o más hileras aumentando la altura del sistema de puntales.

Puntales de reapuntalamiento (reshores) - puntales colocados ajustadamente bajo una losa de hormigón u otro miembro estructural después que los moldajes y los puntales originales han sido retirados de una gran área, requiriendo así que la nueva losa o miembro estructural se deforme y soporte su propio peso y las cargas de construcción existentes previo a la instalación de los puntales de apuntalamiento.

Puntales (shores) - Elementos de apoyo vertical o inclinados diseñados para resistir el peso de los moldajes, hormigón y cargas de construcción sobre ellos.

1.3 Obteniendo economía en los moldajes

El ingeniero/arquitecto puede ayudar a la economía global de la estructura planificando con el fin de que el costo de los moldajes sea mínimo. El costo de los moldajes en Estados Unidos puede llegar hasta un 60% del costo total del hormigón en terreno. Esta inversión demanda un meticuloso conocimiento y planificación por parte del ingeniero/arquitecto al diseñar y especificar la estructura, y por parte del contratista al diseñar y construir los moldajes.

El contratista, mientras prepara los planos de construcción del moldaje, puede prever problemas en el papel y puede hacer las correcciones necesarias. Los planos de construcción deben dar a los empleados trabajando en el proyecto una visión clara de qué es lo que se requiere y cómo lograrlo.

A continuación, hay algunos ejemplos de cómo el ingeniero/arquitecto puede planificar la estructura para que la economía del moldaje pueda ser mejor lograda:

a. Para simplificar el moldaje y aprovechamiento máximo de usos, las dimensiones de zapatas, columnas y vigas deben ser de diversos materiales estándares, y el número de emplazamientos deberá ser minimizado.

b. Cuando las columnas interiores sean del mismo ancho o más pequeña que las vigas que soportan, la forma de la columna se convierte en un simple rectángulo o caja cuadrada sin cortes, y la forma de la losa no tiene que ser recortada en cada esquina de la columna.

c. Cuando todas las vigas se hagan a una misma profundidad (armazón de vigas en vigas así como también armazón de vigas en columnas), las estructuras de soporte del molde de la viga pueden ser trasladadas en una plataforma nivelada soportada por puntales.

d. Cuando los anchos y profundidades sean las mismas hechas para vigas y viguetas, y los tamaños disponibles de madera tratada, madera contrachapada y los diversos componentes del moldaje prefabricado sean considerados al determinar los tamaños de miembros estructurales, se ahorrará tiempo en mano de obra en el cortado, dimensionado y nivelación.

e. Donde los sistemas de moldes comercialmente disponibles como son los sistemas de viguetas de una sola fase o dos fases sean usados, el diseño deberá basarse en el uso de una misma profundidad estándar dondequiera sea posible.

f. El diseño estructural deberá prepararse simultáneamente con el diseño arquitectónico a fin de que las dimensiones puedan ser mejor coordinadas.

Los tamaños de las piezas a menudo pueden variar en pocas pulgadas para ajustarse al diseño estructural.

g. El ingeniero/arquitecto deberá considerar características arquitectónicas, deflexiones, y aberturas para el trabajo mecánico o eléctrico al detallar el sistema estructural, con el objetivo de lograr la máxima economía. Las variaciones en el sistema estructural causado por tales artículos deberán ser mostradas en los planos estructurales. Donde quiera sea posible, las deflexiones en la parte superior de las losas deberán estar hechas sin los quiebres correspondientes en las elevaciones de los plafones (marquesinas) de losas, vigas, o viguetas.

h. Uniones para empotramiento o penetración a través de la estructura de hormigón deberán ser diseñadas para minimizar la penetración aleatoria de la superficie formada.

1.4 Documentos del contrato

Los documentos del contrato deberán establecer por adelantado las tolerancias requeridas en la estructura terminada, pero no debieran intentar especificar la manera en la cual el contratista diseña y construye el moldaje para lograr las tolerancias requeridas.

El trazado y el diseño del moldaje, así como también su construcción, deberá ser de responsabilidad del contratista. Este enfoque da la libertad necesaria para el uso de habilidades y conocimiento necesario para producir una estructura terminada que sea segura y económica. El ingeniero/arquitecto, al revisar los planos del moldaje, puede observar cómo el contratista ha interpretado los planos del contrato. En algunas localidades existen requerimientos legales que definen las responsabilidades específicas del ingeniero/arquitecto en el diseño, revisión, o aprobación del moldaje.

1.4.1 Especificaciones Individuales – Se sugiere al autor de las especificaciones de la obra que puede referirse a este manual como una fuente de recomendaciones que pueden ser escritas dentro de un lenguaje propio para documentación contractual.

Para cualquier estructura de hormigón, las especificaciones para moldaje tendrán mucho que ver con la economía global de la obra y la calidad del trabajo terminado. Tal nivel de especificación debe estar hecho a la medida para cada trabajo en particular, debe indicar exactamente que se espera del contratista, y deberá estar tan especificado cada detalle por escrito como para esperar un resultado económico y seguro.

Una buena redacción de las especificaciones para moldajes tienden a igualar las ofertas de propuestas para la realización del trabajo. Requisitos innecesariamente detallados pueden hacer que surjan preguntas en los postulantes a la propuesta acerca de las especificaciones en su conjunto y puede hacer virtualmente imposible entender con exactitud cuáles son las expectativas respecto a la obra. Todo esto llevaría a que los postulantes sean excesivamente cautos y presenten una propuesta mas cara, o a una mala interpretación de los requerimientos y consiguientemente a la presentación de un presupuesto subvalorado.

Una buena preparación de las especificaciones para moldaje es de valor no sólo para el dueño y el contratista, sino también para el representante en terreno (capataz) del ingeniero/arquitecto y/o agencia certificadora y para los subcontratistas de otros rubros. Algunos requisitos pueden estar escritos para permitir explícitamente al contratista el uso de opciones en donde la calidad del trabajo final del hormigón no será afectado por el uso de materiales y/o métodos alternativos.

Cualquier consideración acerca de los requerimientos generales aplicables sugeridos en estos puntos no será suficiente para realizar una especificación completa. Requisitos específicos deben ser añadidos para materiales, terminaciones, y otros puntos relativos y necesarios para la estructura individual. El ingeniero/arquitecto puede excluir, llamar especialmente la atención ,enfaticar, o hacer menos restrictivo cualquier requisito general para ajustarse mejor a las necesidades del proyecto en particular. Mucha información útil y detallada está dada en *Moldajes para hormigón*^{1,3}.

1.4.2 Materiales y accesorios para moldaje - Si el diseño particular o final deseado requiere atención especial, el ingeniero/arquitecto puede especificar en los documentos del contrato los materiales del moldaje y otras características necesarias para lograr los objetivos. Si el ingeniero/arquitecto no ha requerido materiales específicos o accesorios, el contratista puede escoger cualquier material que cumpla con los requisitos del contrato.

Cuando el diseño estructural se basa en el uso de unidades de moldes comercialmente disponible en los tamaños estándares como son los sistemas de viguetas de una sola fase o dos fase, los planos deberán ser dibujados para hacer uso de formas y tamaños disponibles. Algunas libertades deben estar permitidas para conexiones de unidades de moldes para que otras armazones o centrados reflejen las tolerancias y las prácticas normales de instalación del tipo de molde previsto.

1.4.3 Acabado del hormigón - los requisitos finales de las superficies de hormigón deberán ser descritos en términos de medición tan precisos como prácticos. Referencias en la Sección 3.4 y Capítulo 5.

1.4.4 Diseño, inspección, revisión y aprobación del moldaje – Aún cuando la seguridad del moldaje es la responsabilidad del contratista, el ingeniero, el arquitecto, o agencia certificadora puede, bajo ciertas circunstancias, desear revisar y/o aprobar el moldaje, incluyendo, los planos y cálculos. Si esto ocurre, el ingeniero/arquitecto deberá requerir tal revisión o tal aprobación en los documentos del contrato.

Este tipo de aprobación podría ser requerida para estructuras inusualmente complicadas, para estructuras cuyos diseños estuvieran basados en métodos particulares de construcción, para estructuras en las cuales los moldes imparten cierto acabado arquitectónico deseado, para ciertas estructuras post-tensadas, para láminas plegadas, para cáscaras delgadas o para estructuras de techos de grandes luces. Las siguientes consideraciones deberán estar claramente especificadas en los documentos del contrato:

- a. Por quién será diseñado el moldaje
- b. Por quién, cuándo, y por qué características será inspeccionado el moldaje
- c. Qué revisiones y/o aprobaciones serán requeridas:
 1. Para los planos del moldaje
 2. Para los moldajes antes del hormigonado y durante el hormigonado
 3. Quién efectuará tales revisiones y/o tales aprobaciones

1.4.5 Planos del Contrato - Los planos del contrato deberán incluir o reunir toda la información necesaria para el contratista para el diseño del moldaje y para la preparación de los planos del moldaje, tales como:

- a. Número, localización, y detalles de todos los puntos de ensamblaje en la construcción, juntas de contracción y juntas de expansión que serán requeridas por el trabajo en particular o como partes de éste.
- b. Secuencia de colocación del hormigón, si es crítico.
- c. La carga viva y carga muerta sobrepuesta para el cual la estructura es diseñada y cualquier reducción de carga viva usada. Éste es un requisito del Código de Construcción ACI (ACI 318).
- d. Los soportes intermedios bajo los moldajes permanentes (en su lugar), tales como cubiertas de metal usadas para moldes y moldes permanentes de otros materiales; los soportes y/o el arrostramiento requerido por el diseño del ingeniero estructural para la acción compuesta; y cualquier otro soporte especial.

- e. La localización y orden de levantamiento y extracción de los puntales para construcción compuesta.
- f. Las disposiciones especiales esenciales para moldaje para métodos especiales de construcción, y para estructuras especiales como cáscaras y láminas plegadas. La geometría básica de tales estructuras, así como también la contraflecha requerida, debe ser dada con suficientes detalles para permitir al contratista que construya los moldajes. La contraflecha deberá estar acordada para la medición después del levantamiento inicial y antes del descimbrado.
- g. Requisitos especiales para miembros de hormigón post-tensado. El efecto de transferencia de carga durante el tensado de los miembros post-tensados puede ser crítico, y el contratista deberá ser informado acerca de cualquier disposición especial que se halla hecho en el moldaje para esta condición.
- h. La cantidad de contraflecha deseada para losas u otros miembros estructurales para compensar la deflexión de la estructura. Las medidas de contraflechas logradas deberán estar hechas en el plafón nivelado después del levantamiento inicial y antes de la extracción de soportes del moldaje.
- i. Donde los chaflanes sean requeridos o prohibidos en plafones de viga o esquinas de columnas.
- j. Los requisitos para insertos, desagües, construcción de armazones o marcos para aberturas y huecos a través del hormigón; requisitos similares donde trabajos de otro tipo serán para unidos a soportar cargas o pasadas a través del moldaje.
- k. Dónde las características arquitectónicas, elementos empotrados, o trabajos de otro tipo puedan cambiar la localización de miembros estructurales tales como los sistemas de viguetas de una-fase o sistema de viguetas de dos-fases, tales cambios o condiciones deberán ser coordinados por el ingeniero/arquitecto.
- j. Ubicaciones y detalles para el hormigón arquitectónico. Cuándo los detalles arquitectónicos deban ser fraguados en hormigón estructural, esto debe estar indicado o establecido en los planos estructurales, ya que estos juegan un papel fundamental en el diseño estructural del moldaje.

1.5 Referencias

- 1.1 ACI Committee 622, "Form Construction Practices," ACI Journal, *Proceedings* V. 53, No. 12, June 1957. pp. 1105-1118.
- 1.2 ACI Committee 622, "Pressures on Formwork," ACI Journal, *Proceedings* V. 55, No. 2. Aug. 1958, pp. 173-190.
- 1.3 Hurd, M. K., *Formwork for Concrete*, SP-4, American Concrete Institute, Detroit. 4th Edition, Revised 1984, 464 pp.

CAPÍTULO II

2.0 ELEMENTOS DEL DISEÑO

2.1 Generalidades

2.1.1 Planificación - Cualquier moldaje, sin importar su tamaño, deberá ser planificado en cada detalle antes de su construcción. La cantidad de planificación requerida dependerá del tamaño, complejidad e importancia (considerando su reutilización) del moldaje. Un análisis de diseño deberá ser hecho para todo el moldaje. La estabilidad y el alabeo deberán ser investigados en todos los casos.

2.1.2 Métodos de Diseño - el moldaje está hecho de muchos materiales diferentes, y se siguen las prácticas del diseño comúnmente usadas para cada material (ver Cap. 4).

Por ejemplo, los moldajes de madera son diseñados por el método de las tensiones de trabajo recomendadas por la Asociación Nacional de Productos Forestales (National Forest Products Association). Cuando la estructura de hormigón se convierte en parte del sistema de soporte del moldaje, como en muchos edificios de varios pisos, es importante que el diseñador de moldajes reconozca que el hormigón usualmente ha sido diseñado por el método de las fuerzas.

A lo largo de esta guía, los términos *diseño*, *carga de diseño*, y *capacidad de diseño* se usarán para referirse al diseño del moldaje. Donde se haga mención respecto a la carga de diseño para la estructura misma, *carga estructural de diseño*, *peso muerto estructural*, o algún término similar se usará para referirse a las cargas no factorizadas en la estructura*.

2.1.3 Objetivos Básicos - el moldaje deberá ser diseñado a fin de que las losas de hormigón, los muros, y otros miembros estén correctamente dimensionados, modelados, alineados, elevados, y posicionados y dentro de las tolerancias establecidas. El moldaje también deberá ser diseñado con el fin de que con toda seguridad soporten todas las cargas verticales y laterales que puedan ser aplicadas hasta que tales cargas puedan ser soportadas por la estructura de hormigón. Las cargas verticales y laterales deben ser llevadas al terreno por el sistema del moldaje o por el sistema de construcción in situ que posea la fuerza adecuada para este propósito.

* Definida por ACI 318, ambas *carga muerta* y *carga viva* son cargas no factorizadas

La responsabilidad del diseño del moldaje recae en el contratista o el ingeniero contratado por el contratista para diseñar y ser responsable por el moldaje.

2.1.4 Deficiencias del diseño - Algunas deficiencias comunes del diseño que pueden producir fracasos son:

a. La falta de permisibilidad en el diseño para cargas tales como viento, deficiencias estructurales puntuales (power buggies), colocación de equipos, y almacenamiento de material temporal.

b. Puntales de reapuntalamiento inadecuados.

c. Puntales de reapuntalamiento sobretensados.

d. Medidas inadecuadas para prevenir la rotación de los moldes de las vigas donde las losas se reúnen en un solo lado.

e. Anclajes inadecuados en contra de la elevación debido al desgaste de la superficie de los moldes.

f. Permisibilidad insuficientes para cargas excéntricas debido a las secuencias de colocación.

g. Irregularidad para investigar los aspectos de las tensiones con los miembros en contacto con las alzaprimas o las riostras.

h. Irregularidad para proveer las amarras laterales correctas o el arrostramiento de los puntales.

i. Irregularidad al investigar la proporción de delgadez de miembros en compresión.

j. Disposiciones inadecuadas para amarrar las esquinas interceptadas conjuntamente con los moldajes de los voladizos.

k. Irregularidad para describir las cargas impuestas sobre los anclajes durante el cierre de las aberturas en la alineación del moldaje.

2.1.5 Planos y cálculos de los moldajes – Antes de construir los moldajes, el contratista, si así lo requiere, entregará planos detallados y/o cálculos de diseño del moldaje propuesto para la revisión y/o la aprobación por el Ingeniero/arquitecto o agencia de certificación. Si tales planos no están en conformidad con los documentos del contrato determinados por el Ingeniero/arquitecto o agencia de certificación, el contratista hará tantos cambios como sean requeridos antes de iniciar la construcción del moldaje.

La revisión y aprobación de los planos del moldaje de ningún modo releva al contratista de la responsabilidad por la adecuada construcción y mantención de los moldajes a fin de que ellos funcionen correctamente. Si la revisión es efectuada por personas distintas de aquellas empleadas por el contratista, la revisión y aprobación

indica que el revisor no aceptará excusas con respecto a: las supuestas cargas de diseño en combinación con las tensiones del diseño mostradas; los métodos de construcción propuestos; tarifas de colocación, equipos, y secuencias; materiales propuestos para moldajes; y el esquema global del moldaje.

Todos los valores principales del diseño y condiciones de cargas deberán ser mostrados en los planos del moldaje. Estos incluyen valores supuestos de cargas vivas; fuerza de compresión del hormigón para la extracción del moldaje y para la aplicación de cargas de construcción; razón de colocación, temperatura, altura y caída del hormigón; el peso del equipo móvil que puede ser operado sobre el moldaje; presión de la fundación; diseño de tensiones; diagramas de deflexiones; y otra información pertinente, si es aplicable.

Además de especificar los tipos de materiales, dimensiones, largos, y los detalles de conexión, los planos del moldaje deberán proveer detalles de aplicación, tales como:

- a. Procedimientos, secuencia, y criterios para la extracción de moldajes, alzaprimas, y los puntales permanentes.
- b. Los permisos del diseño para las cargas de la construcción en losas nuevas deberán ser mostradas cuando tal permiso asuma el desarrollo de esquemas de alzaprimado y/o puntales permanentes (ver sección 2.5.3 y 3.8 para alzaprimado y puntales permanentes de estructuras de varios pisos).
- c. Los anclajes, amarras para moldajes, alzaprimas, arrostramiento lateral, y refuerzos horizontales.
- d. Campo de ajuste de los moldajes.
- e. Desagües, uniones de calce (o unión machihembrada), e insertores.
- f. Andamios de trabajo y pasarelas.
- g. Registros o agujeros de vibrador donde se requiera.
- h. Rollos y grado de desmolde.
- i. Localización de montajes externos del vibrador.
- j. Aglomeración de láminas o desechos de láminas donde el desmolde pueda dañar el hormigón.
- k. Extracción de separadores o enmarcación de los registros (blockout) temporales.
- l. Limpieza de perforaciones y registros de inspección.
- m. Juntas de construcción, juntas de contracción, y juntas de expansión para conformar los planos de diseño (ACI 318).
- n. Secuencia de colocación del hormigón y el mínimo tiempo transcurrido entre las colocaciones adyacentes.

- o. Biselado de tiras o grado de tiras para esquinas expuestas y juntas de construcción.
- p. Contraflecha o combadura.
- q. Durmientes (o tablonos) u otro cimiento provisto para moldaje.
- r. Disposiciones especiales como seguridad, fuego, drenaje, y protección del hielo y escombros en cruces de agua.
- s. Recubrimientos del moldaje.
- t. Notas para los edificadores del moldaje que detallen el tamaño y la localización de conductos y las tuberías incrustadas en hormigón según ACI 318 (Sección 6.3).
- u. Aberturas temporales o anexos para levantar grúas u otro equipo de manejo de materiales.

2.2 Cargas

2.2.1 Carga Vertical - las cargas verticales constan de *cargas muertas* y *cargas vivas*. El peso del moldaje más el peso del hormigón fresco es el *peso muerto*. La *carga viva* incluye el peso de trabajadores, equipos, almacenamiento de materiales, pasarelas, e impacto.

Las cargas verticales asumidas para el diseño de puntales y puntales de reapuntalamiento para construcciones de varios pisos deberán incluir todas las cargas transmitidas de los pisos superiores con el propósito de programar la construcción. Refiérase a la sección 2.5, Puntales.

Los soportes verticales y armazón horizontal deberán ser diseñados para una carga viva mínima de 244,1 Kg/m² (50 lb/ft²) de proyección horizontal. Cuando se usen betoneras (motorized carts) la carga viva mínima deberá ser de 366,15 Kg/m² (75 lb/ft²).

La carga mínima de diseño para combinaciones de cargas muertas y vivas deberá ser 488,2 Kg/m² (100 lb/ft²), o 610,25 Kg/m² (125 lb/ft²) si son usadas betoneras.

2.2.2 Presión Lateral del hormigón - a menos que las condiciones de la sección 2.2.2.1 ó 2.2.2.2 sean las responsables, el moldaje deberá ser diseñado para la presión lateral del hormigón fresco dado en la Ecuación (2-1). Los valores máximos y mínimos dados para otras fórmulas de presión no tienen aplicación para la Ecuación (2-1) (ver Apéndice para conversiones métricas de ecuaciones en esta sección).

$$P = w \times h$$

(2-1)

Donde: P = presión lateral, en Kg/m^2 ; w = peso unitario del hormigón fresco, en Kg/m^2 ; y h = la profundidad del hormigón fluido o plástico, en m.

Para columnas u otros moldajes que puedan ser llenados rápidamente antes de que ocurra cualquier endurecimiento del hormigón, h deberá ser tomada como la altura llena del moldaje, o la distancia entre las juntas de construcción cuando se realice más de una colocación de hormigón.

2.2.2.1 Para hormigones hechos con cemento tipo 1*, con peso de 2403 Kg/m^3 (150 lb/ft^3), sin aditivos o mezclas, tenga una caída severa de 0,10m (4 pulgadas) o menos y vibración normal interna a una profundidad de 1,22 m (4 pies) o menos, el moldaje puede ser diseñado para una presión lateral como la siguiente, donde R = razón de colocación, en m por hr; y T = la temperatura del hormigón en el molde, en grados Celsius.

Para Columnas

$$P = 150 + 9000 R/T \quad (2-2)$$

Con un máximo de 14646 Kg/m^2 (3000 psf), un mínimo de $2929,2 \text{ Kg/m}^2$ (600 lb/ft^2), pero en ningún caso más que $150 \times h$.

Para Muros con razón de colocación menor a 2,134 m/hr (7 pies por hr)

$$P = 150 + 9000 R/T \quad (2-2a)$$

Con un máximo de 9764 Kg/m^2 (2000 lb/ft^2), un mínimo de $2929,2 \text{ Kg/m}^2$ (600 lb/ft^2), pero en ningún caso más que $150 \times h$.

Para Muros con razón de colocación de 2,134 a 3,048 m/hr (7 a 10 ft por hr)

$$P = 150 + 43.400/T + 2800 R/T \quad (2-3)$$

* El comité tiene datos experimentales insuficientes con otros tipos de cemento. Ver la declaración original de fórmulas en Referencia 1.2.

Con un máximo de 9764 Kg/m^2 (2000 lb/ft^2), un mínimo de $2929,2 \text{ Kg/m}^2$ (600 lb/ft^2), pero en ningún caso más que $150 \times h$.

2.2.2.2 Como alternativa, un método basado en datos experimentales apropiados puede ser usado para determinar la presión lateral utilizada para el diseño del moldaje (Referencias 2.1 hasta 2.5).

2.2.2.3 Si el hormigón es bombeado desde la base del moldaje, entonces el moldaje deberá ser diseñado para la máxima carga hidrostática del hormigón $w \times h$ más un mínimo permisible del 25% para la presión de la fluidez de la bomba. En ciertos casos las presiones pueden ser tan altas como la presión frontal del pistón de la bomba.

2.2.2.4. Se debe tener cuidado al usar vibración externa u hormigones hechos con cementos compensadores de retracción o cementos expansivos. Presiones en exceso del equivalente hidrostático pueden ocurrir.

2.2.2.5 Para presiones laterales de moldajes deslizantes, ver la sección 7.3.2.4.

2.2.3 Cargas horizontales - arrostramientos y alzaprimas deberán ser diseñados para resistir todas las cargas horizontales previsibles tales como fuerzas sísmicas, vientos, tensión de cables, soportes inclinados, bombeado de hormigón, y comienzo y finalización de equipamiento. Las cargas de viento encerradas u otro quiebre de viento adjunto para el moldaje deberá agregarse a estas cargas.

2.2.3.1 Para la construcción de edificios, en ningún caso el valor asumido de carga horizontal debido al viento, bombeado de hormigón, colocación de hormigón inclinado, y equipo actuando en cualquier dirección en cada línea del piso será menor a $148,8 \text{ Kgf}$ por m lineal (100 lb por ft lineal) del borde del piso o 2% del total de carga muerta en el molde distribuido como una carga uniforme por pie lineal (o metro lineal) del borde de la losa, cualquier otra será mayor.

2.2.3.2 El arrostramiento de moldaje del muro deberá ser diseñado para encontrar los requisitos mínimos de carga del viento de ANSI A58.1 o del código local de edificación, siendo elegido el más riguroso. Para moldajes de muros de elementos expuestos, la carga mínima de diseño del viento no deberá ser menor que $73,23 \text{ Kgf/m}^2$ (15 psf). El arrostramiento para moldaje de muros deberá ser diseñado para una carga horizontal de al menos $148,8 \text{ Kgf}$ por m lineal (100 lb por ft lineal) de muro, aplicado desde arriba.

2.2.3.3 Los moldajes para muros de altura inusual o expuesta deberán recibir consideración especial.

2.2.4 Cargas especiales - El moldaje deberá ser diseñado para cualquier condición especial de construcción probable de ocurrir, tal como la colocación asimétrica de hormigón, el impacto de la máquina-elevadora de hormigón (capacho), elevación, las cargas concentradas de refuerzo, manejo de cargas de los moldajes, y almacenamiento de materiales de construcción. Los diseñadores de moldaje deberán ser meticulosos para tener previstas condiciones especiales de cargas, tales como muros construidos sobre luces de losas o vigas las cuales ejercen un patrón diferente de carga antes del endurecimiento del hormigón que aquel para la cual la estructura soportante es diseñada.

Cualquier carga de construcción impuesta en la estructura parcialmente terminada no deberá ser permitida a excepción de la especificada en los planos del moldaje o con la aprobación del ingeniero o el arquitecto. Ver sección 3.8 para las condiciones especiales relacionadas para trabajos de varios pisos.

2.2.5 Cargas post-tensadas - puntales, puntales de reapuntalamiento y puntales permanentes necesitan ser analizados para ambas cargas de colocación del hormigón y para toda la transferencia de cargas que tomen lugar durante el post-tensado.

2.3 Tensiones unitarias

Las tensiones unitarias usadas en el diseño de moldajes, exclusivo de accesorios, están dadas en los códigos aplicados o en las especificaciones nominadas en el Capítulo 4. Cuando la fabricación del moldaje, el alzaprimado, o las unidades de andamios son usados, las recomendaciones de fabricación para cargas admisibles pueden seguirse si son apoyadas por informes de pruebas realizadas por alguna agencia reconocida, o por registros de experiencias previas exitosas. Para materiales de moldaje que puedan experimentar una reutilización considerable, estos valores de cargas admisibles a usar deben ser aún menores. Para materiales del moldaje con reutilización limitada, las tensiones admisibles especificadas en el código de diseño apropiado o especificaciones para estructuras temporales o para cargas temporales en estructuras permanentes pueden ser usadas. Donde halla un número considerable de moldajes reutilizables o dónde el moldaje es fabricado de materiales como acero, aluminio, o magnesio, es recomendable que el moldaje sea diseñado como una estructura permanente llevando cargas permanentes.

2.4 Factores de seguridad para accesorios

La tabla 2.4 muestra factores de seguridad mínimos recomendados para accesorios del moldaje tales como amarras, tirantes, y perchas del moldaje. Seleccionando estos accesorios, el diseñador del moldaje deberá estar seguro que los materiales, dispuestos para el trabajo cumplan con los requerimientos de seguridad mínimos referidos a carga.

Tabla 2.4 Factores de seguridad mínimos de accesorios para moldajes*

Accesorio	Factor de seguridad	Tipo de construcción
Amarras del moldaje	2.0	Todas las aplicaciones
Anclajes del moldaje	2.0	Moldaje soportando el peso del moldaje y sólo presiones del hormigón.
	3.0	Moldaje soportando el peso del moldaje, hormigón, cargas vivas del hormigón e impacto.
Perchas del moldaje	2.0	Todas las aplicaciones
Puntos de anclaje usados como amarras del moldaje.	2.0	Paneles de hormigón prefabricado cuando son usados como moldaje

*Los factores de seguridad, están basados en la última fuerza del accesorio.

2.5 Alzaprimas o puntales

2.5.1 Generalidades - las alzaprimas están definidas como miembros verticales o inclinados diseñados para llevar el peso del moldaje, hormigón, y las cargas de los pisos superiores de la construcción.

2.5.2 Empalmes – extremos de madera o empalmes realizados con madera que hayan sido contruidos en terreno no son recomendables a menos que hayan sido fabricados usando dispositivos metálicos de probada estabilidad y fuerza. Si los puntales de madera son hechos de madera contra chapada o en bruto, deberán ser diseñados contra alabeos y curvaturas como cualquier otro miembro estructural de compresión.

2.5.3 Estructuras de varios pisos – Previo a la construcción, un plan global para calendarizar la instalación de puntales (alzaprimas) y elementos de reapuntalamiento o puntales permanentes, y el cálculo de cargas transferidas a la estructura, deberán

prepararse por un diseñador calificado y experimentado en moldaje. La capacidad de la estructura al llevar estas cargas deberá ser revisada o aprobada por el ingeniero / arquitecto. La planificación y la responsabilidad de esta ejecución queda en manos del contratista.

Las alzaprimas y los puntales de reapuntalamiento o puntales permanentes (definidos en la sección 3.8) deben ser diseñados para llevar todas las cargas transmitidas a ellos. Un análisis racional deberá ser usado para determinar el número de pisos para los puntales, puntales de reapuntalamiento o puntales permanentes y para determinar las cargas transmitidas para los pisos, los puntales, puntales de reapuntalamiento o puntales permanentes como resultado de la secuencia de la construcción.

El análisis deberá considerar, pero no deberá necesariamente estar limitado, a lo siguiente:

1. La carga estructural del diseño de la losa o miembro incluyendo cargas vivas, cargas separadas, y otras cargas para las cuales el ingeniero diseñe la losa. Donde el ingeniero incluya una carga viva reducida por el diseño de miembros seguros y permisibles para cargas de construcción, tales valores deberán ser mostrados en los planos estructurales y deberán ser tomados en cuenta cuando este análisis sea desarrollado.
2. Peso de cargas muertas del hormigón y el moldaje.
3. Cargas vivas de construcción, tales como colocación de dotación y equipamiento o materiales almacenados.
4. Fuerzas de diseño de hormigón especificado.
5. Ciclos de tiempo entre la colocación de pisos sucesivos.
6. La fuerza del hormigón en el tiempo que es requerido para soportar el alzaprimado de las cargas de los pisos superiores.
7. La distribución de cargas entre pisos, los puntales, puntales de reapuntalamiento o los puntales permanentes en el tiempo de colocación del hormigón, descimbre del moldaje, y extracción de puntales de reapuntalamiento o puntales permanentes.^{2.6, 2.7}
8. Espacio de losas o miembro estructural entre soportes permanentes.
9. Tipos de sistemas de moldaje, por ejemplo, espacio de componentes horizontales del moldaje, cargas de alzaprimado individual, etc.
10. Edad mínima donde sea apropiado.

Las celdas de muestreo comercialmente disponibles pueden ser ubicadas bajo alzaprimas seleccionadas para el actual monitoreo de cargas de alzaprimados para guiar el proceso de alzaprimado y apuntalamiento permanente como producto de la construcción.^{2,8}

2.6 Arrostramientos y refuerzos

El sistema de moldaje deberá ser diseñado para transmitir todas las cargas horizontales al suelo o a la construcción de manera tal de garantizar la seguridad en todo momento. El arrostramiento diagonal deberá estar previsto de planos verticales y horizontales donde requiera resistir las cargas laterales y prevenir la inestabilidad de miembros individuales.

El refuerzo horizontal puede estar considerado en el diseño para mantener e incrementar la resistencia de alabeo de alzaprimas individuales y puntales de reapuntalamiento o puntales permanentes. El refuerzo deberá ser suministrado en cualquier dirección requerida para producir la razón correcta de delgadez I/r para la carga solicitada, donde I = el largo sin apoyo y r = el radio de giro mínimo. El sistema de refuerzo deberá estar anclado de manera que asegure la estabilidad del sistema completo.

2.7 Cimientos para moldajes

Los cimientos apropiados sobre el suelo tales como durmientes (o tablones), zapatas continuas, o zapatas individuales deberán ser previstas. Si bajo el suelo los durmientes son o pueden llegar a ser incapaces de soportar las sobrecargas sin asentamientos apreciables, ésta deberá ser estabilizada o se deberá prever otra manera de soporte. Ningún hormigón deberá ser colocado en los moldajes si se encuentra sobre suelo congelado.

2.8 Asentamientos

El moldaje deberá ser diseñado y construido para que los ajustes verticales puedan ser hechos para compensar las contra flechas y asentamientos.

2.9 Referencias

- 2.1. Gardner, N. J., "Pressure of Concrete Against Formwork," ACI JOURNAL, *Proceeding* V. 77, No. 4. July-Aug, 1980, pp. 279-286, and Discussion, *Proceedings* V. 78, No. 3, May-June 1981, pp. 243-246.
- 2.2. Gardner, N.J., and Ho, P. T.-J., "Lateral Pressure of Fresh Concrete," ACI JOURNAL, *Proceedings* V. 76, No. 7, July 1979, pp. 809-820.
- 2.3. Clear, C. A., and Harrison, T. A., "Concrete Pressure on Formwork," *CIRIA Report* No. 108, Construction industry Research and Information Association, London, 1985, 32 pp.
- 2.4. "Pressure of Concrete on Vertical Formwork (Frischbeton auf Lotrechte Schalungen)," (DIN 18218), Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 1980,4 pp.
- 2.5. Gardner, N. J., "Pressure of Concrete on Formwork—A Review," ACI JOURNAL, *Proceedings* V. 82, No. 5, Sept.-Oct. 1985, pp. 744.753.
- 2.6. Grundy, Paul, and Kabaila, A., "Construction Loads on Slabs with Shored Formwork in Multistory Buildings," ACI JOURNAL, *Proceedings* V. 60, No. 12, Dec. 1963, pp. 1729-1738.
- 2.7. Agarwal, R. K., and Gardner, Noel J., "Form and Shore Requirements for Multistory Flat Slab Type Buildings," ACI JOURNAL, *Proceedings* V. 71, No. 11, Nov. 1974, pp. 559-569.
- 2.8. Noble, John, "Stop Guessing at Reshore Loads—Measure Them," *Concrete Construction*, V. 20, No. 7, July 1915. pp. 277-280

CAPÍTULO III

3.0 CONSTRUCCIÓN

3.1 Precauciones de seguridad

Los Constratistas deberán seguir todos los códigos estatales, locales y regionales, las ordenanzas y las reglas relacionadas con moldajes y alzaprimas (puntales).

Además de la responsabilidad moral y legal de mantener condiciones seguras para trabajadores y público, una construcción segura es en el análisis final más económica que cualquier ahorro de costos a corto plazo debido a recortes en condiciones o elementos de seguridad. La preocupación por la seguridad es particularmente significativa en la construcción de moldajes, ya que esta estructura soporta el hormigón durante su estado plástico y mientras desarrolla su resistencia, hasta que el hormigón se convierte estructuralmente en auto-soportante. Observación y seguimiento de los criterios de diseño contenidos en esta guía es esencial para asegurar el funcionamiento seguro de los moldajes. Todos los miembros estructurales y conexiones deben estar cuidadosamente planificados con el propósito de que la determinación correcta de cargas pueda ser hecha con exactitud y las tensiones calculadas a cabalidad.

Además de que el moldaje debe ser adecuado, las estructuras especiales como edificios de varios pisos requieren consideraciones del comportamiento de vigas recientemente terminadas y losas que son usadas para soportar moldaje y otras cargas de construcción. Se deberá recordar que la resistencia de las losas frescas o vigas es menor que las de una losa envejecida.

Las fallas del moldaje pueden ser atribuidos a errores humanos, materiales y equipos que no cumplen los estándares y a un diseño inadecuado e incompleto. La supervisión meticulosa y la inspección continua en la construcción de moldajes pueden prevenir muchos accidentes.

Los procedimientos de la construcción deberán ser planificados para garantizar la seguridad de trabajadores y la integridad de la estructura final. Algunas de las disposiciones de seguridad que deberán ser consideradas son:

- a. La construcción de señales de seguridad y letreros para mantener al personal no autorizado en áreas de construcción, colocación de hormigón, o desmolde en proceso.

- b. Contar con personal experimentado en la observación de moldajes durante la colocación del hormigón para asegurar el reconocimiento temprano de posibles desplazamientos o fallas del moldaje. Un suministro de puntales extras u otro material y equipamiento que pudiera ser necesario en una emergencia deberá estar fácilmente disponible.
- c. Disposición para la iluminación adecuada del moldaje.
- d. Incluir los puntos de ascensión en el diseño y detalles de todos los moldajes que serán maniobrados con grúa. Esto es especialmente importante en moldajes de altura o moldajes trepadores. En caso de moldajes de muros, se deberá tener consideración con los andamios independientes fijados con pernos para el previo alzado.
- e. La incorporación de andamios, plataformas de trabajo, y barandas en el diseño del moldaje y en todos los planos del moldaje.
- f. Un programa en el campo de inspecciones de seguridad del moldaje.

3.1.1 Algunas deficiencias comunes en la construcción que pueden conducir a fallas en la formación son las siguientes, que son aplicables para todo moldaje:

- a. La no inspección del moldaje durante y después de la colocación del hormigón para detectar deflexiones anormales u otros signos de inminente falla que pueden ser corregidos.
- b. Clavado, apernado, o fijación insuficiente.
- c. Arrostramiento lateral insuficiente o inapropiado.
- d. El incumplimiento de las recomendaciones del fabricante.
- e. Fallas en la construcción del moldaje en conformidad con los planos de la obra.
- f. Falta de inspección en terreno realizada por personal adecuado para asegurar que el diseño del moldaje ha sido convenientemente interpretado por constructores de moldajes.
- g. Uso de madera con contenido de nudos que dañan la resistencia de los elementos.
- h. Soldaduras inadecuadas de componentes estructurales.

3.1.2 Las deficiencias en la construcción aplicables para moldaje vertical incluyen:

- a. Irregularidad para controlar la proporción de colocación vertical del hormigón sin hacer caso de los parámetros del diseño.
- b. Accesorios de amarrado o asegurado del anclaje inadecuados.
- c. Moldajes dañados en la excavación a causa de fallas del terraplén.
- d. Uso de vibradores externos sobre moldajes no diseñado para este uso.

- e. Penetración profunda del vibrador en hormigones semi-endurecidos tempranamente.
- f. Enmarcado inapropiado de registros de muros.
- g. Construcción o localización inapropiada del capacho.
- h. Mamparos inadecuados.
- i. Anclaje inapropiado en la cubierta del moldaje en superficies inclinadas.
- j. El no proveer soportes adecuados para presiones laterales en el moldaje.
- k. Tratar de aplomar los moldajes en contra de la presión del hormigón.

3.1.3 Deficiencias en la construcción aplicables a moldajes horizontales para estructuras suspendidas, incluyen:

- a. Uso inapropiado de puntales de amarras múltiples.
- b. La incorrecta regulación de la razón y secuencia de colocación horizontal del hormigón para evitar cargas imprevistas en el moldaje.

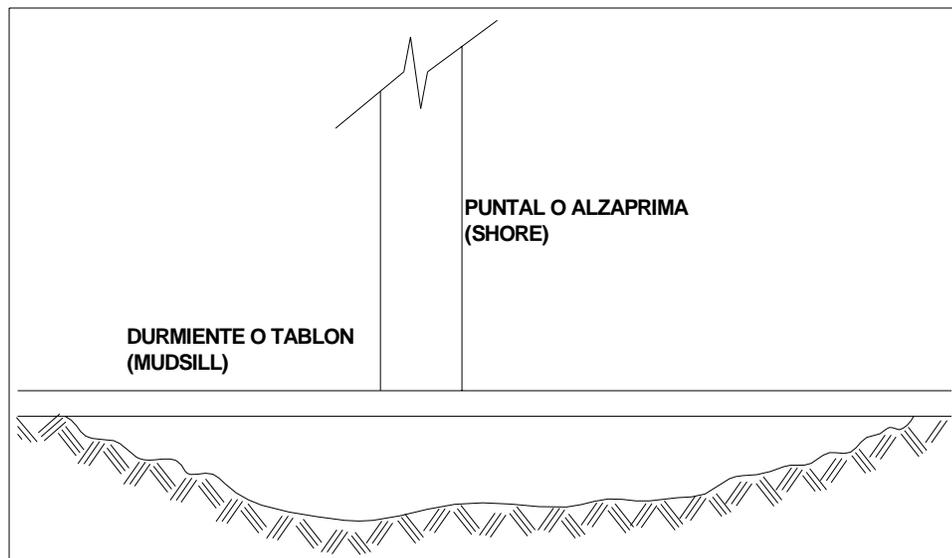


Fig. 3.1.3. a – Posición inadecuada bajo el durmiente.

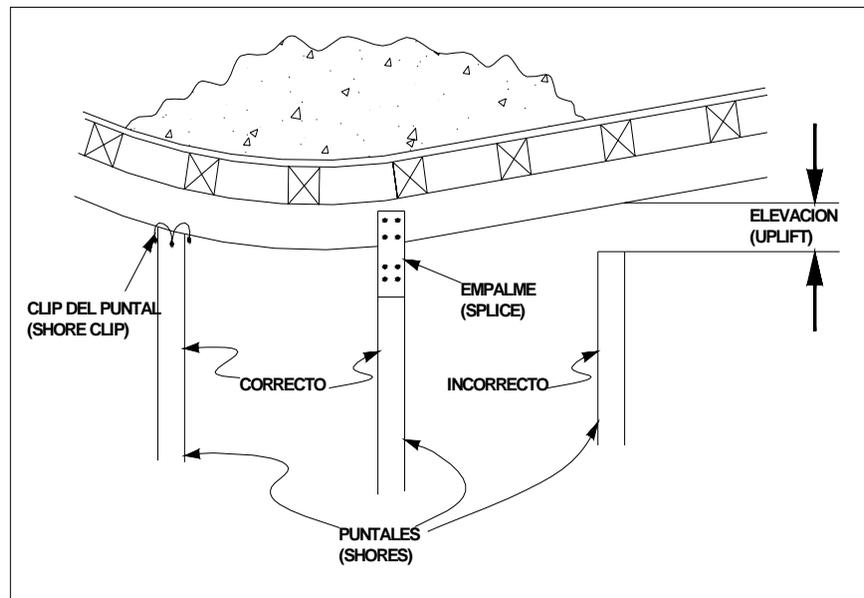


Fig. 3.1.3. b – Deflexión del moldaje. La conexión de puntales para viguetas y travesaños (costillas) deben mantener los puntales en su sitio cuando ocurra la deflexión o torsión. Refuerzos para reducir el puntal o razón de delgadez pueden ser requeridos en ambas direcciones.

- c. Puntales no aplomados, induciendo de este modo cargas laterales así como también, reduciendo la capacidad de carga vertical.
- d. Dispositivos de ajustes (como ganchos, abrazaderas) en puntales metálicos inoperantes, faltantes o abiertos.
- e. Vibración producida por cargas en movimiento adyacentes o por transporte de cargas.
- f. Fijación inapropiada de los cabezales de las alzaprimas o cuñas.
- g. Pérdida de apoyo progresivo de puntales de reapuntalamiento o puntales permanentes en pisos inferiores.
- h. Extracción prematura de los soportes, especialmente bajo secciones en voladizo.
- i. Suelo disparejo (sinuoso) o suelo inestable bajo los durmientes de los andamio (Fig. 3.1.3.a).
- j. Durmientes (mudsills) colocados en suelos congelados sujetos a deshielo.
- k. Conexión de alzaprimas para viguetas, travesaños, o carreras que son inadecuadas para resistir deflexión o torsión en las juntas (ver Fig. 3.1.3.b).

- i. Falla al no considerar efectos de transferencia de carga que pueden ocurrir durante el post-tensado (ver Sección 3.8.7).
- m. Alzaprimado y arrostramientos de construcción compuesta inadecuados.

3.2 Prácticas de construcción y técnicas necesarias

3.2.1 *Detalles de Fabricación y ensamblaje*

3.2.1.1 Pies derechos, soleras, o puntales deberán ser apropiadamente empalmadas.

3.2.1.2 Las juntas o empalmes revestidos, paneles contrachapados, y arrostramientos deberán ser fijos para evitar los tambaleos.

3.2.1.3 Los puntales deberán ser aplomados y con soportes adecuados.

3.2.1.4 Usar amarras y abrazaderas del moldaje de tamaño y capacidad especificados.

3.2.1.5 Todas las amarras y abrazaderas de los moldajes especificados deben ser instaladas y ajustadas correctamente. Todos los hilos deberán ajustarse a las tuercas o acoplamientos.

3.2.1.6 Los moldajes deberán estar suficientemente apretados para prevenir pérdidas de lechada del hormigón.

3.2.1.7 Perforaciones de acceso pueden ser necesarias en los moldajes de muros u otros moldajes elevados, o estrechos, para facilitar la colocación del hormigón.

3.2.2 *Juntas en el hormigón*

3.2.2.1 Las juntas de contracción, las juntas de construcción, y las juntas de separación deberán ser instaladas de acuerdo a las especificaciones (ver Fig.3.2.2.1).

3.2.2.2 Los mamparos para juntas de control o juntas de construcción deberán ser hechas preferentemente separando las líneas de refuerzo a través del mamparo a fin de que cada porción pueda ser posicionada y removida separadamente sin aplicar presión indebida en las barras de refuerzo, lo cual podría causar fragmentaciones o agrietamientos en el hormigón. Cuando se requiera de los planos del ingeniero/arquitecto, los insertos biselados de las juntas de control deberán quedar sin tocar cuando los moldajes estén desmoldados y removidos sólo después de que el hormigón haya estado suficientemente curado. Los montantes de madera insertados para el tratamiento arquitectónico deberán ser empapados previamente para permitir el hinchado sin causar presión en el hormigón.

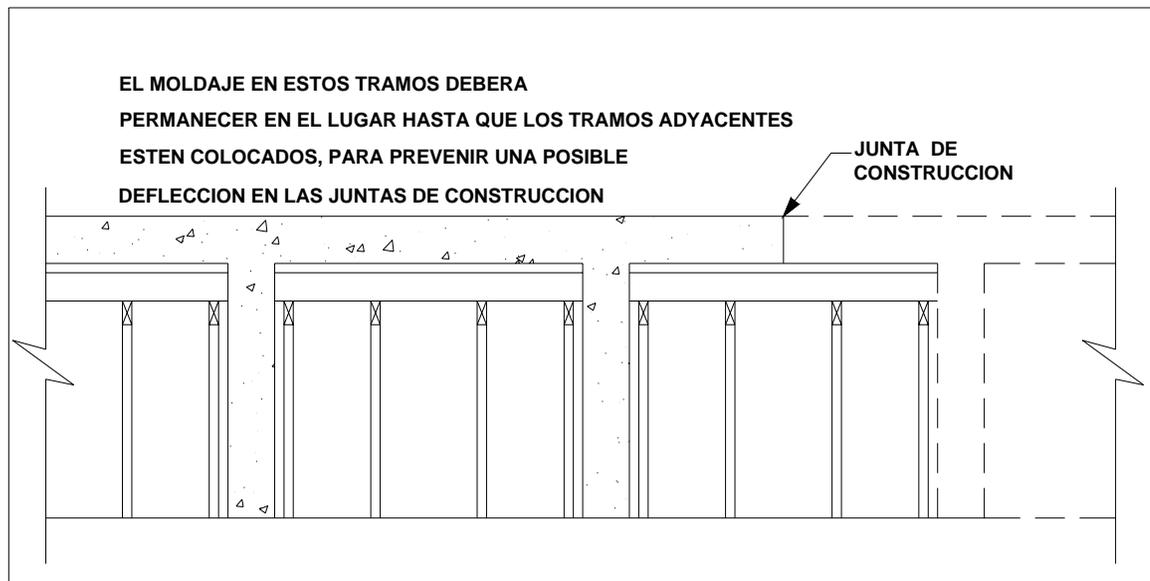


Fig. 3.2.2.1 Moderación de moldajes y puntales en las juntas de construcción para soportar las losas.

3.2.3 Superficies inclinadas – las superficies inclinadas con desnivel superior de 1,5 horizontal a 1,0 vertical deberán ser provistas de una cubierta para mantener la forma del hormigón durante la colocación, a menos que se demuestre que la cubierta pueda omitirse.

3.2.4 Inspección

3.2.4.1 Los moldajes deberán ser inspeccionados y revisados antes de que el reforzamiento de acero esté colocado para garantizar que las dimensiones y la colocación de los miembros de hormigón satisfagan los planos.

3.2.4.2 Los marcos para registro (blockouts), insertores, mangas, anclajes, y otros artículos incrustados deberán ser convenientemente identificados, posicionados, y asegurados.

3.2.4.3 Los moldajes deberán ser revisados para la contraflecha cuando se especifique.

3.2.5 Limpieza y recubrimientos

3.2.5.1 Los moldajes deberán ser limpiados exhaustivamente de toda suciedad, mortero, y materia extraña y deberán estar recubiertos con un agente desmoldante antes de cada uso. Cuando el fondo del moldaje sea inaccesible desde el interior, deberán existir paneles de acceso para permitir la extracción a cabalidad de cualquier material extraño antes de colocar el hormigón. Si la apariencia superficial es importante, los moldajes no deberán ser reutilizados después de que el daño

consecuencia de su uso previo haya alcanzado una condición que produzca imperfecciones para hormigones superficiales.

3.2.5.2 Los recubrimientos del moldaje deberán ser aplicados antes de colocar el reforzamiento de acero y no deberán ser usados en tales cantidades como para escurrir encima de las barras o juntas de construcción del hormigón.

3.2.6 Operaciones de construcción en el moldaje

3.2.6.1 Los materiales de construcción incluyendo el hormigón, no deben colocarse o amontonarse sobre el moldaje de tal manera que éste se dañe o sobrecargue.

3.2.6.2 Las pasarelas para movimientos equipos deberán estar provistas con patas o pies derechos según lo solicitado y deberán estar empotradas directamente en el moldaje o miembros estructurales. Estas no deben aguantar ni ser soportadas por las barras de refuerzo de acero a menos que sean suministradas barras especiales de soporte. El moldaje debe ser adecuado para soportar tales pasarelas sin sufrir deflexiones significativas, vibraciones o movimientos laterales.

3.2.7 Cargas en losas nuevas - Cuidado con sobrecargar las losas nuevas. Cargas tales como agregados, madera, tableros, refuerzos de acero, o dispositivos soportantes no deberán ser colocadas sobre la construcción nueva de tal manera de no dañar o sobrecargar ésta.

3.3 Tolerancias

La tolerancia es una variación permisible de líneas, escalas, o dimensiones dadas en los planos del contrato. Las tolerancias sugeridas para las estructuras de hormigón pueden ser encontradas en ACI 117.

Se espera del contratista que instale y mantenga los moldajes de hormigón de tal manera de asegurar la finalización del trabajo dentro de los límites de tolerancia.

3.3.1 Recomendaciones para ingenieros/arquitectos y contratistas - las tolerancias deberán estar especificadas por el ingeniero/arquitecto a fin de que el contratista conozca precisamente qué es lo requerido y de este modo pueda diseñar y mantener consecuentemente su moldaje. Deberá ser recordado que al especificarse tolerancias más exactas que las necesarias pueden aumentar los costos de la construcción.

De Los contratistas se espera, y debería ser requerido, para establecer y mantener una condición tranquila hasta la finalización y entrega del proyecto, puntos de control y performance de rendimiento adecuadas para su propio uso y para su referencia para establecer tolerancias. (Este requisito puede volverse aún más

importante para la protección del contratista cuando las tolerancias no están especificadas o no existan). El ingeniero/arquitecto deberá especificar tolerancias o desempeño requeridos dentro de los límites generalmente aceptados. Donde un proyecto involucre características sensitivas para el efecto acumulativo de tolerancias generalmente aceptadas en porciones individuales, el ingeniero/arquitecto deberá anticipar y este efecto y determinar un valor para entregar una tolerancia acumulativa. Donde una situación particular involucre varios tipos de tolerancias generalmente aceptadas en partidas tales como: hormigón, puntos de refuerzo, y la fabricación de refuerzos, las cuales llegan a ser mutuamente incompatible, el ingeniero/arquitecto deberá anticipar la dificultad y deberá especificar tolerancias especiales o deberá indicar cuáles controlar. Las especificaciones del contrato deberán indicar claramente que una variación permitida en una parte de la construcción o en una sección de las especificaciones no se debe interpretar como una violación de los más estrictos requisitos de cualquier otra parte de la construcción o en cualquier otra sección especificada.

El ingeniero/arquitecto deberá ser responsable de coordinar las tolerancias para el trabajo del hormigón con los requisitos de contratistas de otro rubro cuyo trabajo interfiere directa o indirectamente con la construcción en hormigón.

3.4 Irregularidades en la superficie de los moldajes

Esta sección entrega una manera de evaluar las variaciones de la superficie debido a la calidad de los moldajes o moldes, pero no significa que deba aplicarse este método para defectos superficiales tales como pequeños agujeros o huecos (bugholes) y/o nidos (honeycomb) atribuibles a deficiencias de colocación y consolidación. Esto último está mejor explicado en ACI 309.2-R. Las irregularidades admisibles están categorizadas como *repentinas* o *graduales*. Las descompensaciones e irregularidades (offsets and fins) resultado de los desplazamientos, revestimientos o alineamientos fuera de lugar o desencajados, o de defectos en materiales del moldaje se consideran *irregularidades repentinas*. Las irregularidades resultado de alabeos y variaciones uniformes similares de planicidad o curvatura verdadera se consideran *irregularidades graduales*.

Las irregularidades graduales deberán ser revisadas con una plantilla de 1,524 m (5-ft), consistente en una regla para superficies planas o una plantilla con forma curva para las irregularidades curvadas o alabeadas. En la medición de las irregularidades, la regla o la plantilla puede estar ubicada dondequiera en la superficie en cualquier dirección.

Cuatro clases de superficie de moldajes están definidas en la Tabla 3.4. El ingeniero/arquitecto deberá indicar cuál es la requerida para el trabajo especificado.

Tabla 3.4: Irregularidades permitidas a superficies de moldajes comprobadas con una plantilla de 1,524m (5-ft)

Tipo de irregularidad	Clase de superficie			
	A	B	C	D
Gradual	0,318cm (1/8 in.)	0,635cm (1/4 in.)	1,27cm (1/2 in.)	2,54cm (1 in.)
Repentina	0,318cm (1/8 in.)	0,635cm (1/4in.)	0,635cm (1/4 in.)	2,54cm (1 in.)

La clase A es recomendada para superficies prominentemente expuestas para la vista pública, donde la apariencia es de especial importancia. La clase B está pensada para superficies de moldajes de hormigón de textura gruesa que serán cubiertas con yeso, estuco, o revestimiento de madera. La clase C es en general estándar para superficies permanentemente expuestas donde otras terminaciones no están especificadas. La clase D es un requisito mínimo de calidad para superficies donde la aspereza no es objetable, usualmente aplicada donde las superficies estarán permanentemente ocultas. Los límites especiales en las irregularidades pueden ser necesarios para superficies continuamente expuestas para flujo de agua, desagüe, o exposición. Si las irregularidades permitidas son diferentes a esas dadas en la Tabla 3.4, deberán estar especificadas por el ingeniero/arquitecto.

3.5 Apuntalamiento y centrado

3.5.1 Puntales (Shoring) – El apuntalamiento debe estar apoyado en soportes satisfactorios tales como trípodes, tablonces (mudsills), o pilotes discutidos en la Sección 2.7.

El descanso sobre puntales de losas intermedias u otra construcción del lugar, no necesita estar apoyada directamente por encima de los puntales o puntales de reapuntalamiento a menos que el espesor de la losa y la colocación de refuerzos sea inadecuada para soportar las tensiones contrarias y el esfuerzo de corte instantáneo. Donde las condiciones anteriores sean cuestionables, la ubicación del alzaprimado deberá ser aprobado por el ingeniero /arquitecto (ver Fig. 3.5.1.a).

Todos los miembros deben ser rectos y aplomados sin torceduras o curvas. Se deberá poner atención especial a vigas y losas, o construcción de juntas de una sola fase y de dos fases para prevenir sobrecargas locales cuando un puntal excesivamente cargado descansa sobre una losa delgada.

3.5.2 Centrado (*centering*) - Cuando se usa centrado, la curvatura es generalmente conseguida por el uso de cajas de arena, gatas hidráulicas, o cuñas debajo de los miembros soportantes. Para problemas especiales asociados con la construcción del descimbrado para láminas plegadas, cáscaras delgadas y estructuras de techos de grandes luces, ver Sección 6.4.

3.5.3 El alzaprimado para acción compuesta entre acero previamente construido o marcos de hormigón y hormigón colocado en sitio - Ver Sección 6.3.

3.6 Inspección y ajuste del moldaje *

3.6.1 Antes del hormigonado

3.6.1.1 Mecanismos indicadores deberán ser instalados en los alzaprimados o moldajes para detectar movimientos del moldaje durante el hormigonado.

3.6.1.2 Las cuñas usadas para la alineación final antes de la colocación del hormigón deberán estar aseguradas en su posición correcta antes de la revisión final.

3.6.1.3 El moldaje deberá ser anclado a los puntales inferiores a fin de prevenir el movimiento de cualquier parte del sistema del moldaje durante el hormigonado.

3.6.1.4 La elevación adicional del moldaje deberá ser prevista para permitir el cierre de juntas del moldaje, asentamientos de los durmientes, encogimientos de la madera, y el acortamiento elástico y deflexiones de cargas muertas de miembros del moldaje.

3.6.1.5 Deberán existir medios de ajuste (cuñas o gatos) para permitir la realineación o reajuste de las alzaprimas si ocurriera asentamiento.

3.6.2 Durante y después del hormigonado - Durante y después del hormigonado, pero antes de iniciar la colocación del hormigón, las elevaciones, la combadura, y la verticalidad del sistemas de moldajes deberán ser comprobados, usando mecanismos indicadores.

El moldaje deberá ser observado continuamente a fin de que cualquier medida correctiva que sea necesaria pueda ser tomada rápidamente. Los inspectores del moldaje siempre deberán trabajar bajo condiciones seguras y deberán establecer previamente un método de comunicación con la dotación colocada en caso de emergencia.

*Información útil a cerca del moldaje antes, durante, y después del hormigonado puede ser encontrado en la Referencia 1.3 y el *Manual de Inspección del Hormigón* ACI, SP-2.

3.7 Remoción de moldajes y soportes

3.7.1 Discusión - Aunque el contratista es generalmente el responsable del diseño, la construcción, y la seguridad del moldaje, es recomendable que los criterios para la extracción de moldajes o alzaprimas estén especificados por el ingeniero/arquitecto.

3.7.2 Recomendaciones

3.7.2.1 El ingeniero/arquitecto deberá especificar la resistencia mínima a obtener del hormigón antes de la extracción de los moldajes y alzaprimas. La resistencia puede ser determinada por pruebas de muestras de trabajo de curado o reubicación del hormigón. El ingeniero/arquitecto deberá especificar quién hará las muestras y quién hará las pruebas.

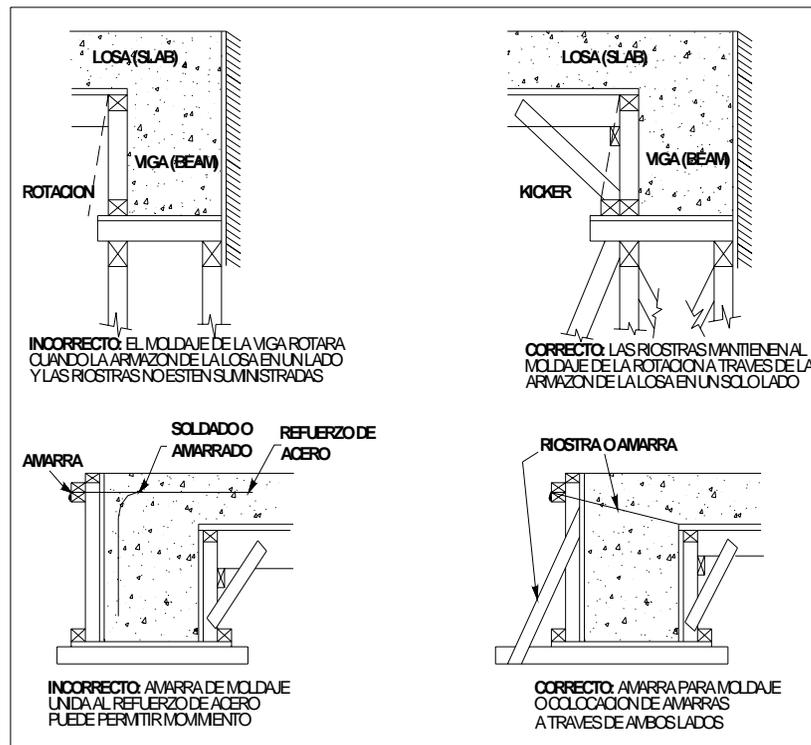


Fig. 3.5.1.b – Prevenir la rotación es importante donde la carga de la losa es soportada sólo a un lado del moldaje de la viga.

Los resultados de tales pruebas, así como también los registros de condiciones atmosféricas y otra información pertinente, deberán ser anotados. Dependiendo de las circunstancias, un mínimo de tiempo transcurrido después de la colocación del hormigón puede ser establecido para la extracción del moldaje.

La determinación del tiempo de extracción del moldaje deberá basarse en el efecto resultante en el hormigón*. Cuando los moldajes sean extraídos no debe haber deflexión excesiva o distorsión y ninguna evidencia de daño para el hormigón, debido ya sea a la extracción de soportes o por la operación del descimbre (Fig. 3.7.2.1). Cuando los moldajes sean removidos antes de que la etapa de curado especificada esté completa, se deberán tomar medidas para continuar el curado y proveer protección térmica adecuada para el hormigón. Los moldajes soportantes y puntales no deberán ser removidos de las vigas, pisos, y muros hasta que las unidades estructurales estén suficientemente fuertes para llevar su propio peso y cualquier carga sobrepuesta aprobada. En ningún caso deberán los soportes del moldaje y puntales ser removidos de los miembros horizontales antes de que la resistencia del hormigón sea de a lo menos 70% de la resistencia de diseño, la cual ha sido determinada por cilindros en el campo de curado u otros métodos aprobados, a menos que lo apruebe el ingeniero/arquitecto.

Por regla general, los moldajes para columnas y pilares pueden ser removidos antes de las vigas y losas.

El moldaje y alzaprimado deberán estar contruidos de modo que puedan ser removidos de forma fácil y segura, sin causar impacto o tener consecuencias para permitir al hormigón soportar las cargas correspondientes de forma gradual y uniforme.

3.7.2.2 Cuando las operaciones en este campo estén controladas por las especificaciones del ingeniero/arquitecto, la extracción de moldajes, soportes, y los recintos protectores (protective enclosures), y la discontinuidad de calor y curado deben obedecer los requisitos de los documentos del contrato. Cuando la viga estándar o las pruebas de cilindro se usan para determinar tiempos de desmoldes, las muestras experimentales deberán estar curadas bajo condiciones en las que no sean más favorables que las condiciones más desfavorables para las porciones de hormigón que las muestras experimentales representen. Los registros de curado pueden servir como base en la cual el ingeniero/arquitecto determinará su aprobación de descimbre del moldaje.

* Información útil en el desarrollo de la resistencia del hormigón bajo condiciones variables de temperatura y mezclas diversas pueden ser encontradas en ACI 305R y ACI 306R.

3.7.2.3 Dado que el tiempo mínimo de descimbre es una función de la resistencia del hormigón, el método preferido de determinar los tiempos de descimbre es por el uso de pruebas de muestras de trabajo de curado o del hormigón en sitio. Sin embargo, cuando el ingeniero/arquitecto no especifica la resistencia mínima requerida del hormigón en el tiempo de desmolde, los siguientes tiempos transcurridos pueden ser usados bajo las condiciones ordinarias. Los tiempos mostrados representan números acumulativos de días, o de horas, no necesariamente consecutivos, durante el cual la temperatura del aire rodeando el hormigón está por encima de los 10°C (50°F). Si la resistencia temprana del hormigón es usada, estos períodos pueden ser reducidos como aprobados por el ingeniero/arquitecto. Contrariamente, si las temperaturas ambientales se quedan debajo de los 10°C (50 F), o si los agentes retardadores son usados, entonces estos períodos deberán ser aumentados a juicio del ingeniero/arquitecto.

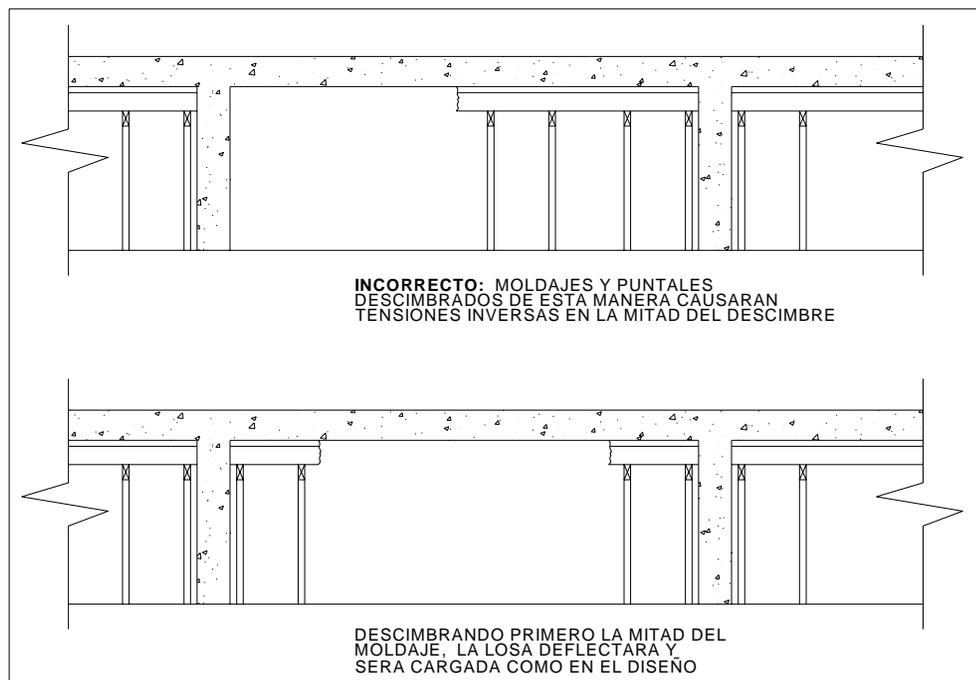


Fig. 3. 7.2.1 – Secuencia de desmolde para losas de dos-fases

Muros *	12 hr
Columnas.....	12 hr
Vigas laterales y vigas maestras *	12 hr
Vigueta lateral de moldaje♦	
76,2cm (30 in.) ancho o menos.....	3 días
sobre 76,2cm (30 in.) ancho.....	4 días

	Carga viva de la estructura menos la carga muerta de la estructura	Carga viva de la estructura más la carga muerta de la estructura
Centros de arcos.....	14 días	7 días
Vigueta, viga, plafones de vigas		
-Bajo 3,048m (10 ft) de luz libre entre los soportes estructurales.....	7 días✕	4 días
-3,048 a 6,096m (10 a 20 ft) de luz libre entre los soportes estructurales	14 días✕	7 días
-Sobre 6,096m (20 ft) de luz libre entre los soportes estructurales	21 días✕	14 días
Losas de piso de una-fase		
-Bajo 3,048m (10 ft) de luz libre entre los soportes estructurales.....	4 días✕	3 días
-3,048 a 6,096m (10 a 20 ft) de luz libre entre los soportes estructurales	7 días✕	4 días
-Sobre 6,096m (20 ft) de luz libre entre los soportes estructurales	21 días✕	14 días

Los sistemas de losa de dos-fases# . . . Los tiempos de extracción dependen de los puntales permanentes donde se requiera, serán ubicados tan pronto como sea razonablemente posible después de que las operaciones de desmolde estén completadas, pero, no antes del final del día de trabajo en el cual ocurra el desmolde.

* Donde tales moldes también soportan moldaje de losas o plafones de vigas , los tiempos de extracción anteriores deberán ser dirigidos.

◆ Del tipo que puede ser removido sin perturbar las armazones o alzaprimas.

✕ Donde los moldes pueden ser removidos sin perturbar las alzaprimas, pueden usar la mitad de los valores mostrados pero no menos de 3 días.

#Ver la sección 3.8 para condiciones especiales que afectan el número de pisos de alzaprimados o puntales permanentes.

Donde las alzaprimas sean requeridas para implementar tempranamente el desmolde minimizando el tiempo de pando o arrastre (mas que para la distribución de cargas de construcción superpuestas tal como es enfocada en la Sección 3.8), la capacidad y espaciamiento de tales puntales permanentes deberán estar especificados por el ingeniero/arquitecto.

El sistema de losas post-tensadas#. . .Tan pronto como el post-tensado completo halla sido aplicado.

3.8 Reapuntalamiento y puntales permanentes de estructuras de pisos en altura

3.8.1 Discusión – el trabajo de pisos en altura representa condiciones especiales, particularmente en relación a la extracción de moldajes y puntales. El aprovechamiento de material del moldaje y alzaprimas (puntales) es una economía obvia. Más allá, la velocidad de construcción acostumbrada en este tipo de trabajo provee la ventaja adicional de permitir otras contratista de otras áreas para seguir las operaciones de hormigonado de piso a piso tan estrechamente como sea posible. Sin embargo, el apuntalamiento que soporta el hormigón nuevo es necesariamente soportado por pisos inferiores los cuales no pueden ser diseñados para estas cargas. Por esta razón el alzaprimado debe ser previsto para un número suficiente de pisos para desarrollar la capacidad necesaria para soportar las cargas impuestas sin excesos de tensiones o deflexión.

El reapuntalamiento y puntales permanentes son procedimientos usados para distribuir cargas de construcción a través de los pisos inferiores. El análisis a través de la distribución de cargas es similar para los dos, existen diferencias significativas en magnitud, duración, y medida del tiempo de cargas de piso y de alzaprimas para los dos procedimientos.

Para los propósitos de esta discusión se aplicarán las siguientes definiciones:

Alzaprimas o puntales – miembros de soportes verticales o inclinados diseñados para soportar el peso del moldaje, hormigón y cargas de la construcción desde pisos superiores.

Puntales de apuntalamiento – *puntales* colocadas cómodamente bajo una losa de hormigón descimbrada o miembro estructural una vez que el moldaje original y alzaprimas hayan sido removidas desde un gran área, requiriendo así la nueva losa o

miembro estructural se deflece y soporte su propio peso existiendo cargas de construcción aplicadas antes de la instalación de los puntales de reapuntalamiento. Se asume que las alzaprimas no llevan carga en el momento de instalación. Luego, cargas adicionales de construcción serán distribuidas entre todos los miembros conectados por los puntales reapuntalamiento.

Puntales permanentes – alzaprimas colocadas cómodamente bajo una losa de hormigón descimbrada o miembro estructural después del moldaje original y alzaprimas que hayan sido removidas desde una pequeña área sin permitir que la losa deflece o soporte su propio peso o existiendo cargas de construcción desde arriba. Se asumirá que los puntales permanentes llevan la misma carga que han llevado las alzaprimas originales que se reemplazan. Las alzaprimas originales dejadas en el lugar con o sin remoción del moldaje actúan del mismo modo que los puntales de reapuntalamiento. Las cargas de construcción añadidas serán distribuidas entre todos los miembros interconectados por los puntales de reapuntalamiento después de que el primer nivel de soporte sea removido.

La tabla 3.8.1 compara características cruciales de reapuntalamiento y puntales permanentes. Con los puntales permanentes, siempre que las primeras alzaprimas niveladas se queden en el lugar en contacto con la pendiente, cada fila de las alzaprimas debe llevar el peso de todo el hormigón y las cargas de la construcción por encima de ésta. Éstas pueden ser el peso de varios pisos. Mientras que el *reapuntalamiento* se queda en el lugar del nivel de la pendiente, las cargas acumuladas de las alzaprimas (puntales) son menos porque cada losa esta soportando su propio peso antes de que las alzaprimas sean colocadas en el lugar.

Una vez que la fila de puntales permanentes o puntales de reapuntalamiento en contacto con la pendiente ha sido removida, se supone que el sistema de losas se comporta elásticamente. Las losas interconectadas por los puntales de reapuntalamiento y puntales permanentes deflectarán igualmente durante la adición o extracción de cargas. Las cargas serán distribuidas entre las losas en proporción a su rigidez desarrollada. La adición o la extracción de cargas pueden ser debido a la actividad en la construcción o por la extracción de puntales (alzaprimas), puntales de reapuntalamiento y puntales permanentes en el sistema.

Tabla 3.8.1 Comparación de puntales de reapuntamiento y puntales permanentes.

Puntales permanentes	Puntales de reapuntamiento
Desmolde de pequeñas áreas	Desmolde de grandes áreas
No quedan losas deflectadas	Permite la deflexión de losas
Instalación de puntales ante cualquier hecho de desmolde	Instalación de puntales sin eliminar las deflexiones.
Losas que no llevan peso propio	Losas que llevan peso propio
Puntales tienen carga inicial	Puntales no tienen carga inicial

3.8.2 Ventajas de los dos sistemas

Puntales de reapuntamiento – Se consigue un descimbre más económico si todo el material puede ser removido al mismo tiempo y retirado del área antes de colocar los puntales de reapuntamiento. Las losas están permitidas para soportar su propio peso, reduciendo así la carga en los puntales de reapuntamiento. El puntal de reapuntamiento usualmente requiere menos niveles de losas interconectadas, liberando así más áreas para otras especialidades. Las cargas cercanas a la capacidad de la losa usualmente ocurren para períodos más cortos.

Puntales permanentes – El descimbre de los moldajes puede ser logrado a una temprana edad porque las grandes áreas de hormigón no están obligadas a soportar su propio peso. Las losas nuevas soportan menos carga, reduciendo así los efectos de rastros tempranos. Usar las alzaprimas originales en lugar de puntales permanentes evita la atención especial de querer asegurar que los puntales permanentes estén uniformemente apretados bajo la losa. Esto también permite asegurarse mejor para que las alzaprimas sean colocadas en los mismos patrones de cada piso.

3.8.3 Diseño - Referencia en el Capítulo 2.

3.8.4 Colocación de puntales de reapuntamiento y puntales permanentes - Cuando se use en esta sección la palabra *puntal* (alzaprima) se refiere ya sea a puntales permanentes, puntales de reapuntamiento, o puntales originales.

Puntales de reapuntamiento o puntales permanentes es una de las operaciones más críticas en los moldajes, por consiguiente el procedimiento deberá planearse de antemano y deberá ser revisado o aprobado por el ingeniero/arquitecto.

Las operaciones deben ser realizadas para que en ningún momento las áreas de nuevas construcciones sean requeridas para soportar combinaciones de cargas muertas y de construcción en exceso de su capacidad como la determinada por las cargas de diseño y desarrolladas por la resistencia del hormigón al momento del descimbre y reapuntalamiento y colocación de puntales permanentes.

En ningún caso, las alzaprimas deberán ser ubicadas como para alterar significativamente el patrón de tensiones determinado en el análisis estructural o para inducir tensiones de tracción donde el barras de refuerzo no sea previsto. El tamaño y el número de alzaprimas, y arrostramiento si es requerido, deben proporcionar un sistema de soporte capaz de llevar cualquier carga que pueda posiblemente ser impuesta en esta.

Donde sea posible, los puntales deberán estar ubicados en la misma posición en cada piso a fin de que ellos sean continuos en su soporte de piso a piso. Cuando los puntales de arriba no estén directamente sobre los puntales de abajo, un análisis deberá ser hecho para determinar ya sea o no las tensiones perjudiciales producidas en la losa. Esta condición rara vez ocurre en el reapuntalado porque los esfuerzos de flexión normalmente causados por la compensación de las alzaprimas no son bastantes grandes para superar el patrón de tensiones que ya fue establecido como resultado de la losa llevando su propio peso muerto. Cuando la colocación de puntales permanentes es usado no hay un patrón de tensión inicial establecido. Por eso el patrón de tensión colocado arriba por la compensación de los puntales permanentes llega a ser primario y puede producir esfuerzos de tensión en áreas sin barras de refuerzos. Donde las losas son diseñadas para cargas vivas livianas, o en grandes luces donde las cargas de las alzaprimas son pesadas, se debe tener cuidado en colocar estas alzaprimas a fin de que las cargas en las alzaprimas no causen esfuerzo al corte excesivo o esfuerzo de flexión en la losa.

Mientras el reapuntalado se realiza, ninguna carga de construcción deberá permitirse en la nueva construcción a menos que la nueva construcción pueda soportar con seguridad las cargas de la construcción.

Al colocar el reapuntalamiento, se deberá tener cuidado para no precargar el piso inferior y también para no remover la deflexión normal de la losa de arriba. Los puntales de reapuntalamiento son simplemente postes y deberán ser apretados sólo hasta que el extremo de ningún acortamiento significativo ocurra bajo la carga.

3.8.5 Precauciones de los puntales permanentes – los moldajes descimbrados antes de las losas son bastante fuertes para llevar su propia carga muerta y cargas de construcción sobre ella (si es aplicable) requieren supervisión bien informada y

extremo cuidado. El cuidado debe ser ejercitado para garantizar que las alzaprimas individuales no sean sobrecargadas durante el descimbre. El siguiente procedimiento deberá ser seguido para el descimbre y puntales permanentes de la viga y construcción de la viga. *El procedimiento no tiene aplicación para puntales de reapuntalamiento el que requiere que los miembros estructurales sean lo suficientemente fuertemente para soportar su propio peso antes de desmoldar el moldaje.*

Los moldajes deberán ser removidos de tal modo que los miembros estructurales individuales no deflecten y ni soporten cargas. Los miembros con luces libres de 3,048m (10 ft) o más deberán permanecer soportados aproximadamente en la mitad o tercera parte como mínimo.

3.8.6 *Remoción del puntal de reapuntalamiento o puntales permanentes* - los puntales no deberán ser removidas hasta que la losa o miembro soportante halla logrado suficiente resistencia para soportar todas las cargas aplicadas. Las operaciones de extracción deberán ser efectuadas fuera en conformidad con la secuencia planificada a fin de que la estructura soportada no esté sujeta a impactos o cargas excéntricas.

3.8.7 *Efectos del post-tensado en el alzaprimado y reapuntalado* - El diseño y colocación de alzaprimas, puntales de reapuntalamiento y puntales permanentes para la construcción del post-tensado requiere más consideración que para el reforzamiento normal del hormigón. Los esfuerzos del acero post-tensado pueden causar sobrecargas a ocurrir en las alzaprimas, puntales de reapuntalamiento y puntales permanentes u otros soportes temporales. La secuencia de tensiones parece tener un gran efecto. Cuando una losa es post-tensada, la fuerza en el tensor produce carga descendente en la viga. Si la viga está apuntalada, el alzaprimado debe soportar esta carga adicional. La magnitud de la carga puede acercarse al peso muerto del área tributaria de la losa. Si la losa de piso es tensada antes de las vigas que la soportan y las viguetas, un análisis meticuloso de la transferencia de carga para la viga o la viga alzaprima, puntales de reapuntalamiento y puntales permanentes serán requeridos.

Problemas similares de transferencia de cargas ocurren en la construcción de puentes post-tensados.

CAPÍTULO IV

4.0 MATERIALES PARA EL MOLDAJE

4.1 Generalidades

La selección de materiales adecuados para el moldaje se deberá basar en la economía para el contratista, compatible con la seguridad y la calidad requerida para el trabajo final. La aprobación por parte del ingeniero/arquitecto, si se requiere, deberá ser basada sólo por la seguridad y la calidad del trabajo final. Donde la estética de las superficies de hormigón sea crítica, el arquitecto o el ingeniero deberá prepararse para la preconstrucción de maquetas. Ver Capítulo 5 para disposición de hormigones arquitectónicos.

4.2 Propiedades de los materiales

4.2.1 Generalidades - Moldaje para hormigones^{1,3} describe los materiales del moldaje comúnmente usados en los Estados Unidos y provee datos extensos relatados para diseño de moldaje. Muchas especificaciones útiles y la información del diseño están también disponibles de parte de los fabricantes y proveedores de materiales. La tabla 4.2 indica otras fuentes específicas de los datos de diseño y de especificación para materiales del moldaje. Esta información en la tabla no deberá ser interpretada como excluyente al uso de cualquier otro material que pueda cumplir requisitos de calidad y de seguridad establecidos para el trabajo final.

4.2.2 Revestimiento (Sheathing) - el revestimiento es la capa soportante del moldaje más cercana al hormigón. Puede estar en contacto directo con el hormigón o puede ser separado de él por un lineador de moldaje. El revestimiento consta de madera, madera contrachapada, metal, u otros materiales capaces de transferir la carga del hormigón a los miembros de soporte tales como viguetas o riostras.

En la selección y uso de estos materiales, se consideran como las más importantes: (1) resistencia; (2) rigidez; (3) grado de desmolde; (4) aprovechamiento y costo por uso; (5) características de la superficie impartidas para el hormigón tal como la transferencia del grano de madera, brillo, pintabilidad; (6) la resistencia al daño mecánico, tales como vibradores y abrasión de moldajes deslizantes; (7) la trabajabilidad para el cortado, perforado, y fijación de sujetadores; (8) la adaptabilidad al clima y el campo en condiciones extremas, temperatura y humedad; y (9) el peso y fácil manejo.

4.2.3 Soportes estructurales - los sistemas de soporte estructural llevan revestimiento. Las consideraciones importantes son:

(1) la resistencia; (2) la rigidez; (3) la exactitud dimensional y la estabilidad; (4) la trabajabilidad para el cortado, perforado, y fijación de sujetadores; (5) el peso; (6) el costo y la durabilidad.

Tabla 4.2 Materiales para moldajes con fuentes de datos* para diseño y especificaciones

Item	Uso principal	Datos de referencia
Madera	Armazón de moldajes, revestimiento, y alzaprimados	<p>"American Softwood Lumber," PS20</p> <p>National Design Specification for Wood Construction (NFPA)</p> <p><i>Wood Handbook: Wood as an Engineering Material</i>, Reference 4.3</p> <p><i>Timber Construction Manual</i>, Reference 4-6</p> <p>"Code for Engineering Design in Wood," (Canada), CAN3-086</p> <p>"Concrete Forms," Reference 4.7</p>
Madera contrachapada	Moldajes revestidos y paneles	<p>"Construction and Industrial Plywood," PS1</p> <p>"Concrete Forming," Reference 4.8</p> <p>"Plywood Design Specification," APA</p>
Acero	<p>Armazón de paneles y riostras</p> <p>Moldajes pesados y andamios</p> <p>Columnas y moldajes de viguetas</p>	<p><i>Manual of Steel Construction</i>, Reference 4.9</p> <p><i>Cold-Formed Steel Design Manual</i>, Reference 4.10</p> <p>"Forms for One-Way Concrete Joist Construction," ANSI A48.1</p> <p>"Forms for two-way Concrete Joist Construction," ANSI A48.2</p> <p>"Code of Standard Practice for Concrete Joist Construction," part of Reference 4.1</p> <p>ASTM A 464.1 (Galvanized steel)</p>

Aluminio [■]	Moldajes permanentes Paneles livianos y armados; riostros y puntales horizontales	<i>Aluminum Construction Manual</i> , Reference 4.11
Paneles producto de madera reconstituida [◆]	Moldes forrados y revestidos	"Mat-Formed Wood Particle-board," ANSI A208.1 "Hard-board Concrete Form Liners," LLB-810a
Tableros aislantes, madera o fibra de vidrio	Forros permanentes y revestidos	ASTM C 532 (insulating formboard)
Moldajes o tubos prensados de fibra o papel laminado	Columnas y moldajes de vigas; moldes de vacío para losas, vigas, carreras, pilotes prefabricados	
Cartón ondulado	Vacíos internos y bajo-losa; vacíos en vigas y carreras (normalmente usados con "egg-crate" (cajas de huevo) de rigidez interna)	"A Study of Cardboard Voids for Prestressed Concrete Box Slabs," Reference 4.12
Hormigón	Zapatatas, moldaje permanente, unidades de moldes prefabricado	ACI 318
Plástico reforzado con fibra de vidrio	Columnas confeccionadas y moldajes pan de domos; moldajes tradicionales para efectos arquitectónicos	"Precast Concrete Units Used as Forms for Cast-in-Place Concrete," ACI 347.1R "Reinforced Plastic Forms for Concrete," Reference 4.14 <i>Plastic Laminate Materials, Their Properties and Usage</i> , Reference 4.13

Plásticos celulares	especiales Moldajes forrados y aislados; moldajes permanentes	"Cellular Plastic in Construction," Reference 4.15 "Cellular Plastic for Building," Reference 4.16
Otros plásticos: Poliestireno, Polietileno, Cloruro de polivinilo	Moldajes forrados para hormigones decorativos	
Caucho	Moldajes forrados y moldajes vacíos	Ver sección 2.4 para factores de seguridad recomendados
Amarras de moldaje, anclajes y ganchos (perchas)	Para asegurar el moldaje en contra de la colocación de cargas y presiones	
Yeso	Moldajes gastados por el hormigón arquitectónico	
Recubrimientos	Facilita remoción del moldaje	
Viguetas de acero	Soporte de moldajes	
Alzaprimado armado de acero	Soporte de moldajes	"Standard Specifications and Load Tables for Open Web Steel Joints," Reference 4.17

<p>Moldajes aislados</p>	<p>Protección del hormigón para tiempo frío</p>	<p>“Recommended Horizontal Shoring Beam Erection Procedure,” Reference 4.18 “Recommended Safety Requirements for Shoring Concrete Formwork,” Reference 4.19 <i>Design Manual for Structure Tubing</i>, Reference 4.20 ACI 306-R; see also “Cellular Plastic”</p>
------------------------------	---	--

* Además para la publicación especial ACI N°4, *Formwork for Concrete*. Manuales, normas, y especificaciones citadas aquí nominadas se encuentran en el capítulo 4 o capítulo 8.

▪ Será soldable, hormigones no-reactivos u hormigones con contenido de cloruro de calcio, y protegido contra la acción galvánica en puntos de contacto con el metal.

♦ Comprobación de la superficie de reacción con el hormigón húmedo.

4.3 Accesorios

4.3.1 Amarre del moldaje - el amarre del moldaje es una unidad extensible adaptada para sujetar el molde del hormigón en contra de la presión activa del hormigón plástico recién colocado. En general, este consta de un miembro extensible interior y posee un mecanismo externo, ambos hechos para las especificaciones de diversos fabricantes. Estos fabricantes también publican cargas de trabajo recomendadas en las amarras para el uso del diseño de moldaje. Hay dos tipos básicos de barras de amarre, la barra prefabricada o tipo banda, y el tipo roscado de desacoplamiento interno. Sus cargas de trabajo sugeridas varían desde 453,59 Kg a más de 22.679,62 Kg (1000 a más de 50.000 lb).

4.3.2 Anclaje del moldaje - los anclajes del moldaje son mecanismos usados para asegurar el moldaje para el hormigón previamente colocado de resistencia adecuada. Los mecanismos normalmente están incrustados en el hormigón durante la colocación. La capacidad de los anclajes de llevar carga reciente depende de su forma y material, la resistencia y el tipo de hormigón en el cual están incrustados, el área de contacto entre hormigón y el anclaje, y la profundidad de empotramiento y localización en el miembro. Los fabricantes publican datos del diseño e información experimental para ayudar en la selección de mecanismos correctos de los anclajes del moldaje.

4.3.3 Perchas (colgadores) del moldaje - los colgadores del moldaje son mecanismos usados para soportar cargas del moldaje desde acero estructural o una armazón de hormigón prefabricado.

4.3.4 Espaciadores laterales del moldaje – un espaciador lateral de moldaje es un dispositivo que mantiene la distancia deseada entre un moldaje vertical y las barras de refuerzo. Ambos dispositivos, los fabricados y los artesanales son acertadamente usados. Las ventajas y las desventajas de los varios tipos están explicadas en las Referencias 1.3, 4.1, y 4.2.

4.3.5 Recomendaciones

4.3.5.1 Los coeficientes de seguridad recomendados para amarras, anclajes, y perchas dados en la Sección 2.4. el límite de elasticidad del material no deberá ser excedido.

4.3.5.2 La amarra del moldaje tipo barra o banda, con provisión suplementaria para separar los moldajes y un mecanismo de ajuste al exterior del moldaje, es el tipo común usado para construcciones livianas.

El tipo roscado de desacoplamiento interno sirve más a menudo para moldajes de construcción pesada como fundaciones pesadas, puentes, plantas, presas, represas, y hormigón arquitectónico.

Las porciones removibles de las amarras deberán ser de un tipo que pueda ser removido fácilmente sin dañar el hormigón y el cual deje los menores agujeros aplicables para ser llenado. Las porciones removibles de la amarra deberán ser quitadas a menos que los documentos del contrato permitan su permanencia en el lugar.

La especificación mínima para amarras del moldaje deberá requerir que el área soportada de los mecanismos externos sea adecuada para prevenir la excesiva tensión soportada en el moldaje de madera.

4.3.5.3 Las perchas del moldaje deben soportar el peso muerto de los moldajes, peso del hormigón, y las cargas de construcción e impacto. Las perchas del moldaje deberán ser arregladas simétricamente en el miembro de soporte para minimizar la torsión o la rotación de miembros soportantes.

4.3.5.4 Donde la superficie hormigón esté expuesta y la apariencia sea importante, el tipo correcto de amarra del moldaje o la percha que no deje metal expuesto en la superficie será esencial. De otro modo, materiales no corrosivos deberán ser usados cuando los huecos de la amarras se quedan desprotegidos, exponiendo la amarra para los elementos.

4.4 Recubrimientos de moldaje y agentes de liberación

4.4.1 *Recubrimientos (Coatings)* - recubrimientos de moldajes o selladores son usualmente aplicados en forma líquida para contactar la o las superficies durante la fabricación o en el campo para servir uno o más de los siguientes propósitos:

- a. Alterar la textura de la superficie de contacto.
- b. Mejorar la durabilidad de la superficie de contacto.
- c. Facilitar la liberación del hormigón durante el desmolde.
- d. Sellar la superficie de contacto de intrusión de humedad.

4.4.2 *Agentes de liberación* - los agentes de liberación del moldaje son aplicados para las superficies de contacto del moldaje para prevenir la ligación y así facilitar el desmolde. Pueden ser aplicados permanentemente a materiales de moldaje en fabricación o aplicarse a los moldajes antes de cada uso. Cuando se aplique en este campo, se cuidará de evitar recubrimientos adyacentes a las superficies de las juntas de construcción o refuerzo del acero.

4.4.3 Recomendaciones de fabricación - las recomendaciones de fabricación deberán ser seguidas en el uso de recubrimientos, selladores, y agentes de liberación, pero la investigación independiente de su desempeño es recomendada antes del uso. Donde los tratamientos de la superficie tales como pintura, adhesivo de azulejos, selladores, u otros recubrimientos sean aplicados a superficies de moldajes para hormigón, asegúrese que la adhesión de tales tratamientos de la superficie no serán deterioradas o impedidas por el uso del recubrimiento, selladores, o agente de liberación. También, la unión de subsiguientes colocaciones del hormigón deberá ser consideradas a este respecto.

4.5 Referencias

- 4.1. "Manual of Standard Practice." 24th, Edition, Concrete Reinforcing Steel Institute, Schaumburg, 1985, 82 pp.
- 4.2. Randall, Frank A., Jr., and Courtois, Peter, D., "Side Form Spacers," ACI Journal, *Proceedings* V.73, No. 2. Feb. 1976, pp. 116-120.
- 4.3. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*, Agriculture Handbook No. 72, Forest Products Laboratory, U.S. Department of Agriculture, 1974. 421 pp. (Available from U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.).
- 4.4. *Wood Structural Design Data*, National Forest Products Association, Washington. D.C.. 1978. 236 pp.
- 4.5. Gurfinkel, German, *Wood Engineering*, Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque, 1981, 552 pp.
- 4.6. American Institute of Timber Construction, *Timber, Construction Manual*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1986, 816 pp.
- 4.7. "Concrete Forms," Western Wood Products Association, Portland, Oregon.
- 4.8. "Concrete Forming," American Plywood Association, Tacoma, 1985.
- 4.9. *Manual of Steel Construction*, 8th Edition, American Institute of Steel Construction, Chicago, 1980, 804 pp.
- 4.10. *Cold-Farmed Steel Design Manual*. American Iron and Steel Institute, New York.
- 4.11. *Aluminum Construction Manual*, Aluminum Association, New York.
- 4.12. Ziverts, George J., "A Study of Cardboard Voids for Prestressed Concrete Box Slabs," *Journal*, Prestressed Concrete Institute, Y. 9, No. 3. June 2964, pp. 66-93, and V. 9. No. 4, Aug. 1964, pp. 33.68.
- 4.13. Ziverts, George J., "Reinforced Plastic Forms for Concrete," *Proceedings*, 21st Annual Meeting, Society of the Plastics Industry, New York, 1966.
- 4.14. Beach, Norman E., *Plastic Laminate Materials, Their Properties and Usage*, Foster, Publishing Co., Long Beach, Calif.
- 4.14. "Cellular Plastics in Construction," Building Materials Committee, Cellular Plastics Division, Society of the Plastics Industry, New York.
- 4.15. "Cellular Plastics for Building," *Digests* 93 and 94, Building Research Station, Garston, Watford.

May and June 1968.

(Available from Her Majesty's Stationery Office, London).

4.17. "Standard Specifications and Load Tables for Open Web Steel Joists," Steel Joist Institute, Arlington, Va.

4.18. "Recommended Horizontal Shoring Beam Erection Procedure," Scaffolding, Shoring, and Forming Institute, Cleveland.

4.19. "Recommended Safety Requirements for Shoring Concrete Formwork," Scaffolding, Shoring, and Forming Institute, Cleveland.

4.20. "*Design Manual for Structural Tubing*, Committee of Steel Pipe Producers, American Iron and Steel Institute, New York, 1974. III pp.

CAPÍTULO V

5.0 HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO

5.1 Introducción

5.1.1 Objetivo - los requisitos generales para moldaje presentado en los capítulos precedentes en la mayoría de los casos también tienen aplicación para el hormigón arquitectónico. La información adicional está disponible en ACI 301R.

Este capítulo identifica y enfatiza factores adicionales que pueden tener una influencia crítica en moldaje para hormigón arquitectónico colocado en sitio. El sistema constructivo “tilt-up” y otros tipos de hormigón arquitectónico prefabricado no están considerados aquí.

5.1.2 Definición - el hormigón arquitectónico está definido como el hormigón que está expuesto en la superficie interior o exterior en la estructura terminada, contribuyendo definitivamente a su carácter visual, y está especialmente designada como tal en los documentos del contrato. Un cuidado particular se deberá tomar en la selección de materiales y en el diseño y la construcción del moldaje, así como también en la localización y consolidación de tal hormigón, para eliminar protuberancias, compensaciones, u otras características no deseadas en la superficie terminada y para mantener la integridad de la textura de la superficie o configuración (diseño superficial). El carácter de la superficie de hormigón para ser producida también debe ser considerado cuando los materiales del moldaje son seleccionados. Especial atención se deberá dar a las técnicas de cierre, ocultamiento de juntas en materiales del moldaje, y al sellado del moldaje para hacerlo hermético.

5.1.3 Factores adicionales para el moldaje - Muchos de otros factores que afectan al moldaje de los efectos arquitectónicos logrados en las superficies del hormigón. Estos comienzan en la etapa del diseño y continúan a través del proyecto completo. Factores que afectan el hormigón también pueden incluir el diseño de mezcla o agregado, el método de colocación del hormigón, y la técnica de consolidación. Productos químicos pueden tener un efecto en el producto final, ya sea usado como aditivos en la mezcla; aplicado directamente al hormigón, tales como compuestos curados; o por aplicación indirectamente, tal como agentes de liberación de moldajes. Aun después de que la estructura esté terminada, el tiempo y la contaminación del aire afectarán la apariencia del hormigón. Estos, así como también, otros factores influyentes deberán ser identificados y sus efectos evaluados durante el inicio de las

etapas de diseño. Sin embargo, el factor simple más importante para el éxito del trabajo del hormigón arquitectónico será la buena destreza.

5.1.4 Procedimientos uniformes de construcción - El objetivo principal del hormigón arquitectónico es obtener uniformidad de color y superficie acabada. La mejor manera para que el contratista logre esta uniformidad es ser coherente en todas las prácticas de construcción. Los materiales del moldaje deben mantenerse idénticos, y los agentes de liberación deben ser aplicados uniforme y consistentemente. La colocación y la consolidación del hormigón deberán ser estandarizadas a fin de que la densidad uniforme sea lograda. Desmoldes y secuencias curativas deben mantenerse constantes a todo lo largo del trabajo para controlar las variaciones de color.

5.2 El rol del arquitecto

5.2.1 Preplanificación – Gran parte del hormigón arquitectónico es también estructural, pero la calidad de la superficie que generalmente es requerida para el hormigón arquitectónico es de un nivel diferente del que se acepta para el hormigón estructural, y es por consiguiente más costosos. El arquitecto que se encuentra al día del estado actual del moldaje y tecnología del hormigón puede usar esta información durante el proceso del diseño para mantener bajo control sus planos con el presupuesto para la estructura. Las intrincaciones e irregularidades pueden ser muy costosas o escaparse en proporción a la contribución estética. Para economizar, el arquitecto puede hacer posible el aprovechamiento del moldaje en elementos estandarizados de construcción tales como columnas, vigas, ventanas, y haciendo áreas interrumpidas de moldajes de tamaño idénticos dondequiera sea posible para facilitar uso de grupos de moldajes estándares o módulos. Un tamaño mayor de estas áreas interrumpidas contribuirá a la economía del moldaje. Una sesión de prelicitación con contratistas capacitados sacará a luz muchas consideraciones prácticas antes de que el diseño sea finalizado.

5.2.2 Documentos del contrato y aprobación de los avances - El arquitecto deberá preparar documentos del contrato que instruyan completamente al licitador en lo que se refiere a la localización y apariencia deseada de las superficies arquitectónicas, así como también otros requisitos específicos usados a través de la sección 5.2.3 a la 5.2.7. En trabajos mayores esto se logra frecuentemente al especificar la preparación de un modelo preliminar del moldaje y terminadas por el contratista para la aprobación por parte del arquitecto, usando propuesta de materiales para moldajes, técnicas de uniones y tratamientos de la superficie del moldaje, tales como

mojado, aceitado, o laqueado. Una vez que el modelo ha sido terminado a satisfacción del arquitecto, ésta permanecerá en el sitio por la duración de la obra como un patrón con el cual el resto del trabajo deberá cumplir.

Muestras de referencia del diseño -muestras pequeñas de hormigón con la apariencia superficial sugerida- también pueden ser creadas para la aprobación del arquitecto. Muestras semejantes a éstas, conservadas en el sitio de trabajo para referencia, no son tan buenas como un modelo de tamaño natural, pero pueden ser de utilidad. Las muestras deberán ser bastante grandes para representar adecuadamente la superficie del hormigón. Si las muestras se van a usar como base para aceptarlas, varias se deberán hacer para representar la variación que puedan ocurrir en el final.

En ausencia de modelos físicos o muestras de referencia, puede ser de ayuda especificar las condiciones bajo las cuales las superficies de hormigón serán evaluadas en conformidad con las especificaciones.

5.2.3 Tolerancias - El arquitecto deberá especificar tolerancias dimensionales consideradas esenciales para la ejecución exitosa del diseño. La referencia ACI 117 puede ser consultada, pero el arquitecto debe darse cuenta de que las tolerancias allí consultadas son para la construcción de hormigones en general, y tolerancias más restrictivas pueden ser requeridas para el trabajo arquitectónico. Ninguno de los límites numéricos están aquí sugeridos desde la textura, alumbrado, y configuración de superficies, todas tendrán una influencia.

5.2.4 Combadura (Camber) - El constructor puede esperar la combadura de los moldajes para compensar la deflexión de los moldajes mismos durante la construcción. Sin embargo, el arquitecto debe especificar que cualquier combadura adicional requiere compensar la deflexión estructural o pandeo óptico (la ilusión que un miembro de gran luz perfectamente horizontal se combe). El arquitecto deberá ser consciente que está acostumbrado a revisar los miembros horizontales en conformidad con las tolerancias antes de la extracción de moldajes y alzaprimas (o puntales).

5.2.5 Juntas y detalles - la ubicación, el número, y los detalles de tales artículos como aberturas, juntas de contracción, juntas de construcción, y juntas de expansión deberán ser mostradas en los planos del diseño o el arquitecto deberá especificar una revisión con el propósito de localizar todos estos detalles mostrados en el planos del moldaje*.

*Alguna guía en colocación de juntas puede ser encontrada en ACI 224R, 303R, y 332.

Entonces será imposible simular la presencia de juntas en la superficie del moldaje, esto es importante para sus posiciones para ser predeterminado y si es posible planificar como parte de los efectos arquitectónicos.

El arquitecto puede planear la localización de las juntas entre las áreas de la superficie en una escala y un módulo adecuado para el tamaño de los materiales disponibles y prevaleciendo prácticas de la construcción. Si esto no es estéticamente satisfactorio, entonces las juntas falsas pueden introducirse para dar un patrón más pequeño. Las juntas reales entre el revestimiento del material pueden ser disimuladas por medio de tiras de rustificación (cubrejuntas achaflanadas) adjuntas a la superficie del moldaje. Las tiras de rustificación en las juntas de construcción horizontal y vertical pueden también crear bordes quebradizos acentuados por líneas sombreadas en lugar del potencial borde áspero de la junta de construcción que queda expuesta a vista completa.

Algunas veces las juntas de construcción en vigas pueden estar ocultas por encima del soporte de las columnas, y las juntas en pisos por encima de sus vigas soportantes en lugar de las regiones más acostumbradas a bajo cizalle.

5.2.6 Amarras e insertos - las amarras del moldaje y perforaciones acompañadas son una parte casi ineludible de la superficie de los muros. Reconociendo esto, los arquitectos frecuentemente integran perforaciones de amarras en la calidad visual del diseño de la superficie. Si esto es planificado y cualquier efecto u otro material aparte de esos provistos en la sección 5.3.4 son requeridos, deberán ser claramente especificados en cuanto a la localización y tipo.

Donde las perforaciones de las amarras deban ser parchadas o llenadas, el arquitecto deberá especificar el tratamiento deseado a menos que haya sido mostrada en la maqueta de la preconstrucción.

5.2.7 Cubierta sobre acero reforzado - la cubierta adecuada sobre el refuerzo según lo solicitado por los códigos es necesaria para la protección del acero y durabilidad a largo plazo del hormigón. El reforzamiento apropiado colocado correctamente es importante en el control de grietas en la superficie. Para la seguridad positiva de mantención requerida para la cubierta, es recomendable que el arquitecto especifique espaciadores laterales apropiados del moldaje definidos en la sección 4.3.4.

No hay ventaja en especificar más cubierta que la requerida por el código, desde que la cubierta excesiva puede permitir un aumento de grietas. Sin embargo, el arquitecto deberá especificar suficiente cubierta para permitir cualquier reducción

que resultará de la incorporación de ranuras o detalles de melladuras y de tratamientos de la superficie tal como la exposición del agregado y el mecanizado. El espesor máximo de cualquier material para ser removido deberá agregarse para la cubierta requerida básica.

5.3 Materiales y accesorios

5.3.1 Revestimiento (*sheating*) o enlucido del moldaje - el revestimiento del moldaje de hormigón arquitectónico debe ser de calidad apropiada para mantener uniformemente las superficies de hormigón a través de los usos múltiples, y para controlar la deflexión dentro de los límites apropiados. La madera contrachapada, acero, plástico reforzado con fibra de vidrio, y aluminio pueden todos ser apropiados para materiales como revestimiento o fachada. Seleccionar el grado o clase de material necesario para la presión, armazón, y requisitos de deflexión. Asegurarse de que el material seleccionado se responsabilice por los requisitos especificados para la textura de la superficie del hormigón. Los procedimientos para controlar la oxidación del acero deberán ser cuidadosamente seguidos.

5.3.2 Armazón estructural - el enlucido del moldaje puede ser soportado con madera, acero, o miembros rectos de aluminio y lo suficientemente rígido para responsabilizarse por las especificaciones arquitectónicas.

5.3.3 Lineadores del moldaje – el lineador (*liner*) del moldaje es un material, no requerido estructuralmente, adjunto a la cara interior del moldaje para alterar o mejorar la textura de la superficie o calidad del hormigón. La madera, plástico rígido, materiales elastoméricos, y plástico reforzado con fibra de vidrio son todos los materiales de lineadores adecuados cuando son detallados y fabricados cuidadosamente. Los plásticos deben ser maniobrados y armados con cautela para evitar distorsión causada por los ciclos diarios de temperatura en el sitio de trabajo.

5.3.4 Amarras del moldaje – los ensambles de las amarras del moldaje para hormigón arquitectónico deberán permitir el apretamiento de los moldajes y ser de un tipo tal de no dejar el metal más cercano a la superficie que 3,81cm (1 ½”) para amarras de acero y 2,54cm (1”) para amarras de acero inoxidable. No deberán ser fijados con separadores, conos, arandelas, u otros dispositivos que dejen depresiones en el hormigón menor que el diámetro del dispositivo salvo indicación contraria. Las amarras deberán ser calzadas ajustadamente o las perforaciones deben ser selladas para prevenir fugas de lechada desde los orificios del moldaje. Si se van a moldear superficies texturadas, las amarras deberán ser cuidadosamente evaluadas en lo que se refiere a la fijación, modelación, fuga de lechada y estética.

5.3.5 Espaciadores laterales del moldaje - los espaciadores laterales del moldaje, como los definidos en la sección 4.3.4, son particularmente importantes en el hormigón arquitectónico para mantener la cubierta adecuada sobre el refuerzo de acero y prevenir el desarrollo del revestimiento rústico de las superficies del hormigón. El plástico, protecciones de plástico, extremos de caucho, u otros espaciadores no afectos a la corrosión deben estar unidos a la barra de refuerzo para que no sean removidos durante la colocación del hormigón y la vibración. El número y ubicación de los espaciadores laterales del moldaje deben ser adecuados para las condiciones de trabajo. Sin embargo, nunca deben ser más que 1,83m (6 ft) en los centros, y siempre espaciados.

5.4 Diseño

5.4.1 Consideraciones especiales - El procedimiento general obedecerá principios perfilados en el Capítulo 2. Sin embargo, el diseñador de moldajes frecuentemente impondrá limitaciones por el diseño arquitectónico. Algunas de estas consideraciones son: espaciamiento y tamaño de las amarras, preferencias de enlucido del moldaje, localización y tratamiento especial en juntas del moldaje, tolerancias especiales, y el uso de mezclas. Dado que estos factores puedan influenciar el diseño del moldaje, deberán ser completamente revisados al comienzo.

5.4.2 Presión lateral del hormigón - el hormigón arquitectónico puede estar sujeto a vibraciones externas, revibración, colocación de retardadores, superplastificantes y caídas severas que se asumieron para determinar la presión lateral como la descrita en la sección 2.2.2. Un especial cuidado se debe ejercitar en estos casos para diseñar los moldajes para las presiones laterales aumentadas provenientes de las fuentes anteriormente mencionadas como las descritas en la sección 2.2.2.

5.4.3 Consideraciones estructurales - Dadas las deflexiones en la superficie de contacto del moldaje directamente reflejado en las superficies terminadas bajo condiciones poco variables, los moldajes para el hormigón arquitectónico deberán ser diseñadas cuidadosamente para deflexiones mínimas. Las deflexiones pueden gobernar el diseño mejor que la combadura (tensión flexional) o corte horizontal. Las deflexiones del revestimiento, pie derechos, y carreras (wales) deberán ser diseñadas a fin de que la superficie terminada se responsabilice por las especificaciones arquitectónicas. Los moldajes de madera torcidos con la reutilización, y por lo tanto más curvados se reflejarán en la superficie del moldaje después de varios usos. Este efecto deberá ser considerado cuando se diseñen los moldajes de madera.

Cuando el tamaño de la amarra y el espaciamiento estén limitados por el arquitecto, el diseñador de moldajes puede hacer revertir el procedimiento usual para llegar a un diseño balanceado del moldaje. Dada la capacidad de la amarra disponible y el área de soporte, él puede encontrar la presión admisible, diseñar los miembros soportantes, y establecer la razón de colocación.

Donde se usen moldajes de madera, el grado de tensión de la madera (o el equivalente) libre de torceduras y deformaciones deberán servir para los miembros estructurales. El material del moldaje deberá ser dimensionado y posicionado para prevenir deflexiones perjudiciales para las superficies del moldaje. Las juntas del material del revestimiento deberán ser respaldadas con los miembros estructurales para prevenir descompensaciones.

5.4.4 Amarras y diseño de anclajes - el trazado de las amarras deberá ser planificado. Si las perforaciones están para ser expuestas como parte del hormigón arquitectónico, la colocación de la amarra deberá ser simétrica con el miembro del moldaje. Si los huecos de la amarra no están para ser expuesto, entonces las amarras deberán estar ubicadas en marcas de rusticación, control de juntas, u otras posiciones donde el efecto visual será minimizado.

Externamente las riostras del moldaje pueden ser usadas en lugar de cualquiera de los métodos arriba mencionados para evitar defectos objetables en la superficie terminada. Sin embargo, externamente las riostras del moldaje pueden ser más difíciles y más costosas para construir.

Se deberán tomar consideraciones para los re-anclajes de los moldajes precedentes o derrames adyacentes para permitir una fijación apretada y prevenir filtraciones de lechada en esos puntos. Las amarras deberán estar ubicadas dentro de 45,72cm (18") de la junta de la construcción dondequiera sea posible para facilitar el re-anclado del moldaje para los derrames adyacentes. El revestimiento no deberá traslapar el derrame adyacente por más de 3,81cm (1 ½").

5.4.5 Juntas y detalles – en el hormigón arquitectónico las juntas deberán, donde sea factible, estar ubicadas en la unión de los paneles del moldaje. En las juntas de contracción o de construcción, las tiras de rusticación deberán ser previstas y sujetadas a la superficie del moldaje.

Las esquinas deberán estar cuidadosamente detalladas para prevenir fugas de la lechada. Las esquinas filudas, donde sea posible, deberán ser eliminadas por el uso de tiras de chaflán.

5.4.6 Tolerancias – El diseñador de moldajes debe comprobar las tolerancias dimensionales especificadas que puedan tener una orientación en que las

deflexiones puedan estar permitidas cuando se diseñen los moldajes. Si las tolerancias especiales no están dadas, el diseñador de moldajes puede usar el código ACI 117 tolerancias para hormigón estructural.

5.5 Construcción

5.5.1 Generalidades - los moldajes deberán ser cuidadosamente construidos para resistir las presiones para las cuales serán sometidos y las deflexiones límites mínimas para aplicarlas dentro de las tolerancias especificadas.

Las juntas en miembros estructurales deberán ser obligadas a cumplir un mínimo, y donde sea necesario, deberán ser convenientemente empalmadas y construidas de otro modo, a fin de mantener continuidad.

Los receptáculos para vibrado o colocación del hormigón deberán ser planificados para facilitar cuidadosamente la colocación y consolidación del hormigón para prevenir la segregación, nidos (honeycomb), arenación, o juntas frías en el hormigón.

Donde la unión de insertos, tiras de rusticación, relieves ornamentales, etc. deberán ser planificados a fin de que los moldajes puedan ser removidos sin ejercer presión sobre estas uniones.

Donde sistemas especiales de moldaje sean especificados por el ingeniero para propósitos estructurales (tales como sistemas de viguetas de una-fase y dos-fases) en áreas que son consideradas arquitectónicas, el arquitecto y el ingeniero deberán coordinar sus requisitos para estar seguros que el efecto arquitectónico es coherente con el método de moldaje y material especificado.

Los moldajes que deben ser reutilizados deberán ser cuidadosamente registrados después de cada uso para asegurar que ellos no tengan daños, deformaciones, desamblados, o de otra manera incapaz de ejecutar lo diseñado.

5.5.2 Revestimientos (*sheathing*) y juntas - las superficies de contacto del moldaje deberán ser cuidadosamente instaladas para producir patrones limpios y juntas simétricas a menos que se especifique lo contrario. Las juntas deberán ser verticales u horizontales y, donde sea posible, deberán ser tambaleantes para mantener continuidad estructural.

El clavado deberá ser hecho con cuidado usando martillos con cabezas lisas y bien alineadas para prevenir estropear las superficies del moldaje. Los clavos de las cajas deberán ser usados cuando sea requerido en la superficie de contacto y deberán ser ubicados en un patrón claramente delineado.

Dondequiera sea posible, el revestimiento o juntas del panel deberán ser posicionadas en tiras de rusticación u otras características incrustadas que puedan ocultar o puedan minimizar la junta.

Donde sean necesarias las juntas de construcción, deberán formarse con una tira de grado unidas para el moldaje para definir una línea recta limpia en la junta de la superficie del moldaje. El moldaje deberá ser apretado a una junta de construcción antes de la siguiente colocación para prevenir infiltración de agua entre el moldaje y las superficies de hormigón previamente colocadas.

Los moldajes de hormigón arquitectónico deberán ser herméticos. Un método para prevenir pérdida de agua del hormigón en las juntas entre secciones del moldaje y las juntas de construcción es pegar un empaque de material flexible para el borde de cada panel. El empaque es comprimido cuando el moldaje está armado o acomodado en contra del hormigón existente.

Las superficies pulidas en construcciones elevadas deberán ser separadas con tiras de rusticación o derrames amplios (broad reveals) porque la acumulación de tolerancias de construcción y/o las texturas aleatorias impiden texturas coincidentes. Además, el sello de la lechada entre el fondo del revestimiento texturado y la parte superior del derrame previo es impráctico sin la tira de rusticación.

5.5.3 Limpieza, recubrimiento, y agentes de liberación - los recubrimientos del moldaje o agentes liberantes deberán ser aplicados antes que el refuerzo de acero esté colocado y deberá ser aplicado cuidadosamente para evitar el contacto con las juntas de construcción adyacentes o el refuerzo. Ningún recubrimiento del moldaje deberá ser usado a menos que se garantice no manchar el hormigón o dañar la adhesión de pinturas u otros tratamientos superficiales previstos.

Los selladores de moldaje deberán ser probados para asegurar que afectará contrariamente a la textura del material del revestimiento del moldaje.

Las amaras que deben ser tiradas desde el muro deben estar revestidas con poco manchar interruptor de aligación o encajonado en mangas para facilitar extracción.

Los moldajes deberán ser cuidadosamente limpiados y reparados entre usos para prevenir la deterioración de la calidad de superficie del moldaje. La película o salpicadura endurecida del hormigón deberá ser removida a fondo.

5.5.4 Alineadores ornamentales y detalles - el hormigón ornamental (o arquitectónico) usualmente se forma por moldes elastoméricos o madera, plástico, o moldes de yeso gastado. Los miembros de los moldes hechos sobre la madera deberán ser cortados

al reverso dondequiera que tales miembros puedan acuñarse entre las proyecciones en el ornamento. Los moldes deben estar tan bien contruidos que las juntas no se abran por movimientos leves o hinchazón de la madera. Las juntas en los moldes deberán ser hechas discretamente señaladas.

Los moldes deben ser cuidadosamente colocados en los moldajes y mantenidos con seguridad en posición para reproducir el diseño mostrado en los planos. Donde los moldes de madera se adjunten a los moldajes, la madera debe caber cuidadosamente al perfil del molde y *todas las junturas* deben estar cuidadosamente acentuadas. Los moldes y los moldajes de madera adjuntos deben estar tan detallados que los moldajes de madera puedan ser desmoldados sin alterar los moldes. Un dibujo leve en el borde de los moldes o tiras patrones deben estar provistas para permitir remover detalles del material sin dañar el hormigón. Disposiciones especiales deben estar hechas para la extracción temprana del moldaje y/o retraso cuando se limpie con arenado, cepillado de alambre, u otros tratamientos requeridos.

Los lineadores del moldaje se deben unir con seguridad con sujetadores o pegamentos recomendados por el fabricante. El moldaje detrás del lineadores deberá estar en buen estado para mantener los sujetadores. Al pegar, las superficies deben estar limpias y completamente secas a fin de que el pegamento se adhiera. No usar pegamento a temperaturas más bajas que las recomendadas por el fabricante.

5.6 Extracción del moldaje

5.6.1 Evitando daños - cuando las superficies de hormigón son dejadas como molde, es importante no dañar o marcar la superficie del hormigón durante el desmolde. Los moldajes deben ser soportados a fin de que no caigan hacia atrás o en contra de la superficie arquitectónica. El uso de barrotes de palanca y otras herramientas de desmolde deberán ser estrictamente supervisadas. En ningún caso deben los barrotes de palanca estar directamente colocados en contra del hormigón. Incluso el uso de cuñas de madera o plásticos no garantiza que no ocurrirán daños.

Una vez que el moldaje es removido, las superficies arquitectónicas deben protegerse para continuar operaciones de la construcción.

5.6.2 Resistencia del hormigón - es deseable que el hormigón arquitectónico tenga una resistencia de compresión más alta que la normal para desmoldarlo. Esto puede ser logrado ajustando el diseño de la mezcla o moldajes dejados en el sitio por más tiempo. Si el hormigón no es lo suficientemente fuerte para superar la adhesión entre

la superficie del moldaje y el hormigón, entonces el hormigón se puede descascarar (scale) o romper (spall). Así, una superficie de buena calidad puede requerir los moldajes para permanecer en el lugar más tiempo. Sin embargo, mientras más tiempo los moldajes permanecen en su lugar, el hormigón llega a ser más oscuro. El arquitecto/ingeniero deberá especificar qué resistencia del hormigón es la requerida antes de que el desmolde pueda tener lugar.

5.6.3 Uniformidad - para garantizar la calidad de la superficie, la uniformidad en el tiempo de desmolde y prácticas de curado son esenciales. Donde el objetivo sea producir tanta coherencia en apariencia como sea posible, será beneficioso proteger el hormigón durante su temprana edad dejando el moldaje en el lugar algo más de tiempo que lo normal. La exposición temprana del hormigón al aire afecta la manera en la cual la superficie se seca. Las condiciones ambientales pueden así influenciar en el color eventual del hormigón.

5.6.4 Evitando choques térmicos - el hormigonado en tiempo frío requiere que la atención especial esté puesta para el cambio repentino de temperatura del hormigón. Para evitar el choque térmico y grietas capilares consiguientes de la superficie del hormigón, el cambio en la temperatura del hormigón debe controlarse dentro de los límites perfilados en ACI 303R. Esto puede ser logrado calentando el área de trabajo, dejando los moldajes en el lugar en orden para contener el calor de hidratación, o aislando el hormigón después de que los moldajes han sido removidos (ver ACI 306R).

CAPÍTULO VI

6.0 ESTRUCTURAS ESPECIALES

6.1 Discusión

En general, el moldaje para todas las estructuras deberá ser diseñado, construido, y sujeto a mantención en conformidad con las recomendaciones de los Capítulos 1 al 4. Esta parte de la sección trata sobre requisitos adicionales para encofrado para varias clases especiales de trabajo. La atención está dirigida para ACI 344R por la información en el diseño y construcción de estructuras circulares de hormigón post-tensado.

6.2 Puentes y viaductos, incluyendo altos pilares

6.2.1 Discusión - Para los puentes, la construcción y extracción de moldaje deberán ser planificados anticipadamente. Los moldajes y los soportes deberán ser suficientemente rígidos para asegurar que la estructura final cumplirá a cabalidad la función estructural prevista y que el hormigón expuesto terminado presentará una apariencia agradable para el público.

6.2.2 Alzaprimado y centrado - Siga la práctica recomendada en las secciones 3.5 y 3.7 para la erección y extracción. En las estructuras continuas, el soporte no deberá ser removido en cualquier tramo hasta que los primeros y segundos tramos adjuntos en cada lado tengan alcanzada la resistencia especificada.

6.2.3 Moldes - Los moldes pueden ser de cualquier tipo de materiales pero más comúnmente de madera o de metal. Deben ser construidos por mortero a presión de material en buen estado suficientemente fuerte para prevenir la distorsión durante el colocado y curado del hormigón.

6.3 Estructuras diseñadas por acción compuesta

6.3.1 Recomendaciones – Las estructuras o miembros que estén diseñados con el fin de que las porciones de hormigón actúen en conjunto con otros materiales o con otras partes de la estructura presentan serios problemas de moldaje las cuales se deben anticipar en el diseño de la estructura. Los requisitos para alzaprimado u otro control de deflexión del moldaje deberá replantearse claramente por el ingeniero/arquitecto en las especificaciones. Donde las sucesivas colocaciones sean por acción compuesta en la estructura completa, el control de deflexión se pone sumamente crítico.

El alzaprimado, con o sin porciones de combadura de la estructura durante la colocación y curado del hormigón, deberá ser analizado separadamente para los efectos de peso muerto del hormigón fresco recién colocado y para el efecto de otras cargas de construcción que puedan ser impuestas antes de la unión de las cargas de diseño.

6.3.2 Diseño - Los miembros del moldaje y las alzaprimas deberán ser diseñados para deflexiones límites para un mínimo práctico que sea consistente con el miembro estructural que está siendo construido.

Dónde se especifique combadura (contraflecha) para los componentes previamente instalados de la estructura, se debe tener un cierto grado de holgura para la precarga resultante de las alzaprimas antes de la aplicación del peso muerto del hormigón.

En miembros construidos en varias colocaciones sucesivas, como las estructuras de viga tubular o cajón, los componentes del moldaje deben ser dimensionados, posicionados, y/o deberán soportar los incrementos progresivos mínimos en la deflexión de la estructura que excesivamente precargarán los refuerzos de acero u otras porciones del miembro compuesto.

En el trabajo de varios pisos donde las alzaprimas de miembros compuestos sean requeridas, debe tenerse consideración el número de pisos necesarios a apuntalar, en conjunto con la velocidad de construcción y resistencia del hormigón, para minimizar las deflexiones debido a cargas sucesivas. Se debe distinguir en tales análisis para alzaprimas colocadas en estructuras de soporte relativamente firmes tales como fundaciones en contraposición a miembros ya en soporte elástico (ver Sección 3.8).

La construcción compuesta puede tener vigas de sección transversal relativamente ligeras que son completamente adecuadas cuando la construcción es completa. Sin embargo, durante la construcción estas vigas no pueden ser lateralmente soportadas por el moldaje, dejándolas con una proporción alta de delgadez y por ende reduciendo la resistencia de la viga. El ingeniero/arquitecto debe alertar al contratista por este problema en notas generales, en los planos estructurales o en notas en planos aplicables cuando esta condición exista. El diseñador del moldaje debe estar alerta por esta posibilidad y proveer alzaprimas o soportes laterales donde sea necesario.

6.3.3 Edificación - la construcción y/o la edificación del moldaje para construcción compuesta sigue las recomendaciones básicas contenidas en el Capítulo 3. El alzaprimado de miembros que actuarán compuestamente con el hormigón a colocar

deberá ser terminado con gran cuidado para asegurar suficiente resistencia, rigidez, y tensión para prevenir asentamientos o deflexiones más allá de los límites admisibles. Las cuñas, calces, gatas, etc., deberán ser provistas para permitir el ajuste si es requerido antes o durante del hormigonado así como también permitir la extracción sin movimientos o impacto de la construcción completada. Se deben tener precauciones para comprobar fácilmente la exactitud de posición y grado de duración de la colocación. aunque el ajuste de moldajes puede ser posible durante o después del vertido el hormigón, no es recomendable. Cualquier ajuste requerido deberá estar hecho antes de la colocación inicial del hormigón.

Donde se requiera combadura , se deberá distinguir entre la parte para las cuales esté permitido el asentamiento o deflexión del moldaje o alzaprimado y para las cuales se consideran en las cargas de diseño. Esta última generalmente debe ser responsabilidad del contratista que diseña los moldajes y soportes a menos que tal combadura esté acordada por el ingeniero/arquitecto. La medida de combadura proporcionadas para las cargas estructurales del diseño deberá ser hecha antes del endurecimiento del hormigón pero antes de la extracción de los soportes (ver también la Sección 1.4.5 (f)).

6.3.4 Extracción – Además de encontrar las disposiciones de la Sección 3.7, los moldajes y/o los soportes deben ser removidos sólo después de que pruebas y operaciones específicas de curado indicadas a satisfacción del ingeniero que el hormigón colocado más recientemente ha logrado la resistencia requerida para desarrollar acción compuesta, entonces los soportes serán removidos cuando el ingeniero/arquitecto lo manifieste explícitamente. La secuencia de tal extracción deberá ser aprobada por el ingeniero/arquitecto.

6.4 Láminas plegadas, cáscaras delgadas, y estructuras de techo de grandes luces

6.4.1 Discusión - Para estructuras de grandes luces y espacio que requieren un análisis complicado del diseño, análisis de diseño tridimensional y presentación de problemas tridimensionales en diseño de moldajes, edificación, y extracción, la planificación de moldajes debe ser hecha por ingenieros que tengan los conocimientos y la experiencia necesarias. Estos ingenieros deberán consultar y cooperar con el ingeniero/arquitecto para asegurarse que las superficies resultantes cumplirán con su diseño.

6.4.2 *Diseño*

- a. El ingeniero/arquitecto deberá especificar valores límites y direcciones de las fuerzas de reacción cuando los andamios sean sostenidos por la estructura permanente.
- b. Cuando sea aplicable, el ingeniero/arquitecto deberá incluir un dibujo de la secuencia de descentrado junto con los documentos licitantes como base para el diseño del moldaje y sistema de soporte para ser usado por el contratista.
- c. Cargas laterales - en determinadas fuerzas laterales actuando en el moldaje, la carga del viento deberá ser calculada sobre la base de un mínimo de 73.23Kgf/m² (15 psf) de área vertical proyectada como la especificada para moldajes de muros de la Sección 2.2.3. Para las estructuras tales como domos, las fuerzas negativas debido a la succión creada por el viento en el lado del sotavento de la estructura deben ser consideradas.
- d. El análisis - Las indicaciones de la Sección 2.1.1 y 2.3 deberán ser estrechamente seguidas en la planificación de estos moldajes.

Las cargas de diseño asumidas deberán ser mostradas en los planos del moldaje. Los análisis de tensiones completos deberán prepararse por ingenieros estructurales competentes, y los valores máximos y mínimos de las tensiones, incluyendo tensiones inversas, deberán ser mostrados para cada miembro para las más severas condiciones de cargas. Consideraciones especiales se debe tener para cargas asimétricas o cargas excéntricas que podrían ocurrir durante la colocación del hormigón y durante la edificación, descentrando o movimiento o transporte. La deflexión vertical o lateral de los moldajes en movimiento o transporte así como también la estabilidad bajo diversas cargas deberá ser investigada para garantizar que el moldaje funcione satisfactoriamente y que las tolerancias del hormigón serán las responsables.

Se debe tomar especial cuidado en el diseño y detalles de miembros individuales y conexiones. Donde se usen los sistemas de entramados, las conexiones deberán ser diseñadas para mantener excentricidades tan pequeños como sea posible para minimizar las deflexiones de las distorsiones.

Ya que el peso de los moldajes y andamiajes puedan, en muchos casos, ser igual o más grande que la carga viva de diseño de la estructura, los detalles del moldaje deberán ser diseñados para evitar ser colgado el moldaje y andamiaje y así sobrecargar la estructura misma durante el descentrado.

e. Debido a las formas especiales involucradas, las tolerancias basadas en funciones de estas formas deberán ser especificadas por el ingeniero/arquitecto en los documentos licitantes.

6.4.3 Planos - en caso de necesidad, el contratista deberá proponer planos detallados del moldaje para la aprobación del ingeniero/arquitecto.

Estos planos deberán mostrar el hormigón la secuencia propuesta de colocación del hormigón y las cargas resultantes. Para garantizar que la estructura pueda asumir formas deflectadas sin daño, el descentrado o secuencia de manipulación del moldaje deberá ser mostrada en los planos.

La deflexión de estas estructuras puede causar un atrape entre el moldaje y el hormigón durante el descentrado. Los planos del moldaje y detalles de moldes pueden ser planificados para prevenir un atrape y para facilitar el desmolde. Los planos deberán mostrar tales detalles como el tipo de insertos y juntas en los revestimientos donde la separación del moldaje pueda provocar que el molde resulta atrapado en el hormigón.

6.4.4 Aprobación - Los planos del moldaje y los procedimientos deben cumplir con las leyes federales y locales de seguridad así como también con los planos del contrato y especificaciones y deben responsabilizarse por los requisitos generales para el moldaje para asegurar la integridad y la estabilidad de la estructura misma. El ingeniero/arquitecto deberá comprobar el diseño y adquirir los planos para el moldaje para garantizar que estos requisitos sean encontrados y aprobados por escrito.

6.4.5 Construcción - En la planificación y edificación del moldaje, se debe prever la existencia de medios adecuados de ajustes durante la colocación donde sea necesario. Los indicadores deberán ser instalados para comprobar la alineación y calificación durante la colocación.

Donde el sistema de moldaje esté basado a una cierta secuencia de colocación, ésta secuencia deberá estar claramente definida y seguida meticulosamente en el terreno.

6.4.6 Remoción del moldaje - el moldaje deberá ser removido y descentrado de conformidad con el procedimiento y la secuencia especificada en los planos del moldaje o en los documentos del contrato. Métodos de descentrado usados deberán ser planificados para prevenir cualquier reacción concentrada en cualquier parte de la estructura permanente. Debido a las deflexiones grandes y la magnitud de la carga muerta y la carga viva la proporción común para este tipo de estructura, descentrando y la extracción del moldaje no deberá estar permitido hasta que las pruebas especificadas demuestren que la resistencia del hormigón y los módulos de

elasticidad especificados en documentos del contrato han sido alcanzados. Los módulos de elasticidad pueden determinar el tiempo de descentrado aunque las resistencias en compresión requeridas pueden ya haber sido logradas. Generalmente, el descentrado deberá empezar en los puntos de deflexión máxima y deberán progresar hacia los puntos de deflexión mínima, con el descentrado los miembros del borde proceden simultáneamente con la cáscara adjunta.

6.5 Estructuras de hormigón en masa

6.5.1 *Discusión* - ACI 116R define al hormigón en masa como “cualquier volumen de hormigón con dimensiones bastantes grandes para requerir que se tomen medidas para lidiar con la generación de calor de hidratación del cemento y el cambio de volumen consiguiente para minimizar el agrietamiento”. El hormigón en masa generalmente se usa en grandes construcciones de ingeniería civil, tales como presas gravitacionales, presas de arcos, muros de retención gravitacional, muros de represas, estructuras de centrales eléctricas, y grandes fundaciones de edificios. Disposiciones especiales son usualmente tomadas para el control del alza de temperatura en la masa del hormigón por el uso de cemento o combinaciones de material cementante que poseen características bajas o moderadas de generación de calor, post-enfriamiento, enfriado del hormigón fresco, o secuencia de colocación.

El moldaje para hormigón en masa caen en dos distintas categorías, a saber, elevación baja y alta. El moldaje de baja elevación, para alturas de 1,524m a 3,048m (5 a 10 ft), usualmente consta de unidades de moldaje de vigas en voladizo de acero multiuso que incorporan su propio andamiaje y, en ocasión, mecanismos de elevación (gatas). El moldaje de alta elevación es estrictamente comparable con moldajes de madera no reutilizables usados extensivamente en el hormigón estructural.

6.5.2 *Presión lateral del hormigón* - Las fórmulas de presión lateral para la colocación del hormigón en muros pueden ser usadas para el hormigón en masa. Ver sección 2.2.2.

Consideración especial debe tenerse en la secuencia de colocación en la determinación de la presión. Frecuentemente, el hormigón es colocado en capas de tal manera que la máxima carga acuosa es desarrollado en contra del moldaje en el extremo inferior. Además, el uso de grandes cubos de hormigón puede causar grandes cargas de impacto cerca de los moldes.

6.5.3 *Consideraciones de Diseño* – Se debe tomar particular cuidado en proveer anclaje a los moldes con inclinación y moldes de muros amarrados a la superficie de

la roca. La mayor resistencia de las barras de amarre no debe exceder de la resistencia máxima de las barra de anclaje o pernos. La flexión y la soldadura de las barras de amarre de acero de alta tensión deberán ser prohibidas. Debe tenerse cuidado con las amarras de moldajes incrustadas en el hormigón previamente colocado para garantizar que tal hormigón ha logrado suficiente resistencia para sostener cargas de diseño de la nueva estructura de hormigón así como también las tensiones del apernado inicial.

6.5.4 Tolerancias - Ver sección 3.3 y ACI 117.

6.6 Estructuras Subterráneas

6.6.1 Discusión - las estructuras subterráneas difieren de las correspondientes instalaciones superficiales en que toma lugar la construcción dentro de una excavación en lugar de ser al aire libre, lo que de este modo provoca problemas singulares en el manejo y soporte del moldaje y en la localización asociada del hormigón. Como consecuencia, los siguientes cuatro factores usualmente hacen que el diseño de moldajes para las estructuras subterráneas difieren enteramente de aquel relacionado con estructuras superficiales: *primero*, el hormigón usado para llenar áreas inaccesibles puede ser colocado neumáticamente o por el uso de bombas y tuberías; *segundo*, la roca algunas veces es utilizada como un refuerzo del moldaje, de este modo permitiendo el uso de anclajes a la roca y de barras de amarre en lugar de refuerzos externos y alzaprimas; *tercero*, los límites de la excavación requieren equipo especial que añade un énfasis particular para la extracción y reutilización de moldajes; *cuarto*, las superficies de la roca algunas veces puede ser usadas para la atadura de mecanismos de elevación.

Cuando los métodos de colocación sean neumáticos o de bomba y de tubería, el hormigón plástico es forzado bajo presión en vacío como la corona de una tubería lineal. Para más información en el proceso de bombeo, vea ACI 304.2R.

6.6.2 Cargas de diseño

6.6.2.1 Carga vertical - las cargas verticales y de construcción asumidas en el diseño del moldaje para estructuras subterráneas son similares a aquellas estructuras sobre la superficie, a excepción de las cargas verticales inusuales ocurridas cerca de la corona del moldaje del arco del túnel y del efecto de flotación bajo los moldajes del túnel.

En la colocación del hormigón en las coronas de los moldajes del túnel, presiones de hasta 14646 Kgf/m² (3000 psf) han sido inducidas en áreas de sobresuspensión y cerca de mamparos verticales de hormigón colocados neumáticamente

o por el uso de bombas. Hasta que recomendaciones más definitivas puedan ser hechas, la magnitud y la distribución de presión deberán ser determinadas por el ingeniero del diseño. En ningún caso deberá la presión asumida ser menor que 4882 Kgf/m² (1000 psf) actuando normalmente para el moldaje más el peso muerto del hormigón colocado neumáticamente o por bomba.

6.6.2.2 Cargas laterales - Para ductos y muros exteriores colocados en contra de la roca, se deben aplicar los valores listados en la sección 2.2.2.

Cuando el moldaje del ducto dependa solo del valor de corte de las anclas incrustadas en la colocación previa como medios de soporte, el tiempo mínimo entre las colocaciones sucesivas (o la resistencia mínima del hormigón) y la máxima carga admisible adicional para el peso muerto del moldaje deben ser especificados.

Para moldajes de arcos y para las porciones de moldajes de túneles sobre la dimensión horizontal máxima o línea de compresión (spring line) del moldaje, la presión deberá ser compatible con las presiones discutidas bajo cargas verticales en la sección 6.6.2.1

6.6.3 Planos - Además de las disposiciones de los capítulos 1, 2, y 3, los siguientes datos deberán ser incluidos en los planos para moldaje especializado y moldaje para túneles:

6.6.3.1 Todos los diagramas de presión usados en el diseño del moldaje incluyendo diagramas para la elevación, para cargas laterales o verticales no balanceadas, para hormigón presurizado, o para cualquier otra carga aplicable a la instalación en particular.

6.6.3.2 Métodos recomendados de puntales suplementarios o de refuerzos para ser utilizado en áreas donde las presiones del moldaje puedan exceder las anteriormente listadas debido a condiciones anormales.

6.6.3.3 La entrega diagramas y procedimientos que muestren el método propuesto de manejo del moldaje durante la edificación o la instalación para la colocación del hormigón más el método de arrostramiento y anclajes durante la operación normal.

6.6.3.4 En el caso del moldaje de arco de túneles, siendo el caso de ser usado con la unidad o sistema de colocación de hormigón en mamparos o si se restringe su uso con el método de pendiente de avance continuo (ver sección 6.6.4).

6.6.3.5 Cuando se prevea la colocación del hormigón bombeado o los métodos neumáticos, la capacidad y presión de trabajo del motor principal y el tamaño, largo, y empotramiento máximo de la línea de descarga deberán ser como asumidos en el diseño. También, cuando el diseño suministre un método de colocación distinto al de

bombeo prolongado en línea resbaladiza enterrada, deberá ser claramente declarado que las presiones de diseño serán excedidas si el bombeo continuo es adoptado.

6.6.4 Construcción - Los dos métodos básicos de localización de un arco de túnel conllevan problemas en la construcción del moldaje que requieren disposiciones especiales para permitir una correcta reutilización. Estos dos métodos básicos son comúnmente conocidos como el “método de mamparo” y método “de pendiente de avance continuo”.

Lo anterior es usado exclusivamente donde existen condiciones de suelo débil, requiriendo que el revestimiento sea colocado simultáneamente a las operaciones de perforación del túnel. Es también usado cuando algún factor, tal como el tamaño del túnel, la introducción de refuerzos de acero, o la localización de juntas de construcción impiden el método de pendiente de avance continuo. El método de pendiente de avance continuo, un sistema continuo de colocación, usualmente es preferido para túneles excavados a través de roca resistente, variando entre 3,048 y 7,62m (10 y 25 ft) de diámetro y al menos en 1,609 Km (1 milla) de largo.

El moldaje de arcos para el método de mamparo usualmente se fabrica en una sola unidad entre 15,24 y 45,72m (50 y 150 ft) de largo, que es desmoldada, movida hacia adelante, y reedificando usando gatos atornillables o arietes hidráulicos. Estos están permanentemente pegados al moldaje y a las estructuras de soporte de este. El moldaje de arco para el método de pendiente de avance continuo usualmente consta de ocho o más secciones que están entre 4,572 y 9,144m (15 y 30 ft) de largo. Estas se desmoldan o se colapsan sucesivamente, y se trasladan telescópicamente a través de otras secciones, y se reedifican usando transportadores de moldajes.

Aunque el tiempo mínimo de desmolde para un arco de túneles usualmente está establecido con base en la experiencia, puede ser con toda seguridad determinado por pruebas. Se recomienda que al principio de una operación de hormigonado en el arco del túnel, el tiempo mínimo de desmolde sea de 12 hr para superficies expuestas y 8 hr para juntas de construcción. Si las especificaciones suministradas para un tiempo reducido mínimo de desmolde en la experiencia en terreno, tales reducciones deberán ser incrementadas en un tiempo de 30 minutos o menos y deberán ser establecidas por pruebas del laboratorio e inspección visual y por “cortes” superficiales de áreas de muestras expuestas al abrir la cubierta de acceso del moldaje. Los moldajes de arcos no deberán ser desmoldados prematuramente cuando el escurrimiento de agua subterránea o de napas pueda llegar a ser atrapada entre la superficie de la roca y el revestimiento del hormigón.

6.6.5 Materiales - La elección de materiales para moldajes subterráneos usualmente es atribuida en la forma, grado de reutilización y movilidad del moldaje, y la magnitud de bomba o las presiones neumáticas para las cuales está sujeta. Usualmente, los moldajes de túneles y ductos (shaft) son hechos de acero, o una mezcla de madera y acero. La experiencia es de gran importancia en el diseño y la fabricación de un moldaje satisfactorio del túnel, debido a la naturaleza de las presiones desarrolladas por el hormigón, técnica de colocación, y el alto grado de movilidad usualmente requerido.

Cuándo la reutilización no es un factor, la madera contrachapada y la madera machihembradas algunas veces sirven para las superficies finales expuestas, pero se debe tener mucho más consideración a la madera de revestimiento porque la alta humedad a menudo impide el encogimiento normal y el alabeo.

CAPÍTULOS VII

7.0 MOLDAJE PARA MÉTODOS ESPECIALES DE CONSTRUCCIÓN

7.1 Recomendaciones

Las consideraciones aplicadas en los capítulos 2, 3, y 4 también tienen aplicación en el trabajo de este capítulo.

7.2 Hormigón con agregados premezclados

7.2.1 Discusión- el hormigón con agregados premezclados está hecho por mortero inyectado (introducido) en los vacíos de una masa premezclada de agregados limpios y graduados. En una construcción normal, los agregados premezclados son mojados y conservados mojados hasta que la inyección de mortero en los vacíos se complete. En construcciones submarinas, el mortero desplaza al agua y llena los vacíos. En ambos tipos de construcción, este proceso puede crear un hormigón denso teniendo un alto contenido de agregado grueso.

El mortero inyectado contiene agua, arena fina, cemento portland, puzzolania, y una mezcla química diseñado para aumentar la penetración y bombeabilidad del mortero. El agregado grueso es similar al agregado grueso para el hormigón convencional. Es adecuadamente lavado y graduado de 12,7mm (1/2 in.) hasta el mayor tamaño aceptable. Después de la compactación en los moldajes, usualmente se tiene un contenido de vacío entre 35 a 45 por ciento. Referencia a ACI 304.1R.

7.2.2 Consideraciones de Diseño - Debido al método de colocación, las presiones laterales en el moldaje son considerablemente mayores que esas desarrolladas para el hormigón convencional dadas en la sección 2.2.2. El diseñador de moldajes debe estar alerta a los problemas singulares creados por el hormigón de alta densidad, por colocaciones en masa donde el calor producido por la hidratación y encogimiento del secado son críticos, y por las presiones diferenciales en la estructura del moldaje cuando el mortero de inyección varía significativamente de una superficie del moldaje a otra*. Debido a la presión creada durante la colocación del agregado y el mortero bombeado, los moldajes deberán ser anclados y arriostrados de manera mucho más segura que para el hormigón ordinario.

* Para la información adicional ver ACI 359, ACI 207.1R, y *Hormigones para reactores nucleares*, ACI Special Publication, No. 34.

Especial atención se debe tener para las presiones ascendentes creadas en los moldajes inclinados. Se deben tomar todas las precauciones para prohibir la más leve ascensión (uplift) del moldaje. Las tuberías de inyección espaciadas 1,524 a 1,823m (5 a 6 ft) de la penetración en la superficie del moldaje, requieren que el moldaje sea revisado para su integridad estructural así como también como medio de tapar o cerrar los orificios cuando las tuberías de inyección sean removidas.

Los moldajes, amarras, y el arrostramiento deberán ser diseñados para la suma de:

- a. La presión lateral del agregado grueso que ha sido determinada como la presión lateral de un fluido equivalente de agregado seco usando las teorías de Rankine o de Coulomb para materiales granulares; o una teoría de confianza de la acción del comportamiento (reliable bin); y
- b. La presión lateral del mortero inyectado; como un fluido equivalente el mortero normalmente pesa a $2082,6 \text{ Kg/m}^3$ (130 lb por cu ft), pero puede pesar tanto como 3204 Kg/m^3 (200 lb por cu ft) para morteros de alta densidad.

El tiempo requerido para la colocación inicial del mortero (de 6 a 7 hr) y la razón de ascenso 0,3048 a 1,823 m/hr (1 a 6 ft por hr) deberán ser consultados. La altura máxima del fluido a ser asumida en la determinación de presión lateral del mortero es el producto de la razón de ascenso (m por hr) y el tiempo de colocación inicial en horas.

La presión lateral para el diseño de un moldaje en cualquier punto es la suma de las presiones determinadas de los pasos (a) y (b) para la altura dada.

7.2.3 Construcción – además de las consideraciones del capítulo 3, los moldajes deben ser herméticos para el mortero y efectivamente deben contar con vías de salida para el aire debido a que los agregados tienden a congregarse, lo que fuerza al mortero a llenar los vacíos alrededor del agregado grueso.

El aumento de presión lateral usualmente requiere que la destreza y los detalles del moldaje sean de mejor calidad que los moldajes para hormigones convencionales.

7.2.4 Materiales para moldajes - la madera machihembrada es preferida para superficies expuestas; las juntas entre tableros permiten la salida de rastros de mortero. Sin embargo, el escurrimiento excesivo causará desplazamiento en la arena, la cual arruinará la apariencia de la superficie acabada. Cuando el escurrimiento excesivo sea evidente, el calafateo o sellado de las juntas es recomendado. Para las superficies no expuestas, los moldajes bien sellados para

mortero hechos de acero o de madera contrachapada son aceptables. Los moldajes prefabricados del tipo panel usualmente no se aceptan por la dificultad de hacer sellos herméticos entre paneles. Los forros absorbentes del moldaje no son recomendables porque permiten que los agregados gruesos se incrusten en la cubierta formando una superficie irregular. Los forros del moldaje tales como tableros duros (hardboard) en revestimientos comunes no tienen éxito porque no transmiten la vibración externa del moldaje normalmente empleada para garantizar un acabado exterior libre de vacíos.

7.3 Moldajes deslizantes*

7.3.2 Discusión - el moldaje de hormigón para el uso de moldajes deslizantes es similar al proceso de extrusión. El hormigón plástico es colocado en los moldajes, y los moldajes actúan como matrices movibles para darle forma al hormigón. La razón de movimiento de los moldajes está regulada a fin de que los moldajes abandonan el hormigón sólo después de que sean lo bastante resistente para retener su forma mientras soporta su propio peso y las fuerzas laterales causadas por vientos y equipos. Moldaje de este tipo puede servir para estructuras verticales tales como silos, cisternas de almacenamiento, cimientos de edificios, muros de carga de edificios, pilares, chimeneas, ductos de ventilación, torres de comunicación y de observación, muros de protección nuclear y estructuras similares.

El moldaje deslizante horizontal se presta a si mismo para estructuras de hormigón tales como revestimientos de túneles, conductos de agua, canales de drenaje, elementos premezclados, revestimientos de canales, barreras de carretera, y pavimentación.

Los moldajes deslizantes verticales están usualmente se mueven en pequeños incrementos por gatas que se propulsan solas en barras de acero finas (rieles) o tubería incrustada o unidas a hormigón endurecido. Los moldajes deslizantes horizontales generalmente se mueven en un sistema del riel, bandas arrastradoras, ruedas, o en forma de bermas. Cubiertas de trabajo y de almacenamiento y andamiaje terminado están unidos y acarreados por el moldaje en movimiento.

*Para la construcción de silos refiérase a ACI 313.

Los movimientos verticales u horizontales del moldaje pueden ser un proceso continuo o una secuencia planificada de finitas colocaciones.

Los moldajes deslizantes usados en estructuras tales como: túneles y ductos deberán cumplir con las disposiciones aplicadas en la sección 6.6. Los moldajes deslizantes usados en las estructuras hormigón en masa como represas deberán cumplir con las disposiciones aplicables de la sección 6.5.

7.3.2 *Los moldajes deslizantes verticales*

7.3.2.1 Un sistema vertical de moldajes deslizantes tiene cinco componentes principales: recubrimiento; vigas longitudinales (o carreras); tirantes; gatas y rieles de gatas hidráulicas (jackrods); y cubiertas de trabajo y almacenamiento y andamiaje.

El recubrimiento o moldajes verticales pueden ser de metal, plástico reforzado con fibra de vidrio, madera, o una combinación de estos materiales. La función del recubrimiento es contener y formar el hormigón.

Las carreras (wales) tienen tres funciones principales:

1. Soportar y mantener el recubrimiento en el lugar.
2. Transmitir la fuerza de levante de los tirantes para el recubrimiento.
3. Proveer soporte para varias plataformas y andamiaje.

Los tirantes transmiten las fuerzas ascensionales de las gatas para las vigas longitudinales (o carreras) y resisten la fuerza lateral del hormigón plástico dentro del moldaje.

Las gatas, al ascender por los rieles correspondientes, proporcionan la fuerza necesaria para levantar el sistema completo del moldaje deslizante.

Las diversas plataformas, las cubiertas, y el andamiaje completan el sistema del moldaje deslizante. Proveen un espacio para el almacenamiento del hormigón, acero reforzado, y empotramientos así como también sirven como un área de trabajo para colocación y terminación.

7.3.2.2 *Consideraciones de diseño y de construcción* - los moldajes deslizantes deberán ser diseñados y construidos y las operaciones de deslizamiento serán llevadas bajo la supervisión inmediata de personas experimentadas en el trabajo del moldaje deslizante.

7.3.2.2.1 *Revestimiento* - deberá ser de un mínimo de 1,067m (3 ft 6 in.) de altura* y deberá ser construida de un tablero mínimo nominal de 2,54cm (1 in.) (de preferencia machihembrada), 0,95cm (3/8 in.) de madera contrachapada con arrostroamiento adecuado, láminas de acero mínimas de calibre 10, u otros materiales aprobados. Se tener cuidado cuando se usen las láminas de acero en extremos de

calor o de frío debido a su falta de capacidad aislante. Ambos la madera contrachapada y los tableros deberán ser diseñados con su grano de la superficie corriendo vertical. Los tableros de 2,54cm (1in.) deberán ser espaciados de 1,59 a 3,18 mm (1/16 a 1/8 in.) para permitir la expansión cuando se humedecen. La impregnación de toda la madera con aceite disponible para moldaje o componentes impermeables será requerida para reducir la absorción del agua por el revestimiento.

* La altura mínima es función de la razón de deslizamiento (ft por hora) y el tiempo requerido para el hormigón para ganar suficiente resistencia para soportarse por sí mismo sin combarse después de dejar el moldaje deslizante. Un moldaje ligeramente más alto proveerá algún espacio de trabajo en la parte superior del moldaje para colocar el hormigón y el reforzamiento. Los moldajes menores a 1,067m (3 ½ ft) de alto se creen son peligrosamente poco profundo. Los moldajes tan altos como de 1,524m (5 ft) pueden ser requeridos cuando la baja temperatura o el hormigón suavemente colocado estén especificados. Los moldajes en exceso de 1,823m (6 ft) de altura pueden estar usados en aplicaciones especiales como muelles y moldaje deslizante de ducto unilateral.

Los moldajes deberán estar contruados con un encintado previo, en el rango de 3,18 a 12,7mm (1/8 a 1/2in.), particularmente para las superficies interiores a fin de que la distancia entre el moldaje interno y moldaje externo sea mayor en el fondo que en la parte superior. Este encintado puede ser aplicado al interior o a ambas superficies del moldaje. El espesor verdadero del muro es medido en la elevación donde el hormigón endurecido es mantenido en el moldaje. Esta elevación puede variar de 30,48 a 60,96 cm (1 a 2 ft) por encima del fondo del moldaje. Este encintado puede ser establecido a través del uso de tiras de amortiguación colocadas en la superficie interior más elevada de la carrera. El encintado (draft) reduce la resistencia de fricción para el movimiento de los moldajes durante el levantamiento con la gata.

7.3.2.2.2 Las carreras pueden ser hechas de madera o metal. Dos colocaciones de vigas son las tradicionalmente usadas, y deberán ser diseñadas para mantener el revestimiento en el lugar en contra de las fuerzas laterales y de fricción, para transmitir las fuerzas ascensionales de los tirantes para el moldaje y para soportar varios andamios y cubiertas.

Las vigas de madera deberán ser de 2 o 3 capas de madera y al menos una con un mínimo de espesor nominal de 5,08 cm (2 in.) de material.

7.3.2.2.3 Arriostramiento lateral y diagonal del moldaje deberán ser proporcionadas para garantizar que la forma de la estructura no se distorsionará más allá de las tolerancias admisibles durante la operación de deslizamiento.

7.3.2.2.4 El diseño de los tirantes debe tener previsto el despeje adecuado para instalar las barras horizontales de refuerzo y empotramiento en sus localizaciones correctas antes de sumergirse en el hormigón nuevo. También deberán ser diseñados con un mínimo de deflexión para mantener la configuración deseada y espesor del muro. El espaciamiento de los tirantes deberá ser planificado con consideración para la configuración de refuerzos de acero, la localización de aberturas, puntos extremos carga, y condiciones de similar naturaleza.

7.3.2.2.5 Un sistema de gatos que considere el movimiento simultáneo de todo el moldaje en pequeños incrementos de aproximadamente 2,54 cm (1 in.) en intervalos de 2 a 3 min., es recomendado. Esta capacidad hidráulica disponible puede ser deseable o necesaria para períodos cortos; los moldajes usualmente no mantienen tal velocidad de movimiento para períodos extensos. Cuidado especial deberá tomarse al escoger la capacidad de las gatas y distribuirlos de tal modo que los moldajes quedarán derechos y sin tensión o torsión. Los rieles de los gatos deberán ser correctamente arriostrados donde no se encuentren encajados en concreto.

Debido al número de variables tales como la fricción y las cargas no balanceadas, es esencial que existan gatos hidráulicos de reserva en el sistema de instalación.

7.3.2.2.6 Las cubiertas de trabajo serán soportadas directamente en los moldajes y levantadas con ellas. La cubierta deberá ser diseñada para mantener la dimensión del proyecto a todo lo largo de la altura de la estructura. A través del uso de entramados, arriostramientos en las esquinas, barras de amarre, y artículos similares, esto puede ser logrado.

7.3.2.2.7 Los planos deberán prepararse por un ingeniero competente y experimentado empleado por el contratista, mostrando el lay-out de las gatas, el moldaje, cubiertas de trabajo, y andamios. Un plano de elevación de la estructura preliminar deberá ser preparada, mostrando la localización de todos los orificios y empotramientos.

7.3.2.3 Cargas verticales

7.3.2.3.1 Además de las cargas muertas, las cargas vivas asumidas para diseño de cubiertas no deberán ser menos que lo siguiente:

Revestimiento

y viguetas.....366,15 Kgf/m² (75 psf) o cargas concentradas rueda,
cualquiera es la mayor

Vigas, entramados, carreras.....244,10 Kgf/m² (50 psf)

Andamio para
trabajos ligeros122,05 Kgf/m² (25 psf)

7.3.2.3.2 Las cargas de fricción usadas en determinar los requisitos de las gatas normalmente no deberán ser menos de 297,60 Kgf/m (200 lb por ft lineal) de muro de hormigón cuando un moldaje deslizante de 3`6" a 4` (106.68 a 121.92 cm) nominales es usado en ambos lados.

7.3.2.3.3 Donde las cubiertas de trabajo sean utilizadas como un moldaje inferior para construcción in situ, tal como losas de piso o losas de techo, la cubierta deberá ser diseñada para la carga muerta del hormigón más cualquier carga superpuesta, y en ningún caso menores que las cargas de diseño dadas en la sección 2.2. Donde el moldaje deslizante interior se convierte como parte del sistema de losa, la fijación del moldaje para el hormigón deberá ser diseñada para resistir a las fuerzas verticales y laterales asociadas con la colocación de la losa.

7.3.2.3.4 Las cargas verticales y las fuerzas de torsión resultantes de las cargas de la cubierta y fricción también deberán también ser consideradas. Los moldajes deberán actuar como entramados para las cargas verticales entre los puntos de colocación de las gatas. Las riostras esquineras u otro sistema de soporte apropiado deberán ser provistos para carreras superiores donde los tramos (o luces) entre los tirantes excedan 1,823 m (6 ft) o donde las cargas verticales son extraordinariamente pesadas.

7.3.2.4 *Presión lateral del hormigón* - La presión lateral del hormigón fresco para ser usada en diseñar moldajes, riostras, y carreras puede estar calculada como sigue (ver Apéndice para conversiones métricas de ecuación)

$$P = C_1 + (6000 \times R) / T$$

Donde:

$$C_1 = 100^*$$

P = presión lateral, Kgf/m²

R = razón de colocación del hormigón en m por hr

T = temperatura del hormigón en los moldajes, °C

* En el sentido que $C_1 = 100$ es justificado porque la vibración es leve en el trabajo del moldaje deslizante desde que el hormigón es colocado en capas poco profundas de 15 a 25 cm (6 a 10 in.) y porque no hay revibración. Sin embargo, para algunas aplicaciones tales como estructuras

hermética o de contención, la vibración adicional puede ser requerida para lograr la densidad máxima del hormigón. En tales casos, el valor de C1 debería ser aumentado a 150.

Las carreras deberán estar adecuadamente clavadas o fijadas con pernos conjuntamente para transmitir el esfuerzo al corte debido a la presión lateral del hormigón, y postes verticales deberán estar colocados entre carreras en los puntos de ascensión.

7.3.2.5 Tolerancias - las tolerancias sugeridas para la construcción de moldajes deslizante están listadas en ACI 117.

7.3.2.6 Operación de deslizamiento - la razón máxima de deslizamiento deberá estar limitada por la razón para la cual los moldajes fueron diseñados. Además, ambas razones de deslizamiento máxima y mínima deben ser determinadas por un supervisor experimentado del moldaje deslizante para acomodar cambios climáticos, derrame del hormigón, colocación inicial del hormigón, y trabajabilidad, y las muchas exigencias con las cuales se levantan durante un deslizado y para las cuales no pueden ser previstas exactamente de antemano. Una persona experimentada en la construcción del moldaje deslizante deberá estar presente en la cubierta en todo momento durante la operación del deslizamiento.

Durante la colocación inicial del hormigón en el moldaje deslizante, la razón de vertido no deberá exceder para lo cual el moldaje fue diseñado.

El nivel de endurecimiento del hormigón en el moldaje deberá ser comprobado frecuentemente por el uso de una sonda para establecer la razón de levantamiento segura. Los moldajes deberán ser nivelados antes de ser llenados y deben ser mantenidos a nivel a menos que se requiera de otra manera para correcciones fuera de tolerancia. Debe tenerse cuidado para prevenir desalineación o variación de las dimensiones de diseño y para prevenir el movimiento de torsión.

La experiencia ha enseñado que una línea aplomada, un plomo óptico, un láser, o la combinación de éstas usadas en conjunción con un sistema de nivel de agua es efectiva en mantener el moldaje en línea y en nivel y para posicionar los orificios y elementos empotrados.

La alineación y verticalidad de la estructura deberá ser comprobados al menos una vez durante cada 4 hr desde que el deslizamiento está en la operación y preferentemente cada 2 hr en trabajos que se están haciendo en operaciones intermitentes de deslizamiento, una comprobación de la alineación y la verticalidad deberá ser hecha en el comienzo de cada operación de deslizamiento.

Lecturas más frecuentes deberán ser tomadas estructuras de alturas simple con secciones relativamente pequeñas del proyecto, ya que estas estructuras tienen tendencia a torcerse y salir de la plomada fácilmente.

Materiales de verticalidad suficiente deberá ser suministrada para detectarla fácilmente y evaluar los movimientos del moldaje para toda la estructura del moldaje deslizante a fin de que el ajuste apropiado pueda ser hecho por personal experimentado.

Registros detallados de ambos movimientos verticales y laterales del moldaje deberán ser mantenidos completamente en la operación del moldaje deslizante.

7.3.3 Moldaje deslizante horizontal

7.3.3.1 Consideraciones de diseño - Para grandes estructuras, este moldaje especializado deberá ser diseñado por ingenieros experimentados, competentes y empleados o comprometidos por el contratista o proveedores de moldajes. Un análisis estructural completo, incluyendo diagramas de tensiones de los miembros estructurales, deberá ser hecho para garantizar el desempeño satisfactorio. Convenientes consideraciones deberán ser tomadas con cargas asimétricas y excéntricas y el hecho que la maquinaria deba regularmente ser desmantelada a medida que se encuentren sifones, puentes, toboganes, etc. Las máquinas grandes están usualmente conectadas a fin de que las secciones pueden ser pasadas a través o debajo las estructuras. Las deflexiones verticales o laterales, particularmente de máquinas de gran luz, deberán ser investigadas, y provistas de suficiente rigidez para garantizar que las tolerancias del hormigón sean alcanzadas. La estabilidad de la máquina bajo las condiciones de carga anteriormente mencionadas deberán ser cuidadosamente investigadas para garantizar un desempeño satisfactorio.

7.3.3.2 Los planos - Las disposiciones generales de la sección 2.1.4 deberán ser alcanzadas y el contratista deberá someter los planos de los moldajes deslizantes para la revisión y la aprobación por el ingeniero/arquitecto. Estos planos deberán mostrar los diagramas de manejo, el procedimiento de colocación, y las disposiciones para asegurar el logro de las superficies de hormigón requeridas.

7.4 Moldajes Permanentes

7.4.1 Discusión - los moldajes permanentes, como el nombre lo indica, son moldajes dejados en el lugar que pueden o no convertirse en una parte integral de la armazón estructural. Estos moldajes pueden ser de tipo rígido tales como cubierta de metal, hormigón prefabricado, madera, plásticos, y tipos diversos de panel de fibra; el tipo

flexible tales como papel ondulado reforzado repelente al agua, o malla de alambre con reforzada de papel impermeable.

Cuando el moldaje permanente se utiliza como un moldaje de cubierta, generalmente está siendo soportado por la armazón estructural principal con o sin un sistema intermedio de soportes temporales. Si los soportes temporales son requeridos bajo los miembros estructurales de la armazón para soportar el peso del hormigón fresco sin deflexión excesiva, tal información deberá ser especificada por el ingeniero/arquitecto.

7.4.2 Consideraciones de diseño - Si el tipo de moldaje de tipo permanente no está cubierto en las especificaciones del contrato, (1) entonces las especificaciones del fabricante deberán ser usadas; (2) las prácticas recomendadas del fabricante* deberán ser seguidas para el tamaño, luz, fijaciones y otras características especiales relacionadas con este tipo de moldaje, como ser agua repelente y protección contra el ataque químico del hormigón mojado; y (3) los requisitos mínimos de los capítulos 2 y 3 deberán ser seguidos. Cuidado particular deberá ser tomado en cuenta en el diseño de tales moldajes para minimizar distorsión o deformación del moldaje o miembros de soporte bajo las cargas de la construcción.

El ingeniero/arquitecto quién especifica o permite el uso de moldajes rígidos permanentes deberá considerar en su análisis estructural cargas muertas o vivas para el uso pretendido de la estructura, especialmente las cargas concentradas entre miembros de soporte.

Cuando la cubierta de metal al convertirse en una parte integral de la estructura se utilizada como un moldaje permanente, su forma, su calibrador de profundidad, dimensiones físicas, y propiedades deberán ser tales como se especifica en los documentos del contrato. Si la continuidad estructural es asumida en el diseño, entonces el ingeniero debe especificar el número requerido de soportes sobre los cuales el material del moldaje deberá ser continuo.

7.4.3 Instalación

7.4.3.1 Planos comerciales - El contratista deberá enviar los planos comerciales detallados para todos los moldajes de cubierta permanentes al ingeniero/arquitecto para la revisión y/o la aprobación. Los planos comerciales deberán mostrar todos los espesores del moldaje, calibraciones del metal, dimensiones físicas y propiedades, accesorios, acabados, y métodos de unión para las diversas clases de trabajo.

* Si está avalado por pruebas de un laboratorio de pruebas reconocido comercialmente.

7.4.3.2 Fijaciones (fastening) – el moldaje de cubierta permanente deberá ser fijado correctamente a los miembros soportantes y a las secciones adyacentes del moldaje y envueltos correctamente para suministrarles una junta apretada que evitará la pérdida de mortero durante la colocación del hormigón. Los cierres de los extremos para moldajes corrugados o acanalados deberán ser suministrados, donde sea requerido, conjuntamente con las piezas de cierre donde un calce ajustado sea requerido para prevenir los alabeos, debe considerarse una cierta holgura para los moldajes de cubierta metálicas.

Los tipos flexibles de moldajes (esos que dependen de la rigidez lateral o miembros soportantes) deberán estar muy firmes para la instalación correcta. Las riostras temporales adecuadas o anclajes deberán ser suministradas en el plano de acuerdo a los miembros soportantes para prevenir alabeo lateral y rotación de estos soportes y mantener la tensión requerida en el moldaje flexible.

Los moldajes de papel o metal usados para formar vacíos en la construcción del hormigón deberán ser correctamente ubicados y anclados para reforzamiento y para los moldajes laterales y de cubierta con amarras de alambre o por otros métodos aprobados para prevenir desplazamiento o flotación durante la colocación del hormigón. Los cierres de los extremos deberán ser ventilados correctamente donde sea necesario para eliminar el agrietamiento del hormigón a causa de la expansión de aire en los vacíos debido al calor de hidratación del hormigón. Se debe evitar que el agua penetre en los vacíos. Donde la intrusión de agua sea posible, orificios de desagües deberán ser provistos para reducir su acumulación.

7.4.4 Deflexiones - Las deflexiones verticales y laterales del moldaje permanente entre soportes bajo la carga de hormigón fresco deberán ser investigadas por el diseñador. Los soportes temporales deberán ser usados, si es necesario, para continuar la deflexión dentro de las tolerancias deseadas.

7.5 Construcción de moldajes para hormigón pretensado

7.5.1 Discusión - el ingeniero/arquitecto deberá indicar en los documentos del contrato cualquier requisito especial para la construcción pretensada.

Esto puede ser necesario para proveer la manera apropiada de bajar o remover el moldaje antes que el pretensado completo sea aplicado, para prevenir daño debido a la deflexión ascendente del moldaje elástico.

Pretensado o post-tensado de hebras, cables, o barras pueden ser hechos con o sin moldajes laterales del miembro en el lugar, en conformidad con la sección 7.5.2. los moldajes inferiores y alzaprimas soportantes o andamios deberán

permanecer en el lugar hasta que el miembro sea capaz de soportar la carga muerta y cargas construcción anticipada, así como también cualquier moldaje soportado por el miembro.

La secuencia del hormigonado para asegurar la estructura también debe ser planificada a fin de que el hormigón no esté sujeto a esfuerzo de flexión causado por la deflexión del moldaje.

7.5.2 Diseño

7.5.2.1 Donde los moldajes laterales no puedan ser convenientemente removidos desde las partes inferiores o el plafón del moldaje después de que el hormigón se haya colocado, tales moldajes deberán ser diseñados para cargas axiales adicionales y/o flexionales que se superponen a ellos durante la operación de pretensado.

7.5.2.2 Los moldajes laterales que deban permanecer en el lugar durante la transferencia de fuerzas de pretensado deberán ser diseñadas para permitir movimientos verticales y horizontales del elemento forjado durante la operación de pretensado. El moldaje deberá ser diseñado para minimizar moderadamente el acortamiento elástico en la operación de pretensado. Por ejemplo, componentes pequeños del plano o tiras cortadas que puedan ser removidos o destruidas para remediar carga en moldajes laterales así como también para eliminar su contención durante el pretensado. En todos estos casos refrenamiento para el encogimiento del hormigón deberá ser obligado a cumplir un mínimo, y las deflexiones de miembros debido a la fuerza de pretensado y la deformación elástica del moldaje o andamio deberá ser considerada en el diseño y extracción de los moldajes.

7.5.2.3 Cuidado deberá ser ejercitado con el post-tensado de losas para asegurar que las alzaprimas soportantes no caigan hacia fuera debido a la ascensión de la losa durante el tensado. Para las estructuras grandes donde las cargas muertas del miembro permanezcan en el moldaje durante el pretensado, el desplazamiento de la carga muerta hacia los extremos de los soportes deberán consideradas en el diseño de los moldajes y alzaprimado incluyendo durmientes u otro soporte de fundación.

7.5.3 Accesorios de construcción – Dispositivos de ajuste (hold-down) o desajuste (push-down) para los cables deflectados o hebras deberán ser provistas en la cama de vaciado o en los moldajes. Todos los orificios, compensaciones, aberturas, y cualquier otro ítem deberán ser provistos en el moldaje. Las láminas soportantes, ensambles de anclajes, acero pretensado, conductos, tubos cerrados, y dispositivos de ascensión mostrados o especificados para ser colocados en el hormigón deben

estar exactamente ubicados en las plantillas del moldaje y anclados para permanecer dentro de las tolerancias dadas en planos del contrato y las especificaciones. La calidad y la resistencia de estos accesorios deberán ser como especificadas.

7.5.4 Tolerancias - las tolerancias sujetas para trabajos de premezclado in situ y miembros de hormigón premezclado de pretensado fabricados en planta serán dadas en ACI 117 y el reporte de tolerancias*.

7.5.5 Disposiciones generales para curado y seguridad para trabajadores – donde se requiera lograr la reutilización temprana de los moldajes, las disposiciones deberán ser hechas para usar tal proceso de curado acelerado como el curado al vapor, proceso de vacío, y otros métodos aprobados.

Los protecciones de seguridad deberán ser provistas al final de los anclajes de la base del pretensado o donde sea necesario para la protección de trabajadores o el equipo en contra de la posible rotura del pretensado de hebras, cables, u otras ensambles durante el pretensado u operación de vaciado.

7.6 Construcción de moldajes para hormigón prefabricado

7.6.1 Discusión - Este tipo de moldaje es usado para elementos de hormigón prefabricado que pueden ser tanto soportante como no soportante de carga para usos estructurales o arquitectónicos.

7.6.2 Construcción - las riostras exteriores sólo deberán ser usadas cuando el metal expuesto o tronera resultado del uso de amarras de metal podrían presentar una apariencia objetable.

Para asegurar la uniformidad de apariencia en los miembros lanzados o las unidades, particularmente en unidades adyacentes donde las diferencias en textura y/o el color sean visualmente apreciables, deberá tenerse cuidado para que las superficies de contacto o moldajes o forros del moldaje sean de calidad y textura uniforme.

El aceite del moldaje o recubrimientos retardantes (que no dejen manchas, si es requerido) deberá ser aplicado uniformemente y de concordancia con las recomendaciones de los fabricantes para esta clase particular de trabajo.

* "Tolerancias para el hormigón prefabricado y pretensado" 1985, disponible del Instituto de Hormigón Pretensado, Chicago.

7.6.3 Accesorios - es particularmente importante en esta clase de trabajo que los mecanismos positivos y rígidos sean usados para garantizar colocación correcta de los refuerzos. Todas las aberturas, resaltos (offsets), insertos, anillos de levante, y los dispositivos de conexión requeridos para ser colocados en el hormigón deban ser exactamente localizados y seguramente anclados en el moldaje.

Las superficies terminadas de miembros deberán estar libres de anillos de levante y otros artículos de edificación donde el mismo estará al descubierto, interferirá con la localización correcta de miembros premezclado u otros materiales, o estará sujeto a la corrosión. Tales artículos deberán estar removidos de tal modo que ningún metal remanente estará sujeto a la corrosión.

La calidad y la resistencia de estos accesorios serán requeridas por los planos del contrato y especificaciones, pero los dispositivos de ascensión (gatas) u otros accesorios no requeridos en los planos del contrato son la responsabilidad del contratista.

7.6.4 Tolerancias - las tolerancias sugeridas para la construcción del hormigón prefabricado están listadas en ACI 117.

7.6.5 Remoción de moldajes - los miembros prefabricados o las unidades deberán ser removidas del moldaje sólo después de que el hormigón haya alcanzado la resistencia especificada como la determinada por el campo de curado de los cilindros o vigas y el historial de curado del hormigón.

Donde se requiera permitir la reutilización temprana de los moldes, las disposiciones pueden ser hechas para usar procesos de curado acelerados tales como vapor de curado, procesos de vacío, u otros métodos aprobados.

Los métodos de unidades de ascensión prefabricada de los moldajes deberán ser aprobados por el ingeniero/arquitecto.

7.7 Uso de hormigón prefabricado para moldajes

7.7.1 Discusión - los paneles de hormigón prefabricado o moldes han sido usado como moldes para hormigón fraguado in situ y hormigón prefabricado, ya sea como moldes permanentes integrados o como moldajes removibles reutilizables. Estos han sido usados tanto como hormigón estructural y arquitectónico, diseñado ya sea como compuesto estructuralmente con el material de vaciado en su sitio o meramente para proveer una calidad deseada de superficie exterior, y en algunos casos para servir a ambos de estos propósitos. Las unidades de moldaje de hormigón pueden ser ya sea planas, reforzadas, o pretensadas, fraguado en fábrica o en el sitio de trabajo. El uso

más común de unidades de moldaje de hormigón prefabricado han sido para losas elevadas que actúan compuestamente con hormigón de acabado sobre ellas.

7.7.2 Diseño

7.7.2.1 Responsabilidad por el diseño - Donde los moldes integrados deban actuar en conjunto con el hormigón estructural, el panel de moldaje deberá ser diseñado por el ingeniero/arquitecto quién deberá indicar qué soporte externo adicional es requerido para los moldajes permanentes. Para que los moldajes permanentes diseñados principalmente para lograr un efecto arquitectónico deseado, el ingeniero/arquitecto puede especificar el acabado de la superficie y el espesor mínimo deseado del material arquitectónico. El diseño y el lay-out de los moldajes temporales y sistemas de soporte normalmente deberán ser la responsabilidad del contratista.

7.7.2.2 Conexiones - los detalles de conexión deberán ser planificados para sobreponer a problemas de unión de miembros prefabricados entre sí y con la estructura existente.

7.7.2.3 Adherencia de moldajes de hormigón a estructuras de hormigón - la unión efectiva entre la unidad de moldaje prefabricado y el hormigón estructural es esencial, y puede ser logrado por:

(1) tratamiento especial tales como acanalar o darle aspereza a la superficie del moldaje en contacto con la estructura de hormigón; (2) el uso de dispositivos de anclaje extendidos a lo largo de la interfase entre el panel del moldaje y la construcción de hormigón; y (3) la combinación de (1) y (2). Los ganchos de ascensión en la unidad de moldajes puede ser diseñados para servir también como anclaje o conectores de esfuerzo al corte.

7.7.2.4 Requisitos de código – los moldajes de hormigón prefabricado usados en el diseño compuesto con hormigón vaciado en sitio deberán ser diseñados en conformidad con el “Código de requisitos para hormigón reforzado,” (ACI 318).

7.7.3 Durante y después del hormigonado

7.7.3.1 Vibración - la consolidación a cabalidad del hormigón vaciado en sitio es requerido para prevenir los vacíos los cuales podrían interrumpir la ligazón del moldaje a la estructura de hormigón, pero con suficiente cuidado para prevenir daño de los paneles de hormigón por el contacto con vibradores.

7.7.3.2 Protección del acabado arquitectónico – se tener cuidado para evitar derrames en el hormigón fresco en superficies expuestas, y cualquier hormigón derramado o filtraciones deberán ser completamente removidos antes de que se

halla endurecido. Después del hormigonado, la protección de las superficies del moldaje de hormigón arquitectónico prefabricado deberán ser consideradas.

7.8 Moldajes de hormigón colocado bajo el agua

7.8.1 Discusión - hay dos enfoques básicos para el problema del hormigón colocado bajo el agua. El hormigón puede ser mezclado en la manera convencional y entonces puede colocarse por métodos especiales, o el método de agregados precolocados pueden ser utilizados.

En el primer enfoque, la colocación puede ser realizada por bombeo, cubo submarino, o el más común de los bombeos por tubería (*tremie*). Este último es una tubería de acero, suspendida verticalmente en el agua, con una tolva unida al extremo superior sobre la superficie del agua. El extremo inferior de la tubería se extiende hasta el fondo del área a ser hormigonada. Esta tubería es cargada con hormigón desde la superficie, teniendo cuidado de forzar cualquier agua desde la tubería. Una vez que la tubería se llena con hormigón, se mantiene llena y el extremo inferior se debe mantener sumergido en el hormigón fresco.

En el segundo enfoque, los moldajes se llenan de agregado grueso la cual está entonces con lechada a fin de que los vacíos alrededor del agregado se llenen. La lechada se introduce desde el fondo y el agua se desplaza hacia arriba.

7.8.2 Cubo bajo agua y bombeado con tubería (*tremie*)

7.8.2.1 Diseño – los moldajes para hormigonado submarino son diseñados con las mismas consideraciones que otros moldajes abordados en la sección 2.2 excepto que la densidad del hormigón sumergido puede ser disminuida por el peso del agua desplazada. Sin embargo, debido a grandes presiones las cuales pueden desarrollarse debido al cabezal desarrollado en el bombeado con tubería, las cargas deberán ser evaluadas por personas experimentadas en este tipo de trabajo. Algunos diseños han ignorado los efectos de la inmersión, porque esto resulta en un diseño práctico la cual está suficientemente robusto para resistir los rigores adicionales de condiciones submarinas.

En las zonas de marea, los moldajes deberán diseñados para el nivel de agua mínimo posible. Los cambios en los esquemas de construcción pueden transformar una colocación sumergida planeada en una hecha sobre el agua, perdiendo así la presión de agua compensada.

7.8.2.2 Construcción – los moldajes submarinas deberán ser construidos en la superficie en grandes unidades mientras sea posible, debido a que la posición final y adecuada colocación por diversos buzos es lenta y costosa. Por esta razón, las

fundaciones deberán ser mantenidas en formas simples, y los moldajes deberán ser libres de arrostros complejos y detalles de conexión. Amarras transversales, las cuales pueden interferir con la colocación del hormigón deberán ser evitadas, en tanto sea posible.

Los moldajes deberán ser cuidadosamente calzados y asegurados con los materiales y/o construcción adyacentes para evitar pérdida de lechada bajo la presión del agua. Si existe, entonces algún flujo atravesando el moldaje, las aberturas pequeñas en los moldajes deberán ser evitadas puesto que permitirán el lavado o pérdida del hormigón fresco.

Cuando se pretenda permitir derramar hormigón fuera del moldaje y luego pulir el excedente, es esencial que el moldaje se posicione en el grado correcto y se detalle con el fin de que el derramamiento no interfiera con el método propuesto y dispositivos para desmoldar.

Los moldajes deberán estar bien detallados, y tales detalles deberán ser escrupulosamente seguidos a fin de que los diversos empleados para remover el moldaje puedan visualizar y puedan planear su trabajo antes de descimbrar.

Los moldajes multiuso pueden tener dispositivos especiales para posicionar los moldajes desde fuera del agua con dispositivos especiales de desmolde como gatos hidráulicos los cuales permiten liberar el moldaje desde la superficie.

7.8.3 Agregados premezclados

7.8.3.1 Diseño - El moldaje deberá ser diseñado con las mismas consideraciones como las mencionadas previamente en la sección 7.2.2, manteniendo el propósito de condición de inmersión.

7.8.3.2 Construcción - es importante para asegurar que el sedimento quede excluido de los moldajes porque los sedimentos asfixian los vacíos en los agregados e interfieren con el flujo de la lechada. Si queda adherido al agregado, puede reducir la ligazón entre el agregado y la lechada.

La inspección de los moldajes antes de la colocación del hormigón debe asegurar que los perímetros de los moldajes estén efectivamente sellados contra la fuga de lechada o la intrusión de sedimentos u otros fines.

CAPÍTULO VIII

8.0 REFERENCIAS

8.1 Referencias Recomendadas

Documentos de varias organizaciones normativas cuyos procedimientos sean recomendados en esta guía están listado a continuación con su designación serial, incluyendo el año de adopción o revisión. Los documentos listados son las versiones actualizadas en el momento en que esta guía se preparó. Dado que algunas de las recomendaciones citadas están frecuentemente revisadas, generalmente en menor detalle, el lector de esta guía deberá comprobar con la organización patrocinadora si es deseable referirse a la última revisión.

Instituto Americano del Hormigón

116R-85	Cemento y Terminología del Hormigón
117-81	Tolerancias Standards para el Hormigón Construcción y Materiales
207.1R-70	Hormigón en masa para presas y otras Estructuras Macizas
224R-80 (Revisado 1984)	Control de Grietas en Estructuras de Hormigón
303R-74 (Revisado 1984)	Guía Práctica de Hormigón Arquitectónico vaciado en sitio
304.1R-69	Hormigón con agregados Premezclados para Estructuras y Hormigón en masa
304.2R-71 (Revisado 1982)	Métodos de Colocación del Hormigón por bombas
305R-77 (Revisado 1982)	Hormigonado con climas calurosos

306R-78 (Revisado 1983)	Hormigonado con climas fríos
309.2R-82	Identificación y Control de Defectos de Superficies de Consolidación-relacionado en Moldajes de Hormigón
313-83	Recomendaciones Prácticas para Diseño y Construcción de hormigones de Depósitos, Silos, y Búnker para Almacenar Material Granular
318..83	Código de Requisitos para la Construcción de Hormigón Reforzado
332R-84	Guía para Residenciales de Construcción de Hormigón Vaciado en su sitio
344R-70 (Reaprobada 1981)	Diseño y Construcción de Estructuras Circulares de Hormigón Pretensado
347.1R-69	Unidades de Hormigón prefabricado usado como Hormigón Vaciado en sitio
359-83	Código de Hormigón para Reactor Vessels y Contenedores

Instituto Nacional Americano de Normas

A48.1-1985	Moldaje para Hormigón One-way de Juntas de Construcción
A48.1-1985	Moldaje para Hormigón Two-way de Juntas de Construcción
A58.1-1982	Cargas de Diseño Mínimo para Construcción y otras Estructuras
A208.1-1979	Mat-Formed Wood Particle Board

Asociación Americana de Madera Contrachapada

Especificación de Diseño de la Madera Contrachapada
1985

ASTM

446-76

(Reapproved 1979)

Especificación standart del para Acero Sheet, Capa-Zinc
(Galvanizado) por el proceso Hot-Dip, Calidad Estructural
(Física)

C 532-66

(Reaprobado 1979)

Especificación para Estructuras de Tableros de Aislantes
(Fibra Celulósica)

Asociación canadiense de Normas

CAN3-086-M80

Código para Diseño de Ingenieros en Madera

Asociación Nacional de Productos Forestales

Especificaciones de Diseño Nacional en la Construcción de
Madera, 1982

Departamento de Comercio EE.UU.

LLB-810A

Revestimientos de Moldajes para Hardboard de Hormigón
(Recomendación Práctica Simplificada)

PS1-83

Construcción e Industria de Madera Contrachapada

PS20-70

Softwood Americano de Madera

Estas publicaciones pueden ser obtenidas de las siguientes organizaciones:

Instituto Americano del Hormigón

P.O. Caja 19150

Detroit, MI 48219-0150

Institute Nacional Americano de Normas
1430 Broadway
Nueva York, New York (NY) 10018

Asociación Americana de la Madera Contrachapada
P.O. Caja 11700
Tacoma, Washington (WA) 98411

ASTM
1916 Ponen a competir a St.
Philadelphia, Pensilvania (PA) 19103

Asociación Canadiense de Normas
178 Rexdale Blvd.
Rexdale, Ontario M9W 1R3
Canadá

Asociación Nacional de Productos Forestales
1250 Connecticut Ave., NW
Washington, CD 20036

U.S. El departamento de Commerce
Las publicaciones disponibles de:
U.S. Oficina de Impreso de Gobierno
Washington, CD 20402

8.2 Referencias Citadas

Las fuentes de información adicional en las cuales las recomendaciones del comité se basan están listadas en las secciones 1.5, 2.9, y 4.5

Este reporte fue sometido a voto de la carta del comité y fue aprobado de conformidad con los procedimientos de votación ACI.

8.2.1 Apéndice: Equivalentes métricos y S.I.

8.2.1.1 Factores de Conversión

<u>Para convertir de</u>	<u>a</u>	<u>multiplicar por</u>
pulgadas (in.)	centímetros (cm)	2.54
pulgadas (in.)	milímetros (mm)	25.4
pie (ft)	metros (m)	0.3048
millas	kilómetros (km)	1.609
libras-fuerza (lb)	kilógramos-fuerza (kgf)	0.4536
kilógramos-fuerza	Newtons (N)	9.807
libras - fuerza (lb)	Newtons (N)	4.448
libras - fuerza por pie lineal (lb/ft)	kilógramos-fuerza por metro (kgf/m)	1.448
libras - fuerza por pulgada cuadrada (lb/in. ²)	newtons por metros (N/m)	14.59
libras - fuerza por pulgada cuadrada (lb/in. ²)	kilógramos-fuerza por centímetros cuadrados (kgf/cm ²)	0.0703
libras - fuerza por pulgada cuadrada (lb/in. ²)	kilopascales* (kPa)	6.895
libras - fuerza por pie cuadrado (lb/ft ²)	kilógramos-fuerza por metros cuadrados (kgf/m ²)	4.882
libras - fuerza por pie cuadrado (lb/ft ²)	kilógramos-fuerza por centímetros cuadrados (kgf/m ²)	0.0004882

libras - fuerza por pie cuadrado (lb/ft ²)	kilopascales (kPa)	0.04788
libras -masa por pie cúbico (lb/ft ³)	kilógramos por metro cúbico (kg/m ³)	16.02
temperature, Fahrenheit (F)	temperature, Celsius (C)	use: $t_c = (t_f - 32) / 1.8$

* Un newton por metro cuadrado es un pascal.

8.2.1.2 Conversiones de ecuaciones no homogéneas

Sección 2.2.2 – Presión lateral del hormigón (equivalente métrico)

$$P_M = 0.24 \times h_M \quad (2-1)$$

a. Para columnas:

$$P_M = 0.073 + (8.0 \times R_M) / (T_C + 17.8) \quad (2-2)$$

(máximo de 1.47 kgf/cm² ó 0.24 x h_{SI} , cualquier otro es menor)

b. Para muros, la razón de colocación no excederá de 2 m/hr

$$P_M = 0.073 + (8.0 \times R_M) / (T_C + 17.8) \quad (2-2a)$$

(máximo de 0.98 kgf/cm² ó 0.24 x h_{SI} , cualquier otro es menor)

c. Para muros, la razón de colocación de 2 a 3 m/hr

$$P_M = 0.073 + (11.48) / (T_C + 17.8) + (2.49 \times R_M) / (T_C + 17.8) \quad (2-3)$$

(máximo de 0.98 kgf/cm² ó 0.24 x h_{SI} , cualquier otro es menor)

Donde:

P_M = presión lateral, kgf/cm²

R_M = tasa de colocación, m/hr

T_C = temperatura del hormigón en el molde, °C

h_M = altura del hormigón fresco sobre el punto considerado, m

Sección 2.2.2 – Presión lateral del hormigón (equivalente S.I.)

$$P_{SI} = 23.5 \times h_{SI} \quad (2-1)$$

a. Para columnas:

$$P_{SI} = 7.2 + (785 \times R_{SI}) / (T_C + 17.8) \quad (2-2)$$

(máximo de 144 kPa ó 23.5 x h_{SI} , cualquier otro es menor)

b. Para muros, la razón de colocación no excederá de 2 m/hr

$$P_{SI} = 7.2 + (785 \times R_{SI}) / (T_C + 17.8) \quad (2-2a)$$

(máximo de 95.8 kgf/cm² o 23.5 x h_{SI} , cualquier otro es menor)

c. Para muros, razón de colocación de 2 a 3 m/hr

$$P_{SI} = 7.2 + (1156) / (T_C + 17.8) + (244 \times R_{SI}) / (T_C + 17.8) \quad (2-3)$$

(máximo de 95.8 kgf/cm² o 23.5 x h_{SI} , cualquier otro es menor)

Donde:

P_{SI} = presión lateral, kPa

R_{SI} = razón de colocación, m/hr

T_C = temperatura del hormigón en el molde, °C

h_{SI} = altura del hormigón fresco sobre el punto considerado, m

Sección 7.3.2.4 – Presión lateral del hormigón (equivalente métrico)

La presión lateral del hormigón fresco para ser usada en diseñar moldajes, amarras, arrostramiento, y carreras pueden ser calculadas como sigue:

$$P_M = C1 + (5.35 \times R_M) / (T_C + 17.8)$$

Donde:

$C1 = 0.05$

P_M = presión lateral, kgf/cm²

R_M = reprende a gritos de colocación, m/hr

T_C = temperatura del hormigón en los moldajes, °C

Sección 7.3.2.5 – Presión lateral del hormigón (equivalente SI)

La presión lateral del hormigón fresco para ser usada en diseñar moldajes, amarras, arrostamiento, y carreras pueden ser calculadas como sigue:

$$P_{SI} = C_1 + (524 \times R_{SI}) / (T_C + 17.8)$$

Donde:

$$C_1 = 4.79$$

P_{SI} = presión lateral, kPa

R_{SI} = razón de colocación, m/hr

T_C = temperatura del hormigón en los moldajes, °C

SEGUNDA PARTE

**ESTUDIO Y APLICACIÓN DE MOLDAJES EN
EMPRESAS CONSTRUCTORAS REGIONALES Y NACIONALES**

CAPITULO I

1.0 Moldajes para Hormigón

1.1 Actualidad Nacional

Actualmente, el hormigón es uno de los materiales más utilizados en la construcción, y además, se proyecta que siga siendo un material de importancia en la construcción de edificaciones y obras civiles. Por ello, este trabajo presentará diferentes alternativas tecnológicas para moldajes de este material. Sin la intención de abordar con profundidad temas tales como el diseño, o presentar recomendaciones para mejorar la seguridad en la construcción de este tipo de elementos.

La utilización de moldajes en la construcción de hormigón es fundamental en una serie de aspectos, siendo especialmente importantes que estos se manejen de manera adecuada para obtener las productividades estimadas originalmente. Adicionalmente, la productividad de la obra gruesa en las edificaciones se ve altamente afectada por los rendimientos de los moldajes (Bascuñan, 1995).

Como en todos los casos de selección de equipos, materiales y técnicas constructivas, se deberán analizar las diferentes alternativas para completar los objetivos, a fin de considerar los costos globales de construcción que cada uno de estos métodos genere. Los costos que deberán ser considerados incluyen: costos de instalación y desmolde, equipo necesario para movilizar los moldajes, eficiencia de las cuadrillas requeridas en las operaciones de hormigonado, enfierradura, etc. y claridad respecto del modo en que los moldajes seleccionados influirán en la programación general de la obra. Tres áreas son fundamentales de abordar para obtener ventajas económicas de la selección de un determinado tipo de moldajes (Hurd, 1989): (i) *Planificación para la máxima reutilización de moldajes*; (ii) *economía en la instalación de moldajes*; (iii) *Eficiente instalación y desmolde*.

El costo dependerá además, del material y de la sofisticación de los moldajes a utilizar, así como de la opción de compra o arriendo del equipo. A lo largo de este capítulo, se presentan diferentes tipos de moldajes y los escenarios apropiados para su aplicación.

1.1.1 Situación Normativa y Reglamentaria

En Chile no existen normas sobre los moldajes, ni tampoco sobre ningún aspecto de éstos, sólo cómo debe quedar el acabado final, por lo tanto, el cliente no sabe cuál es la solución correcta hasta que no ve el resultado final de la obra.

En Europa existen normas relacionadas con las deformaciones admisibles de los moldajes para aplicaciones en elementos verticales y horizontales. La más relevante es la norma DIN 18202 que clasifica los moldajes según la deformación máxima. Otras normas existentes dicen relación con puntales telescópicos de acero y moldajes verticales. Esta situación normativa no nos debe extrañar, ya que la tendencia actual es por desempeño, lo que consiste en establecer mediante códigos de comportamiento los requisitos de tolerancias admisibles y después comprobar que se cumplen, y no encontrarse atado a unas recomendaciones normalizadas que podrían limitar la introducción o innovación de tecnología.

Conscientes de esta realidad el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile-ICH, ha estado trabajando con el Comité de Tolerancias Dimensionales y Moldajes, en la generación de recomendaciones para desmolde y descimbre y en especificaciones de tolerancias admisibles para diferentes tipos de obras.

1.1.2 Tendencia

Una clara tendencia está orientada hacia sistemas de moldajes de mayor tamaño, que pueden ser movidos en ensambles con grúas de gran capacidad, que permitirán mover menos cantidades de piezas, optimizando el periodo de arriendo de grúas y reduciendo la mano de obra, lo que confiere mayor eficiencia a un menor costo total.

En relación con los materiales, se va vislumbrando un mayor uso del acero galvanizado y del aluminio, lo que asegura calidad y años de servicio sin que se oxiden, con bajos costos de mantención. Por otro lado la reducción de costos también es considerada en las obras con hormigón a la vista, en donde los contrachapados fenólicos muestran enormes ventajas por la excelente calidad que entregan a la superficie del hormigón. Estos resultados se manifiestan como un producto terminado durante la construcción de la obra gruesa, lo que requerirá nuevos conocimientos, destrezas y cambios de actitud en los trabajadores.

Desde el punto de vista del mercado, la tendencia actual está orientada al arriendo, debido al costo de los equipos y porque esta modalidad permite acceder a una garantía y al servicio adicional que entregan las empresas, en el sentido de responsabilizar a la empresa proveedora por el desarrollo de planos que permitan facilitar el uso correcto del moldaje, visitas a la obra y capacitación de los trabajadores.

1.1.3 Impacto

El impacto en la industria de la construcción tiene que ver con la característica de los sistemas de moldajes industrializados que son capaces de dar variadas soluciones que en general se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Facilidad y rapidez de montaje, con pocas piezas para unir, alinear y eliminar el calafateo.
- Proporcionar las formas geométricas solicitadas dentro de un buen rango de tolerancia.
- Ofrece terminación superficial lisa, de acuerdo al material que se emplee para la cara de contacto, sello entre paneles y la aplicación correcta de un buen agente desmoldante.
- De acuerdo a su diseño o reforzamiento, tiene la capacidad para soportar mayores presiones ejercidas en elementos esbeltos, especialmente cuando se emplea hormigón autocompactante.
- Posibilidad de utilizar “form liners” o láminas con relieve que se fijan al panel y que permiten obtener superficies texturadas.
- Adaptación del sistema de moldaje para la ejecución de proyectos especiales, como por ejemplo, túneles que, por sus dimensiones y dificultad en el acceso, sólo se pueden llevar a cabo con la instalación de paneles manuales o con sistemas de modulaciones tubulares de sección completa con auto-desplazamiento. Otras aplicaciones son mesas de losas, que permiten un traslado e instalación completa del entramado de vigas junto a los puntales; también sistemas de trepado y autotrepado con desplazamiento parcial o continuo; voladizos para puentes, entre otros.

1.2 Clasificación de moldajes por el material a utilizar

1.2.1 Moldajes con tablas de madera:

La sección del material del cual los moldajes deberán estar constituidos, se basará en la máxima economía para el contratista, no sólo en cuanto a los costos directos de compra o arriendo de los moldajes, sino también, a los costos que demanda la utilización de un determinado tipo de moldaje. Esto implica considerar su productividad, el número de ciclos de reutilización, así como otros gastos relacionados indirectamente con ellos. Los primeros moldajes que se ejecutaron para la construcción fueron los de tablas de madera. Este tipo de moldajes está siendo usado cada vez con menor frecuencia debido a la gran cantidad de mano de obra

que se emplea en su confección, a su bajo nivel de utilización, a los tiempos requeridos para su utilización y descimbre, a la dificultad que implica su transporte, a los malos acabados que se obtienen en las superficies del hormigón, entre otras. Esto está produciendo que la industria tienda a utilizar la madera únicamente para elementos con formas muy complicadas o singulares. Los moldajes de madera también son preferidos por empresas constructoras muy pequeñas debido a la baja inversión inicial que implican, en comparación con otros sistemas.

Sin embargo, es posible utilizar moldajes en los que se use parcial o totalmente la madera, de manera de producir *moldajes prefabricados*. Estos podrán ser de *prefabricación estándar*, o de *prefabricación hecha a la medida*. En nuestro medio, por ejemplo, es posible encontrar moldajes livianos estructurados con fierro y con placas de madera recubiertas con resina fenólica (Catálogo de la Cámara Chilena de la Construcción, 1996), los cuales han tenido una gran acogida nacional e internacional, debido a sus buenos resultados (ver Figura 1).



FIGURA 1: Moldaje liviano estructurado en acero con placa de madera recubierta en resina fenólica con terminación lisa, marca Alsina.

También, cada vez son más comunes los moldajes para losas que consisten en una plataforma de madera y en un sistema estructural de metal que sirve como soporte y como instrumento para el transporte del moldaje. En estos casos, se puede trasladar el sistema completo haciéndolo rodar (si la etapa siguiente se desarrollara en el mismo nivel), o mediante una grúa (Catálogo de la Cámara Chilena de la Construcción, 1996), (ver Figura 2).



FIGURA 2: Moldaje con placa de madera, vigas secundarias, vigas principales y puntales: mesas voladoras. Marca Peri

1.2.2 Moldajes metálicos:

Hace mucho tiempo que los moldajes metálicos tomaron un rol importante como equipo para la fabricación del hormigón. Ellos cuentan con paneles de acero para una diversidad de moldajes, así como con marcos y abrazaderas metálicas utilizadas en la construcción de muchos moldajes que utilizan superficies de madera o playwood. Otras formas de estructuras de acero, así como canales, ángulos y vigas-I (ver figura 3), utilizados en la generación de marcos de otros sistemas estructurales de soporte, están tomando una importancia creciente. En realidad, este tipo de elementos cumplen funciones similares a las que cumple la madera, aunque el acero ofrece la posibilidad de trabajar con mayores luces, mayores cargas, y por supuesto, brinda una posibilidad mayor de reutilización de los mismos.

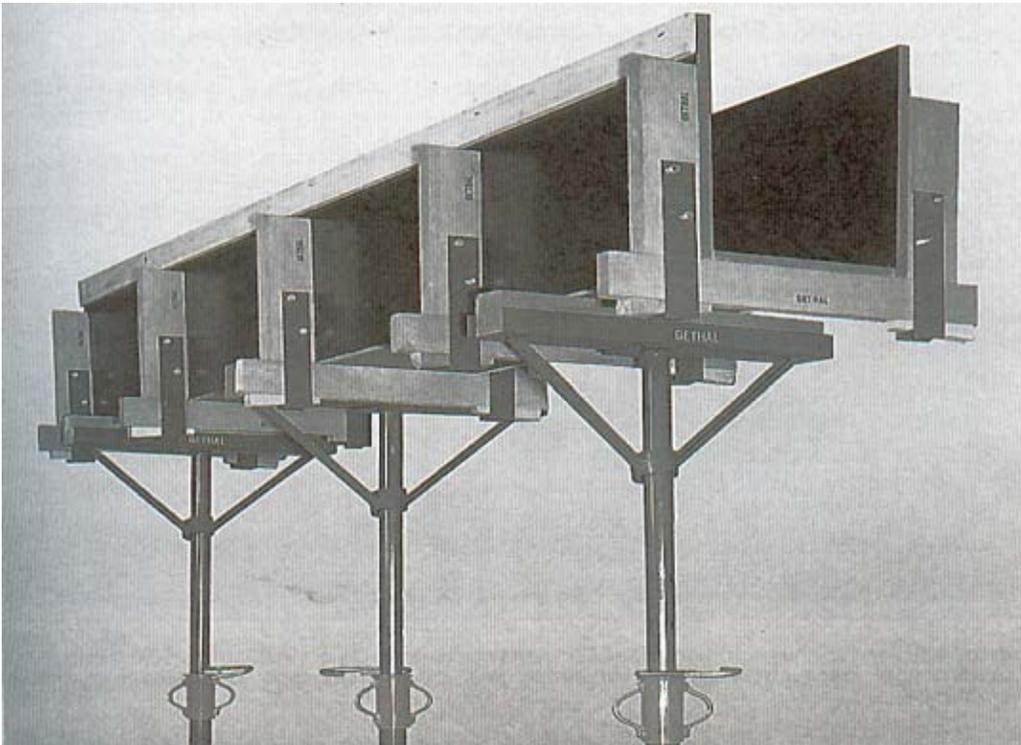


FIGURA 3: Elementos metálicos componentes de moldajes de hormigón, moldaje Ghetal. Cortesía Empresa DOM.

A continuación, se presenta un cuadro con las ventajas de la utilización de moldajes metálicos, y otro, con recomendaciones sobre los aspectos a ser considerados durante la utilización de este tipo de moldajes.

Tabla 2.1: Cuadro de ventajas de moldajes metálicos

<ol style="list-style-type: none"> 1. Se consigue una alta productividad y rapidez de ejecución. 2. Se consigue una superficie lisa y homogénea, la cual solo requerirá un pequeño empaste y pintura. 3. La cantidad de usos de moldaje puede llegar hasta 500 y 1000. 4. En muchos casos, tienen incorporados elementos de seguridad y andamios. 5. Considerando la economía total de la obra gruesa, éstos generan reducciones en los costos, comparados con los sistemas más tradicionales. 6. Son muy versátiles y presentan una gran adaptabilidad a diferentes diseños. 7. Es posible arrendarlos, por lo que no es necesaria una alta inversión inicial.
--

Tabla 2.2: Cuadro de aspectos que deberán ser considerados al utilizar moldajes Metálicos:

1. Mayor planificación y coordinación de las actividades de obra.
2. En general, se requiere de una mayor limpieza y orden para evitar retrasos y contingencias.
3. Al ser moldajes más caros, es necesario que se logren los rendimientos esperados (los cuales, generalmente, son altos), ya que de otra manera no se obtendrá la economía esperada.
4. En el caso de compra directa, se deberá considerar el tiempo de importación.

• **Moldajes de plástico reforzado con fibra de vidrio:**

Este tipo de moldajes ha alcanzado una aceptación considerable en los Estados Unidos y en Europa debido a su alta resistencia y a su bajo peso, a su capacidad de producir acabados superficiales de alta calidad, y a la de ser reutilizado en un número considerable de oportunidades.

1.2.3 Moldajes de aluminio:

Moldajes con componentes de aluminio, o enteramente conformados por éste también pueden ser encontrados en el mercado de los moldajes. Su mayor diferencia con otros materiales es que los moldajes de aluminio presentan un bajo peso, pero a la vez, se dañan con mayor facilidad. Su bajo peso permite mayor cantidad de piezas por concepto de transporte, se reduce el número de puntales que significa ahorro de tiempo y espacios más abiertos. Se estima que un solo hombre puede montar 40 m² en una hora.



FIGURA 4: Elementos de aluminio en losa. Gentileza PERI.

1.3 Clasificación de los moldajes por su funcionalidad:

1.3.1 *Moldajes conformados por pequeñas piezas desmontables:*

Este sistema de moldaje está compuesto por piezas pequeñas y livianas que, en general, no requieren de una grúa para transportarlas. Con este fin, se pueden utilizar materiales como la madera, el terciado, el plástico, el aluminio e incluso el acero (ver Figura 5). Este tipo de moldajes tiene la desventaja de que debe ser desarmado y armado tras su desmolde e instalación, por lo cual, su rendimiento es menor en relación a los sistemas que se mencionan en las secciones siguientes.



FIGURA 5: Moldajes conformados por pequeñas piezas desmontables. Cortesía Empresa PERI.

1.3.2 *Moldajes conformados por piezas modulares:*

Son elementos de longitudes modulares, que van unidos entre sí por pernos o pasadores. En general, están compuestos por elementos muy similares a los discutidos en el punto anterior, aunque en este caso se puede sacar provecho de su carácter modular, de modo de reducir los tiempos de descimbre, de manipuleo, transporte e instalación. En el caso de elementos verticales, la altura corresponderá generalmente a la de un piso y el ancho será de dimensiones estándar para cada fabricante.

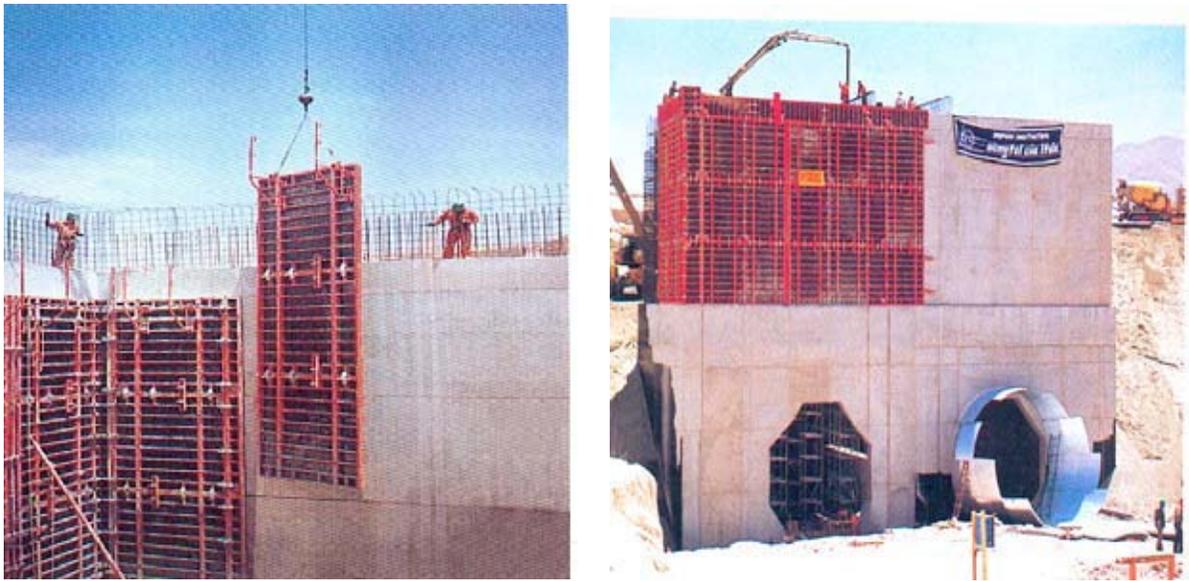


FIGURA 6: Moldajes conformados por piezas modulares.

Empresa constructora: Ocegtel Cia Ltda.

Asesoramiento del proyecto: PERI Chile.

Ubicación: Chuquicamata, a 2.800 m sobre el nivel del mar.

1.3.3 Moldajes monolíticos:

Estos moldajes, por lo general, son completamente metálicos y los diferentes elementos (superficie de contacto, rigidizadores, abrazaderas y otros dispositivos) son solidarios. Este tipo de moldaje se caracteriza por formar el hormigón en dos etapas: elementos verticales, como muros y pilares, elementos horizontales como

losas. Estos sistemas se basan en la utilización de elementos que permiten un trabajo muy rápido, con poco personal y que permiten obtener terminaciones muy buenas. Algunos de estos moldajes traen incorporado en su estructura los sistemas de protección, para que el operario trabaje en la parte superior con el capacho de hormigón, rodeado de pasarelas de seguridad. Adicionalmente, estos moldajes son versátiles, y se acomodan fácilmente a elementos de diferentes dimensiones.

Los *moldajes de pilares* pueden ajustar su altura a una gran variedad de tamaños. Los *moldajes de muros* son modulares en largo y alto. Traen incorporado todos los sistemas de protección y elementos auxiliares de trabajo para el personal tales como escalerillas, andamios, etc. Para complementar los equipos ya descritos, se cuenta con *mesas voladoras*, que son fáciles de desmoldar y que se complementan adecuadamente con los moldajes de pilares y muros. Este tipo de equipo es también muy versátil, debido a su facilidad para ajustar niveles y brindar contra-flechas. Finalmente, es importante mencionar que este tipo de moldajes facilita el descimbre, al permitir deformaciones, que aunque pequeñas, producen un espacio libre y se desmoldan sin mayor dificultad. Este factor, además de agilizar las operaciones, aumenta considerablemente la vida útil del moldaje al prevenir el uso de herramientas como el «diablo», que concentra la aplicación de carga solamente en el molde.



FIGURA 7: Moldajes monolíticos de muros. Cortesía Empresa PERI.

1.3.4 *Moldajes de una sola fase (túneles):*

El moldaje-túnel, o moldaje de una sola fase, combina los moldajes verticales para muros con los moldajes horizontales para losas, de modo que se pueda hormigonar simultáneamente estos dos tipos de elementos (ver Figura 8). Para ello,

se cuenta con gatas niveladoras y diagonales telescópicas, que dan contra-flecha y aploman al moldaje. Los moldajes trabajan en mitades, lo cual tiene dos efectos, el primero es aumentar la maniobrabilidad (hay que recordar las grandes dimensiones del moldaje): el segundo, es que se logra mantener la losa alzaprimada siempre, ya que primero se saca una mitad, y se colocan las alzaprimas antes de retirar la otra mitad (Bascuñán, 1995).

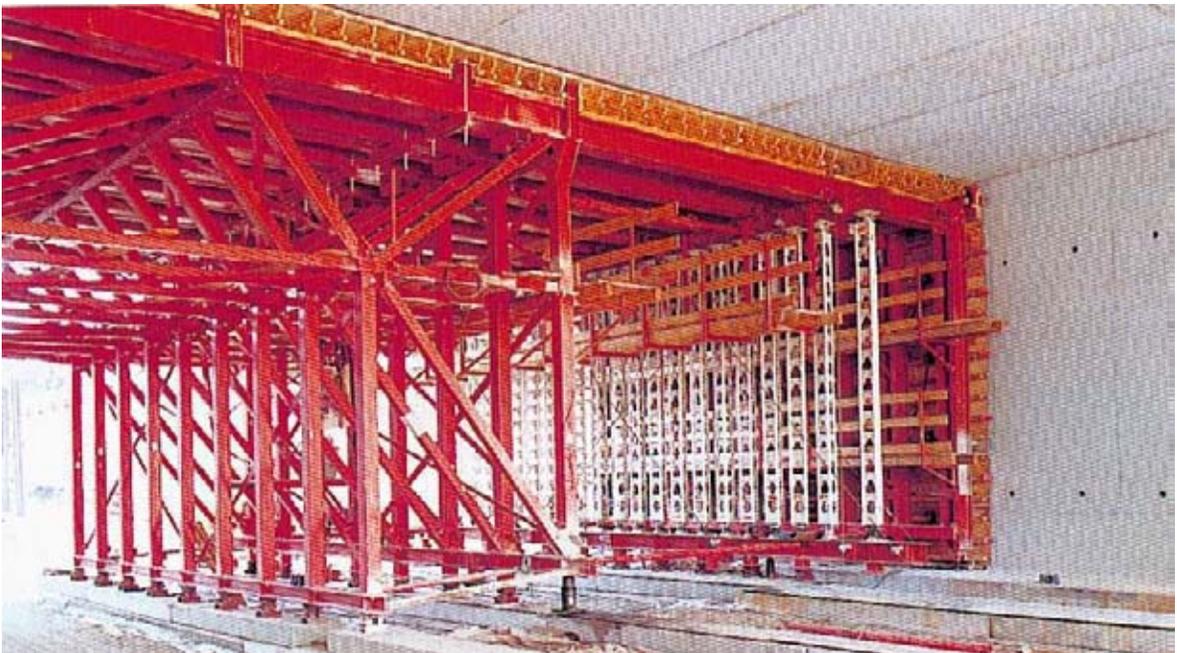




FIGURA 8: Moldajes de una sola fase (túneles). Hormigón visto con acabado de tabla machihembrada . Asesoramiento del proyecto: PERI Alemania

Este tipo de moldaje es también de acero. Los moldajes de acero tienen una vida útil muy superior a los otros sistemas, debido a todas las razones descritas en esta sección. Existen casos donde se les ha dado más de 1.000 usos, aunque se ha observado que, pasando los 500 usos, aproximadamente, los moldajes comienzan a mostrar imperfecciones en mayor o menor grado. Por otra parte, este tipo de moldajes se puede desmoldar de manera mucho más rápida que cualquier otro tipo de ellos, en especial, de los tradicionales. En algunos casos se calientan los moldajes, o se diseñan mezclas para obtener resistencias mayores de 28 días y poder desmoldar 14 horas después de haber hormigonado. Este tipo de moldajes permite lograr rendimientos de un piso (de aproximadamente 600 m² de planta), cada cuatro días de trabajo. Cabe mencionar, sin embargo, que los rendimientos están directamente relacionados con la cantidad de m² de moldaje con que cuenta la empresa, así como con el tipo de hormigón que esté usando.

Cabe mencionar, que para acceder a estos sistemas no es necesario que la empresa constructora incurra en una gran inversión, ya que existe la posibilidad de arrendarlos a un precio igualmente competitivo.

1.3.5 Moldajes deslizantes:

La utilización de moldajes deslizantes, conocida en inglés como “slip forming”, es de alguna manera similar a los procesos de extrusión. El hormigón en estado plástico es colocado o bombeado en los moldajes y cuando este ha fraguado el moldajes se traslada verticalmente (u horizontalmente), de modo que se pueda lograr la alimentación de hormigón fresco nuevamente. La velocidad con que se mueven los moldajes, depende de la velocidad a la cual el hormigón alcanza suficiente resistencia para mantener su forma al correr el moldaje. A pesar que es preferible que el trabajo se conduzca de manera continua, es posible detener el trabajo y luego reasumirlo, obteniendo juntas similares a las que se obtienen con métodos constructivos convencionales. Sin embargo, de conducirse el trabajo de manera continua no se producirán juntas frías. Pese a que los moldajes deslizantes se utilizan principalmente para silos, tanques de agua, etc., este tipo de moldaje también encuentra aplicaciones en la construcción de edificaciones (ver Figura 9).



FIGURA 9: Chimenea de central eléctrica, Dang Jin, Corea del Sur

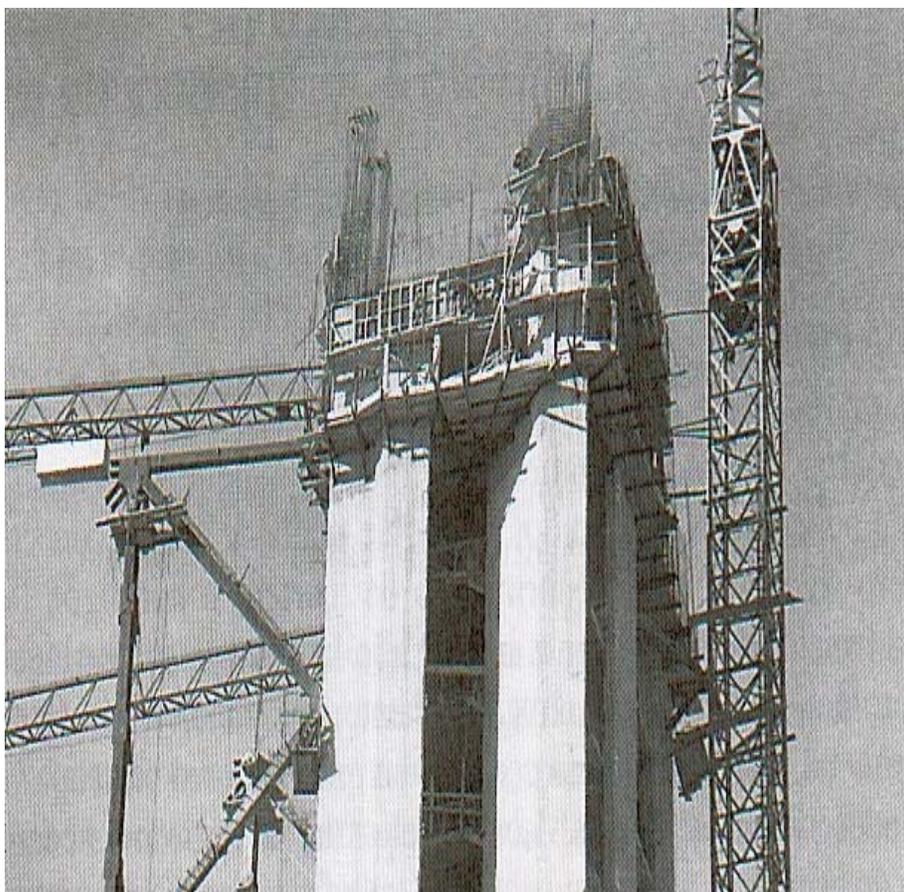


Figura 10: Moldajes deslizantes, Edificio de la CTC, Santiago, Chile.

Los moldajes verticales son generalmente movilizados mediante el uso de gatos hidráulicos que se montan sobre barras de acero lisas, y que quedan embebidas en el hormigón (ver Figura 4.30). Las ventajas de los moldajes deslizantes son su rapidez y su economía, además de brindar estructuras monolíticas sin juntas frías.

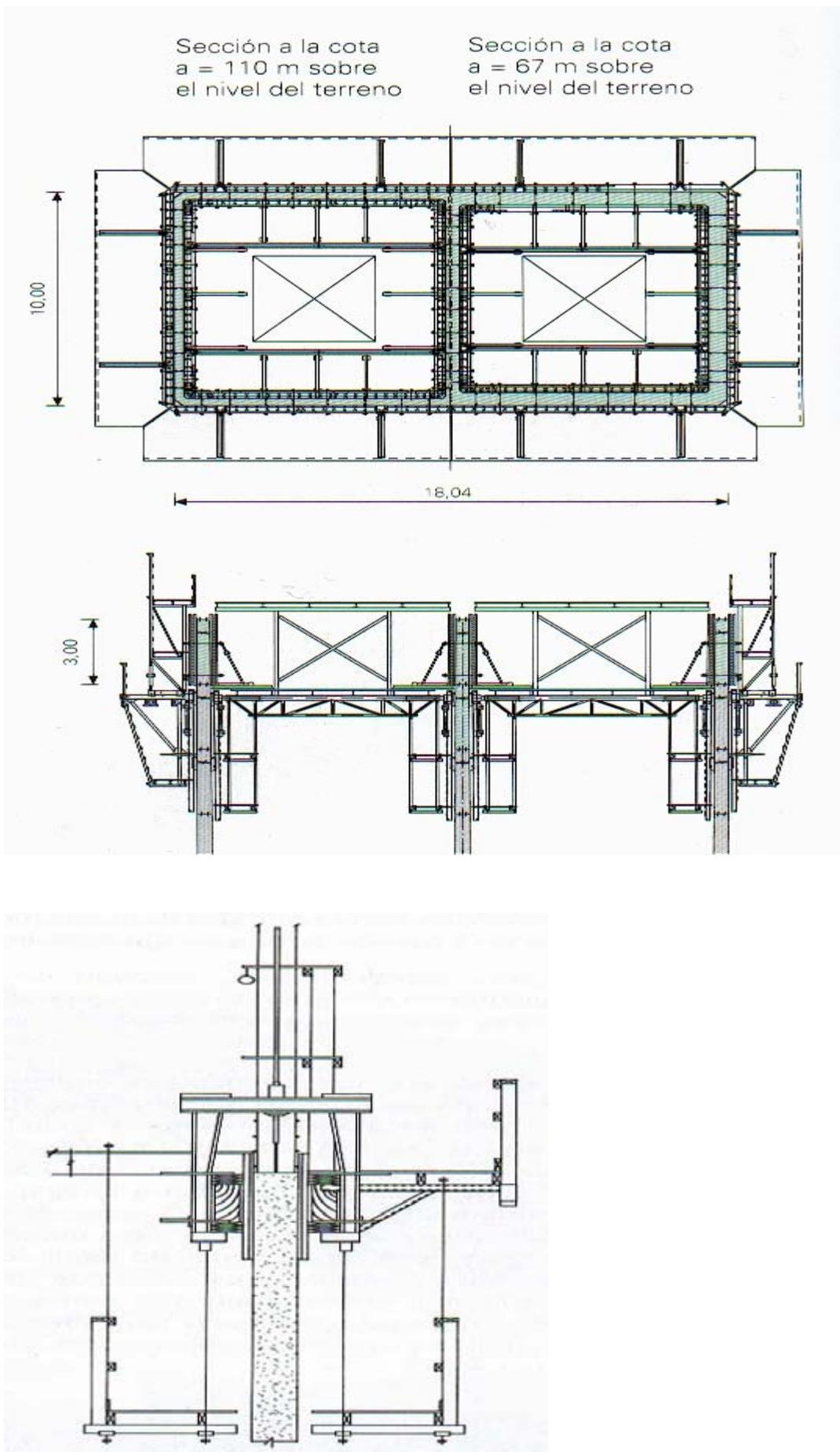


Figura 11: Detalle del funcionamiento de los moldajes deslizantes.

CAPITULO II

2.0 EXPERIENCIA PRACTICA

2.1 Introducción

Tras visitar algunas obras en proceso de construcción en la ciudad de Valdivia con el objeto de constatar en terreno las metodologías de construcción en relación con los procesos de encofrado, desencofrado, reapuntalamiento, así como también las posibles soluciones ante eventuales problemas técnicos, constructivos, geométricos, y de material de los moldajes.

Para reunir la información de estos procesos se elaboró una ficha técnica, y se tomaron fotografías en terreno. Sin embargo, ello no fue nada fácil. Aunque se obtuvo ayuda importante en algunos sitios de parte de los ingenieros y constructores a cargo de las obras, en otros lugares no hubo suficiente disposición a cooperar, ya que las personas encargadas de las obras no se manifestaban dispuestas a entregar mayor información acerca de estos procesos y los procedimientos que en ellas se ocupaban, por lo que la información recopilada en algunos casos es sólo parcial.

Lo anterior, no obstante, no fue obstáculo para detectar, que en muchos casos los encargados de la construcción proceden más sobre la base de su experiencia personal y la costumbre para desarrollar sus proyectos.

2.2 Aplicación in Situ

2.2.1 Construcción Edificio Estacionamiento “Fernández”

Ficha técnica:

Fecha: 23 de Octubre 2003

Empresa: Constructora Centro Ltda.

Tipo de obra: Estacionamiento “Fernández”

Ubicación: Camilo Henríquez esquina Arauco

Ciudad: Valdivia

Superficie total a hormigonar: 795 m² aprox.

Arriendo moldajes: Empresa PERI

Sistema: Multiflex

Etapas: Primera Etapa, losa de 22 cms de espesor, con superficie de 256m²

Tipo de hormigón: H-30

Tiempo de hormigonado: 6 hr

Tipo de moldajes: Alzaprimas y vigas, no incluye placa

Total arriendo moldajes: 880,12 Euros

Valor Euro: \$544,44

Total precio arriendo: \$ 479.173/mes (IVA incluido)

Total peso moldaje: 4.838,92 Kg

Cantidad de piezas: 386 unidades

Flete desde Santiago: \$300.000

Descripción: Colocación moldaje en sólo 11 hrs con 15 personas

Total H.H.: 165 hrs

Tipo de placa: Terciado moldaje 20 mm

Precio terciado marino: \$16.865

Total placas de terciado: 90 unidades

Total precio placas: \$1.517.850

Tiempo de desmolde losa: 21 días

A continuación, se muestra el tipo de presupuesto entregado por Moldajes PERI, la oferta considera 1/3 de la losa total, en este se puede observar que los elementos pertenecen en este caso al sistema Multiflex, cada elemento posee un código en el que se indica su largo, precio unitario y además se debe considerar su peso, que es muy importante al momento del transporte y su incidencia en los costos de la obra. El presupuesto viene evaluado en Euros y por el periodo de un mes.

Posteriormente, se mostrará el plano original en que se envió con la mejor solución para llevar a cabo el proyecto, y corresponde a la 1º etapa de la colocación del moldaje, con una superficie de 256 m². En este plano se observan las disposiciones de las vigas principales (o vigas longitudinales), con su respectivo código en el cual se indica el largo y sobre estas las vigas secundarias (o vigas transversales) que reciben directamente las placas de terciado, cabe destacar que se utilizó el mismo tipo de viga GT 24. Además se indica, la ubicación de los puntales permanentes (o puntal con cabezal) que se colocan con un trípode sólo como elemento auxiliar, por consiguiente, se colocan los puntales intermedios (o puntales con garra).

En el capítulo siguiente se terminará de explicar la colocación de moldajes a través de las fichas técnicas recomendadas por Moldajes PERI, y respaldado por fotografías tomadas en terreno.

EDIFICIO FERNANDEZ


DETALLE: Losa Estacionamiento

Desde Eje 1 hasta Eje 4-8

SISTEMA: Multiflex

1/3 de Losa Total (según conversación sostenida en Feria del Hormigón)

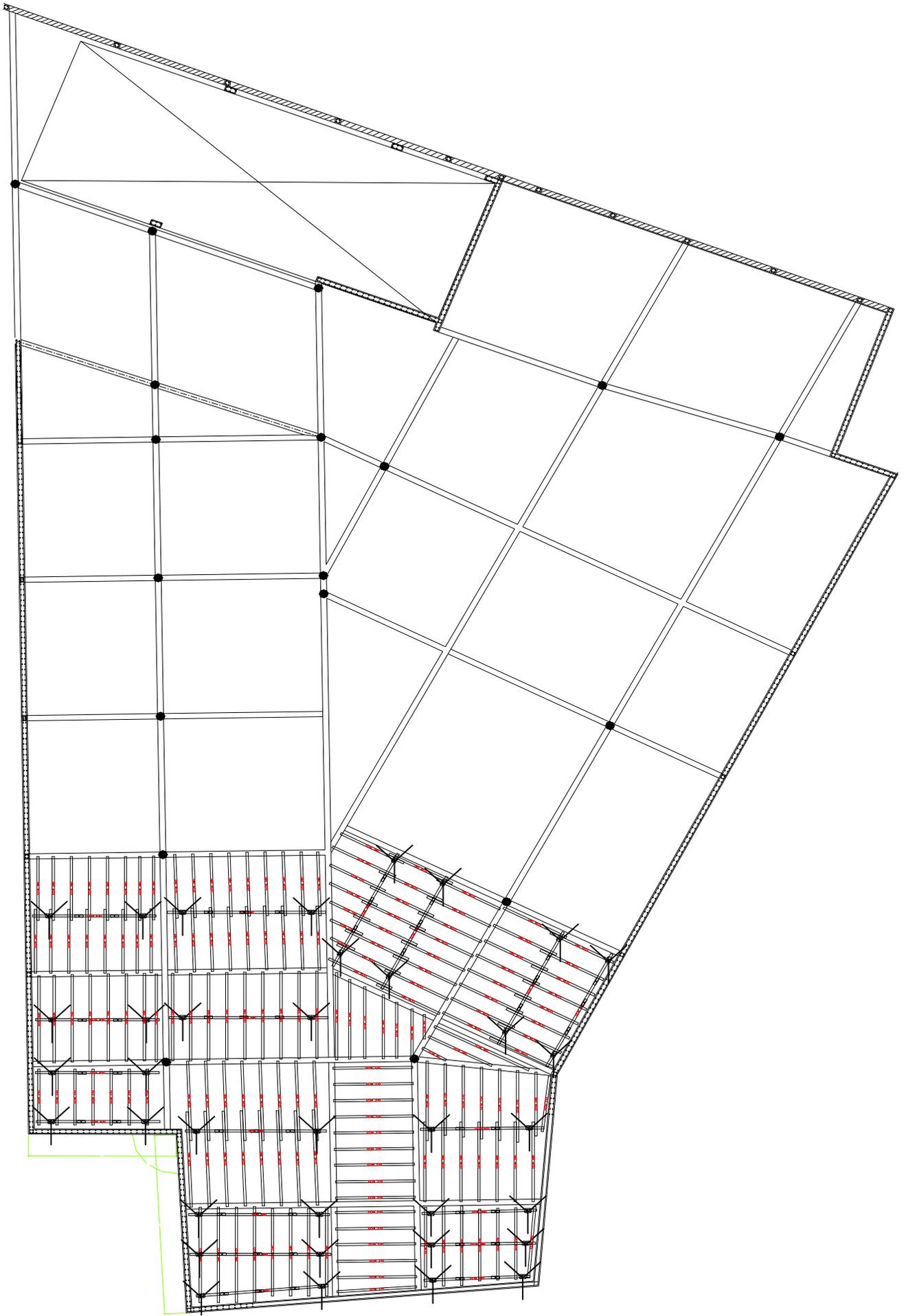
29-oct-03

CÓDIGO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN	UDS.	PRECIO	PESO	ÁREA	PRECIO	PESO UD.	ÁREA UD.
				UNITARIO	TOTAL	TOTAL	TOTAL		
				[EUROS]	[KG]	[M2]	[EUROS]	[KG]	[M2]
75100		PERI TRAEGER GT24 90	3	17,04	15,90	0,00	51,11	5,3	0
75120	VIGAS GT	VIGA GT-24 1.20M	1	24,42	7,10	0,00	24,42	7,1	0
75150	VIGAS GT	VIGA GT-24 1.50M	1	30,16	8,90	0,00	30,16	8,9	0
75180	VIGAS GT	VIGA GT-24 1.80M	2	36,12	21,20	0,00	72,23	10,6	0
75210	VIGAS GT	VIGA GT-24 2.10M	10	41,86	124,00	0,00	418,61	12,4	0
75240	VIGAS GT	VIGA GT-24 2.40M	71	47,61	1.008,20	0,00	3.380,05	14,2	0
75270	VIGAS GT	VIGA GT-24 2.70M	25	52,94	397,50	0,00	1.323,54	15,9	0
75300	VIGAS GT	VIGA GT-24 3.00M	20	58,69	354,00	0,00	1.173,74	17,7	0
75330	VIGAS GT	VIGA GT-24 3.30M	34	64,43	663,00	0,00	2.190,72	19,5	0
75360	VIGAS GT	VIGA GT-24 3.60M	2	70,38	42,40	0,00	140,77	21,2	0
75390	VIGAS GT	VIGA GT-24 3.90M	2	76,13	46,00	0,00	152,26	23	0
75420	VIGAS GT	VIGA GT-24 4.20M	5	81,46	124,00	0,00	407,32	24,8	0
75450	VIGAS GT	VIGA GT-24 4.50M	1	87,21	26,60	0,00	87,21	26,6	0
75480	VIGAS GT	VIGA GT-24 4.80M	7	92,96	198,10	0,00	650,69	28,3	0
75510	VIGAS GT	VIGA GT-24 5.10M	2	98,91	60,20	0,00	197,81	30,1	0
27890	PUNTAL - MULTIFLEX	CABEZAL 20-24 GALV.	36	14,02	112,32	0,00	504,72	3,12	0
28880	PUNTAL - MULTIFLEX	GARRA CABEZA 24/L GALV.	46	9,08	71,30	0,00	417,76	1,55	0
28730	PUNTAL - MULTIFLEX	PUNTAL PEP 20 N-260	82	57,52	1.234,92	0,00	4.716,63	15,06	0
27860	PUNTAL - MULTIFLEX	TRIPODE GALV.	36	46,18	323,28	0,00	1.662,55	8,98	0
			386		4.838,92	265,00	17.602,30		

RESUMEN DESCRIPCIÓN	SISTEMA	AREA TOTAL	PRECIO TOTAL
		[M2]	[EUROS]
Losa Estacionamiento	Multiflex	265,00	17.602,30
TOTAL		265,00	17.602,30
PRECIO VENTA POR M2			66,42

PRECIO DE ARRIENDO POR	tasa	5,00%	3,32
-------------------------------	-------------	--------------	-------------

PRECIO DE ARRIENDO TOTAL MENSUAL			880,12 [Euros/mes]
---	--	--	---------------------------



2.2.1.1 Apoyo Fotográfico

- Detalle viga principal y vigas secundarias, de madera. Moldajes PERI



- Detalle que muestra pequeñas cuñas que se usan para alzaprimar las vigas secundarias y posicionarlas en la cota requerida para recibir las placas de terciado



- Detalle Cabezal 20-24 galvanizado, permite una gran estabilidad al volcamiento



- Detalle Garra cabeza 24 L galvanizado. Esta permite apuntalar la viga en cualquier punto



- Se observan los puntales permanentes con la trípode y los puntales intermedios metálicos, todos ellos apoyados sobre tablonos gruesos. Pocos puntales, menos mano de obra, mejores tiempo de encofrado, menos peso.



- Se observa la 1ª Etapa de la losa de 256m² terminada



2.2.2 Construcción nuevo “Liceo H.C.”

A pesar del poco acceso a la información se tomaron fotografías.

Ficha técnica:

Fecha: 12 de Marzo 2004

Empresa: Constructora Los Avellanos

Tipo de obra: Establecimiento Educacional

Ubicación: Av. Francia S/N

Ciudad: Valdivia

Arriendo moldajes: Empresa RDM KWIKFORM CHILE S.A.

Moldajes: 1º Nivel: superficie de 980 m²

2º Nivel: superficie de 721 m²

3º Nivel: superficie de 425 m²

Valor losa plana sencilla por m² de moldaje: \$75.258

Amortización \$1.500 por m2 en cada uso. Dura más de 500 usos

Precio arriendo losa (con tasa de 5%): \$3.763/m²

Valor molde mínimo para muro lineal: \$52.552/m²

Amortización \$1.000 por m2 en cada uso. Dura más de 500 usos

Precio arriendo muros (con tasa de 5%): \$2.628/m²

2.2.2.1 Apoyo Fotográfico

- Moldaje metálico con alzaprimas usados como diagonales, con sistema de ajuste para facilitar el aplomado, además cuenta con piezas modulares de diferentes dimensiones en largo y ancho. Moldajes RMD KWIKFORM CHILE



- Moldaje losa con sistema de marco denominado en obra como “catre”, 100% metálico. Permite mínima y fácil mantención de los elementos. Cantidad de usos: más de 500



- Muestra detalle de la unión longitudinal de las vigas principales, con la alzaprima, mediante la gata cabeza tipo “U”



- Algunos de los elementos del moldaje: garras o gata cabeza “U” y largueros longitudinales o travesaños



- Detalle de encuentro alzaprima con sistema de gancho “estrella” para formar el marco (o “catre”) con los travesaños a través de una cuña metálica



2.2.3 Construcción Liceo Teniente Merino

2.2.3.1 Apoyo Fotográfico

- Marco metálico sobre el cual se colocan las vigas principales y sobre estas las vigas transversales



- Una vez colocadas las vigas transversales se colocan los tableros de O.S.B. para moldaje



- Después de colocar los tableros se coloca la enfierradura, también se colocan los separadores, y todas las instalaciones previas al hormigonado



- Una vez verificado los aplomos y ajustes de los moldajes, se procede al hormigonado



- Moldaje para vigas donde se observan los tirantes, tuercas, golillas y las alzaprimas



2.2.4 Construcción Edificio de Filosofía

2.2.4.1 Apoyo Fotográfico

- Colocación moldaje muro, listo para hormigonar. Se puede apreciar que cada panel metálico posee una pieza horizontal que actúa como un atezador. Otra observación es que los paneles se comienzan desde las esquinas o “quiebres” de muros de manera que los eventuales ajustes queden en el centro del paño.



- Este detalle muestra en la parte inferior un moldaje de madera hecho en terreno, esto ocurrió porque el moldaje circular metálico no tenía la altura del pilar.



- Moldaje de pilar rectangular con diagonales o vientos, cuya función es aplomar y asegurar resistencia al momento de hormigonar.



- Se puede observar el panel de ajuste del moldaje para muro, se ve que el hormigonado se hará con andamios y no con la consola o plataforma de llenado que proporciona el proveedor de moldajes



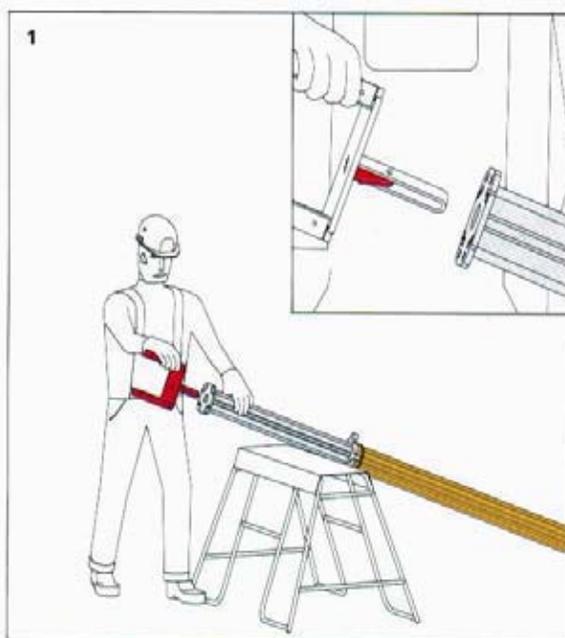
CONCLUSIONES

- Sin duda que el uso de los sistemas de moldajes actuales nos permite mejorar la calidad de la construcción, reducir a gran escala los tiempos de ejecución, trayendo como consecuencia una disminución no despreciable en los costos por mano de obra.
- Muchas de las tecnologías de moldaje parten de la base de que ciertos productos necesitan conocimiento para ser usados, pero en Chile la mano de obra no está calificada. Ahí es donde cobra importancia el servicio del proveedor y el asesoramiento en terreno.
- Por otro lado se pudo evidenciar en terreno la gran falta de asesoría técnica por parte de algunos proveedores de moldajes, trayendo como consecuencia atrasos en el armado de la estructura de los moldajes mismos.
- También se hace necesario que las empresas constructoras tomen conciencia y valoren la responsabilidad que tienen los proveedores respecto al desarrollo de los planos, las visitas a la obra y la capacitación de los trabajadores.

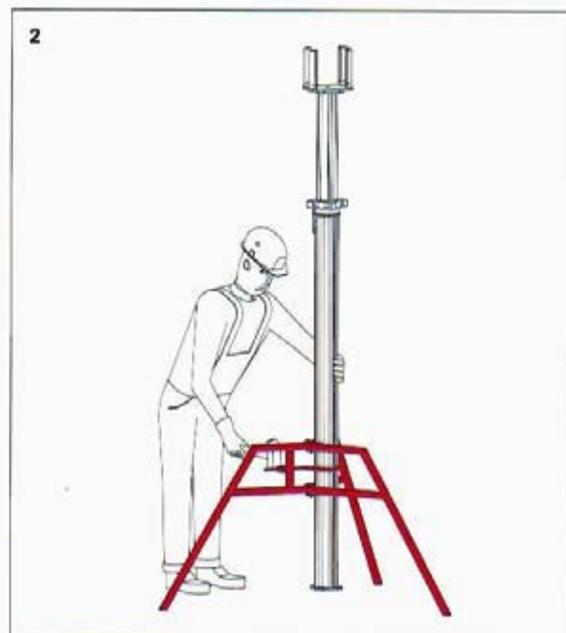
ANEXO I

SISTEMA DE MOLDAJE PARA LOSA MULTIFLEX

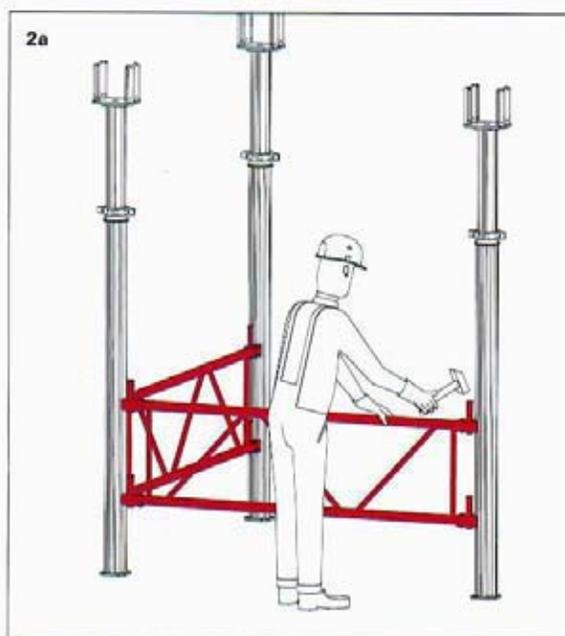
1.- Aplicación de encofrado con sistema Multiflex



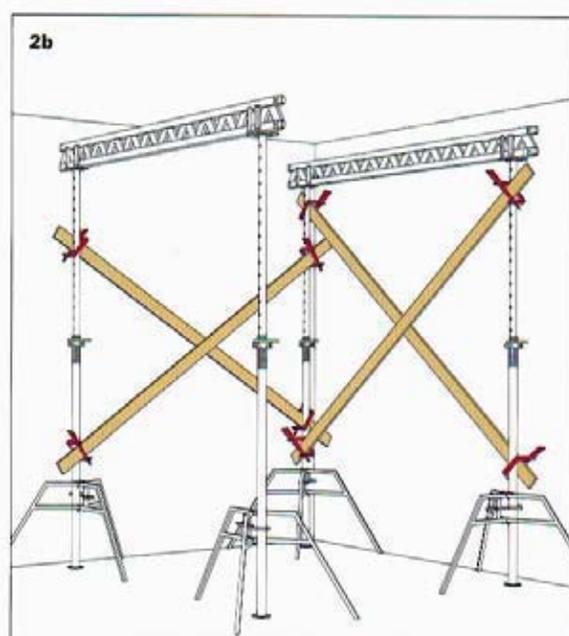
1
Insertar los cabezales PERI de acople rápido en el puntal. Los cabezales sin acople rápido deben asegurarse con un pasador.



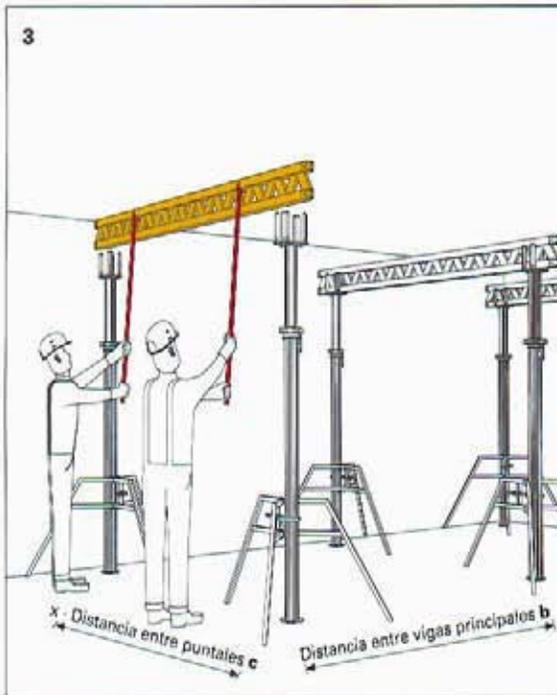
2
Los puntales con cabezal se fijan con un tripode. Este sólo sirve como elemento auxiliar del armado. Los esfuerzos horizontales que se producen durante el proceso de llenado sólo pueden ser absorbidos en alturas de encofrado de hasta aprox. 3m.



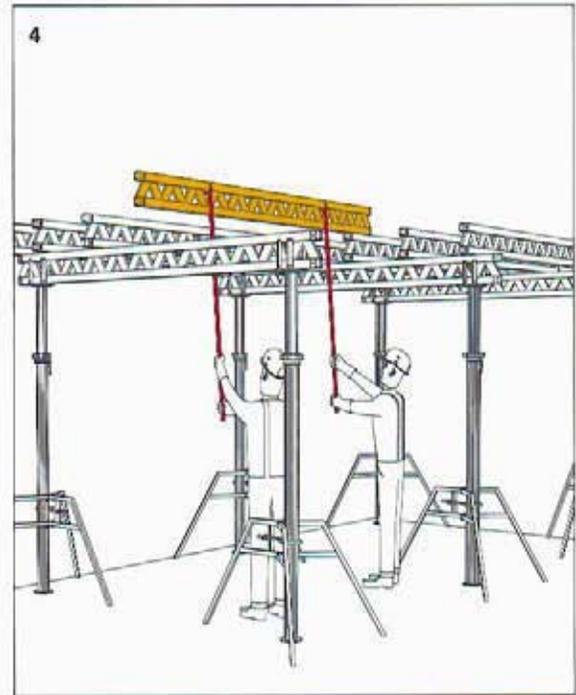
2a
Altura de losa > 3,0m
Con puntales MULTIPROP y alturas de losa mayores a 3m la rigidización puede efectuarse con los marcos correspondientes.



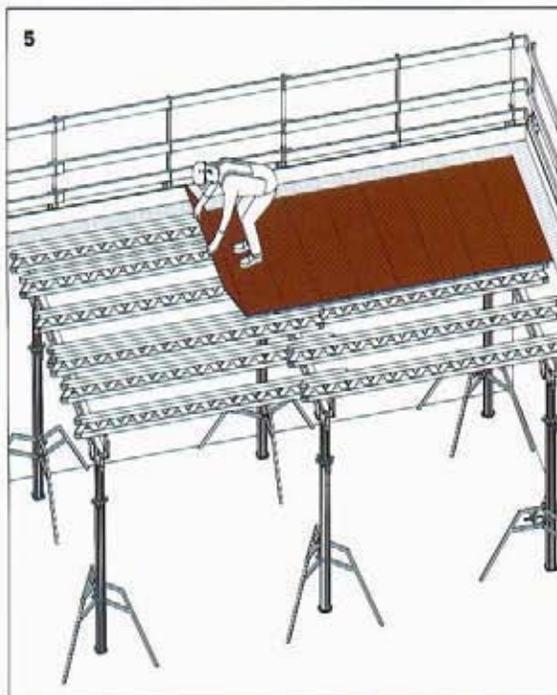
2b
Alternativa para la fig. 2a
Con puntales PEP o puntales normales de caño de acero y alturas de llenado superiores a los 3,0m deberá colocarse una rigidización con diagonales.



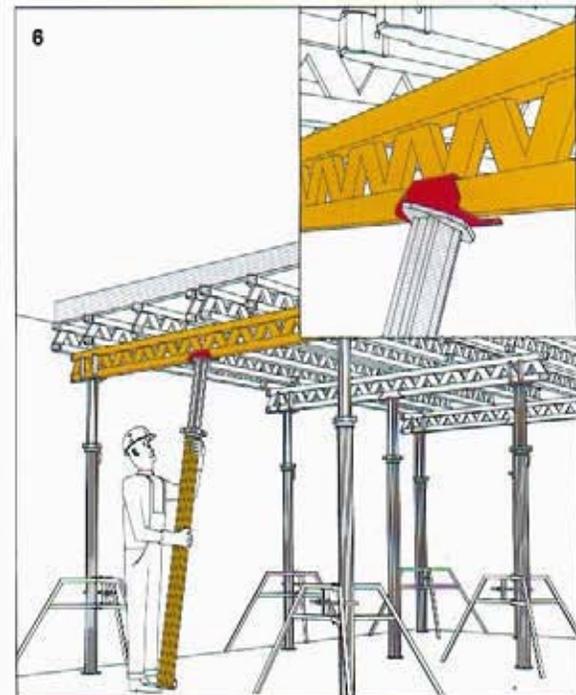
Los puntales con cabezal se posicionan de acuerdo a la separación admisible. Luego se colocan las vigas principales levantándolas desde el piso con ayuda de la horquilla de montaje. El cabezal sujeta una o dos vigas sin riesgo de volcamiento.



Las vigas secundarias también se levantan y colocan desde el suelo con la horquilla de montaje.

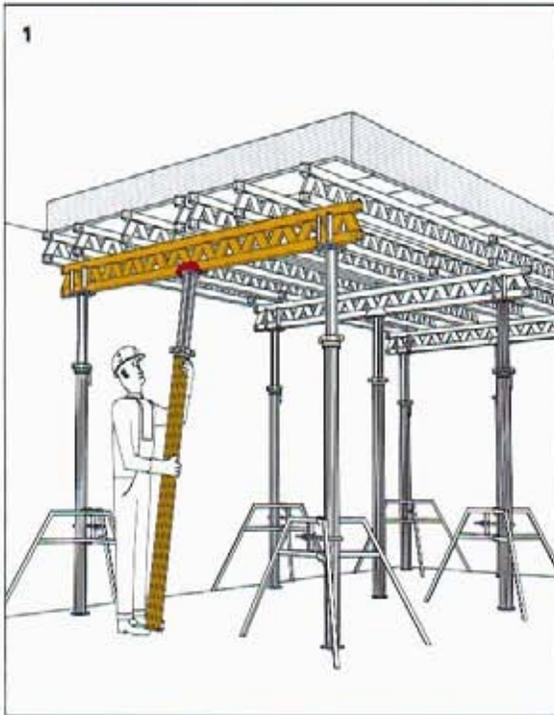


Enderezar las vigas secundarias debajo de la junta de paneles multilaminados para permitir un adecuado apoyo de la placa. Colocar la placa y clavarla para impedir el vuelco de las vigas secundarias. Nivelar el encofrado y pulverizar la superficie del panel con BIO Clean de PERI.

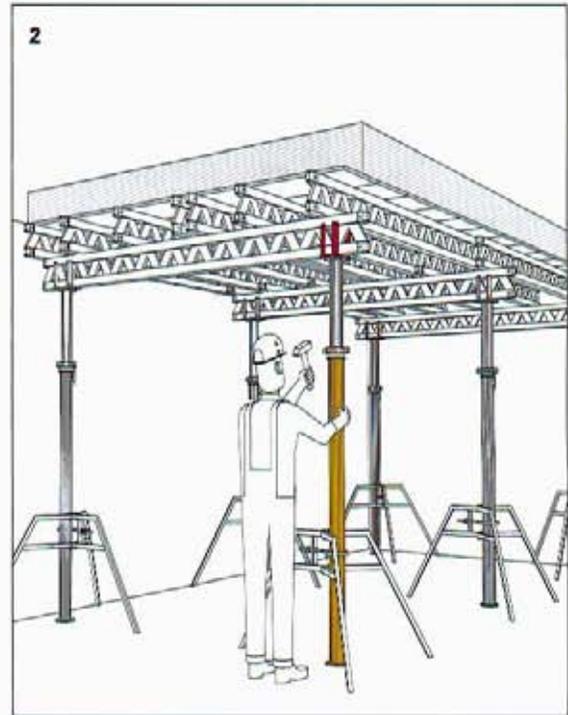


La garra cabeza de PERI hace innecesario el clavado. Insertar los cabezales con acople rápido en los puntales intermedios y posicionarlos a distancia c . Con la garra cabeza 24 se puede cargar la viga GT 24 con 28kN incluso entre los nudos de la viga.

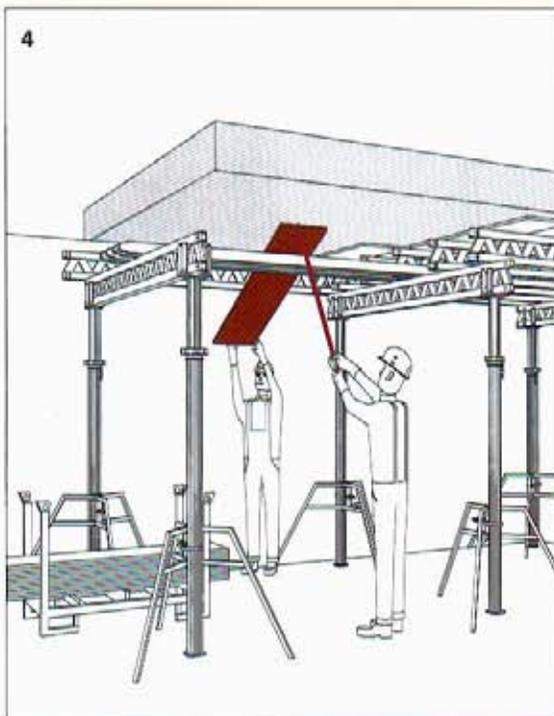
2.- Aplicación de desencofrado con sistema Multiflex



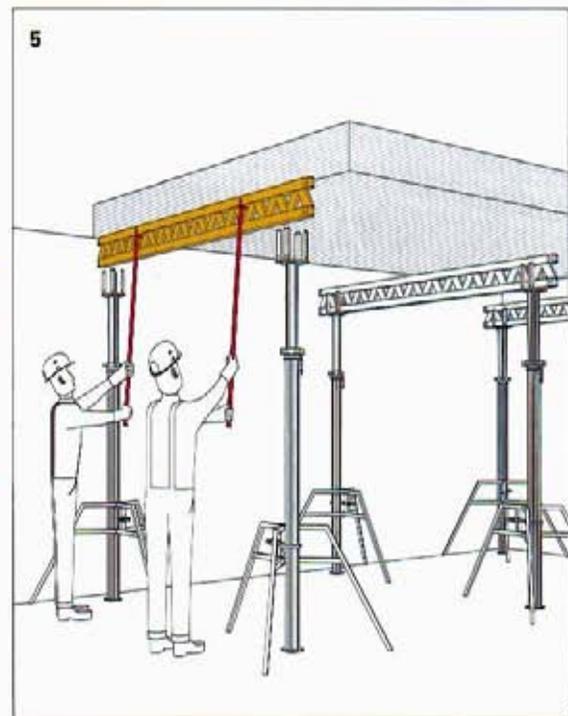
1
El desencofrado comienza con el retiro de los puntales intermedios.



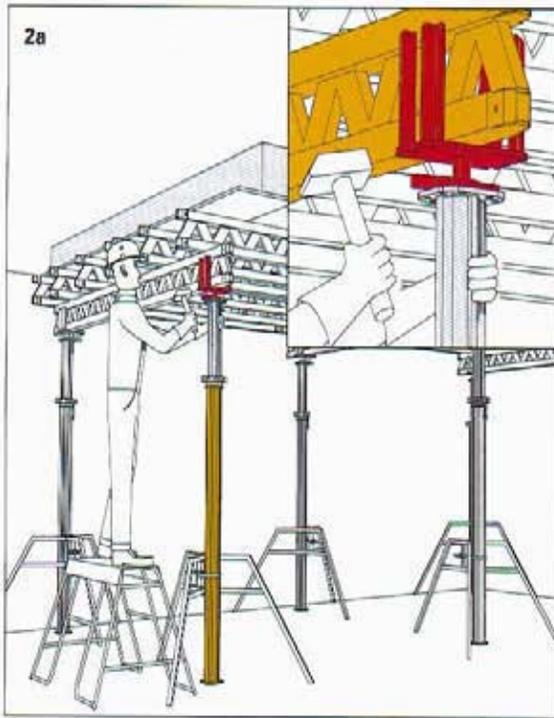
2
Los puntales con cabeza se bajan aproximadamente unos 4cm mediante la rosca del puntal.



4
Luego se desmontan los paneles apilándolos exactamente unos sobre otros. De esta forma se podrán limpiar los cantos en la pila.

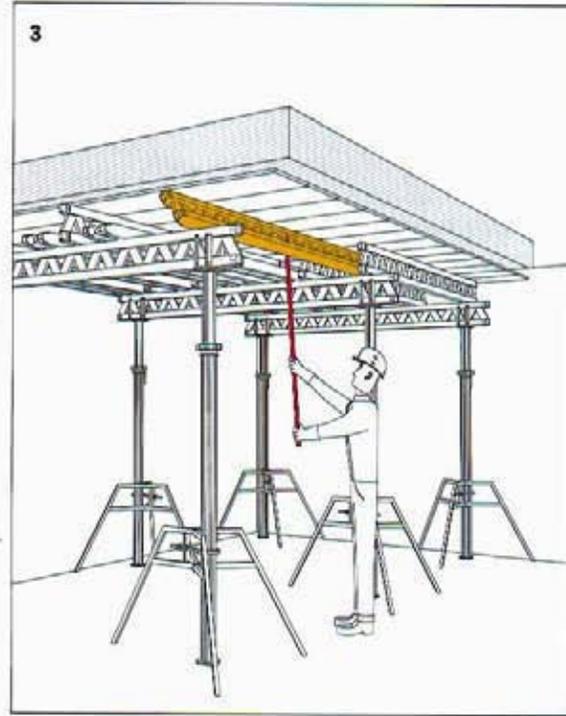


5
Se retiran las vigas secundarias y principales restantes y se las coloca sobre pallets.

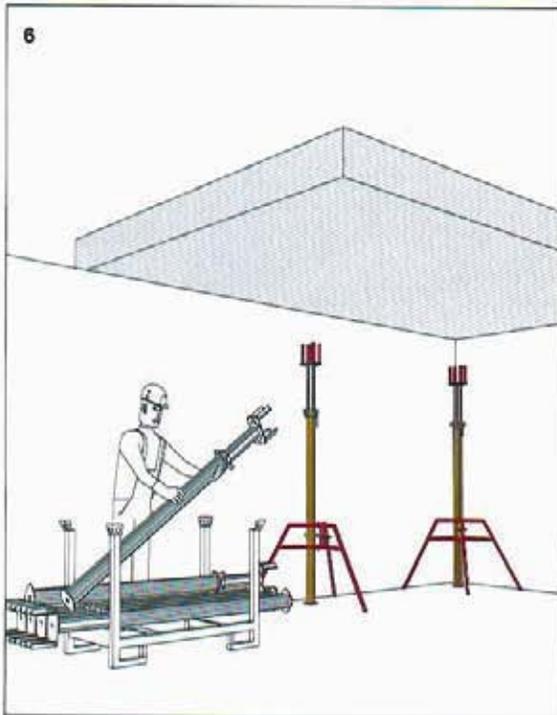


Alternativa para la fig. 2

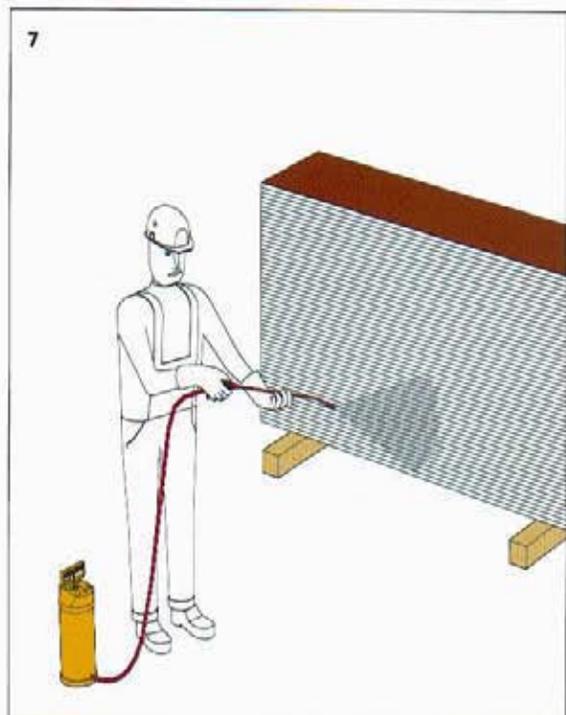
El uso del cabezal de caída permite bajar el encofrado en 4cm con solo un golpe de martillo. Antes de la próxima hormigonada debe volver a ser extendido y fijado con la cuña.



Ahora hay suficiente espacio para voltear las vigas secundarias y retirar algunas. Sólo quedan las vigas secundarias en la junta de los paneles multilaminados.



Desmontar los puntales con cabezal y colocarlos en pallets para su transporte.



Antes del primer uso y de los posteriores se deberán rociar los cantos de las placas con BIO Clean de PERI. Ello facilita el encofrado y desencofrado, protegiendo al mismo tiempo el material.

ANEXO II

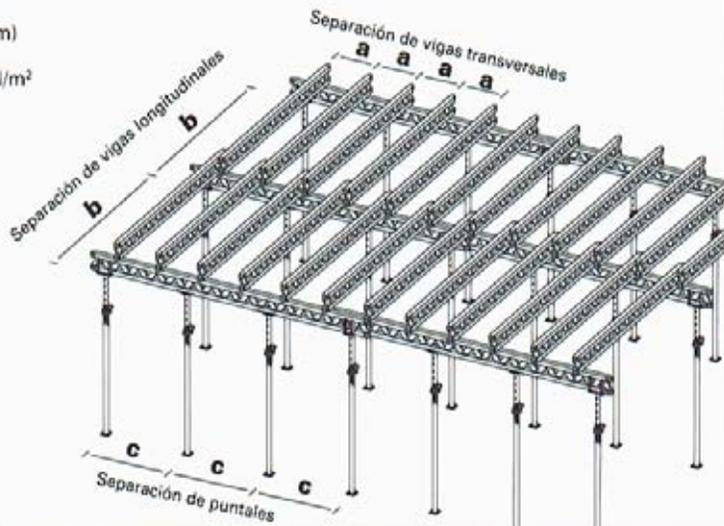
VIGA GT 24 COMO VIGA PARA LOSAS

La flexión máxima admitida se ha limitado a 1/500.

Espesor de la losa [cm]	Carga q* [kN/m ²]	Vano máximo admitido para vigas (m)					Vano máximo admitido para vigas longitudinales, separación de puntales c (m)										
		Separación de vigas [m]					Separación de vigas longitudinales [m]										
		0,40	0,50	0,625	0,67	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
10	4,5	4,68	4,34	4,03	3,95	3,79	3,45	3,16	2,88	2,67	2,49	2,21	2,06	1,86	1,73	1,56	1,38
12	5,0	4,44	4,12	3,82	3,74	3,60	3,27	2,99	2,73	2,52	2,33	2,06	1,93	1,76	1,59	1,39	1,24
14	5,5	4,24	3,93	3,65	3,57	3,44	3,12	2,84	2,60	2,31	2,08	1,94	1,83	1,68	1,44	1,26	1,12
16	6,1	4,07	3,78	3,51	3,43	3,30	3,00	2,72	2,46	2,14	1,97	1,85	1,76	1,54	1,32	1,16	1,03
18	6,6	3,93	3,64	3,38	3,31	3,18	2,89	2,61	2,27	2,03	1,86	1,77	1,70	1,42	1,22	1,06	0,95
20	7,1	3,80	3,53	3,27	3,21	3,08	2,80	2,51	2,14	1,94	1,81	1,72	1,58	1,31	1,13	0,99	0,88
22	7,6	3,69	3,42	3,18	3,11	2,99	2,71	2,35	2,04	1,87	1,75	1,63	1,47	1,22	1,05	0,92	0,82
24	8,1	3,59	3,33	3,09	3,03	2,91	2,62	2,20	1,96	1,81	1,71	1,53	1,38	1,15	0,98	0,86	0,76
26	8,7	3,50	3,25	3,02	2,95	2,84	2,54	2,11	1,89	1,76	1,62	1,44	1,29	1,08	0,92	0,81	0,72
28	9,2	3,42	3,17	2,95	2,89	2,77	2,44	2,04	1,84	1,72	1,53	1,36	1,22	1,02	0,87	0,76	0,68
30	9,8	3,35	3,11	2,88	2,82	2,71	2,30	1,96	1,78	1,64	1,43	1,28	1,15	0,96	0,82	0,72	0,64
35	11,3	3,20	2,97	2,76	2,69	2,56	2,10	1,84	1,62	1,44	1,26	1,13	1,01	0,84	0,72	0,63	0,56
40	12,9	3,05	2,83	2,63	2,56	2,41	1,90	1,71	1,45	1,24	1,09	0,97	0,87	0,72	0,62	0,54	0,48
45	14,4	2,95	2,74	2,50	2,43	2,29	1,81	1,56	1,31	1,12	0,99	0,88	0,79	0,65	0,56	0,49	0,44
50	16,0	2,84	2,64	2,37	2,29	2,16	1,72	1,40	1,17	1,00	0,88	0,78	0,70	0,58	0,50	0,44	0,39
60	19,1	2,68	2,42	2,16	2,04	1,81	1,46	1,17	0,98	0,84	0,73	0,65	0,59	0,49	0,42	0,37	0,33
70	22,2	2,51	2,24	1,87	1,76	1,56	1,26	1,01	0,84	0,72	0,63	0,56	0,50	0,42	0,36	0,31	
80	25,4	2,35	2,05	1,64	1,54	1,37	1,10	0,88	0,74	0,63	0,55	0,49	0,44	0,37	0,32		
90	28,5	2,22	1,83	1,46	1,37	1,22	0,98	0,79	0,66	0,56	0,49	0,44	0,39	0,33			
100	31,4	2,07	1,66	1,32	1,24	1,10	0,89	0,71	0,59	0,51	0,45	0,40	0,36	0,30			

* Carga según DIN 4421:
 Peso propio g = 0,40 kN/m²
 Peso del hormigón b = 26 kN/m³ x d (m)
 Carga dinámica p = 0,20 x b
 1,5 ≤ p ≤ 5,0 kN/m²
 Carga total q = g + b + p

Longitudes de vigas	N.º art.
0,90m	075100
1,20m	075120
1,50m	075150
1,80m	075180
2,10m	075210
2,40m	075240
2,70m	075270
3,00m	075300
3,30m	075330
3,60m	075360
3,90m	075390
4,20m	075420
4,50m	075450
4,80m	075480
5,10m	075510
5,40m	075540
5,70m	075570
6,00m	075600



ANEXO III

PUNTALES PEP 20

Cargas máximas admitidas sobre puntales [kN] según ensayo tipo

Longitud extendido [m]	PEP 20 N 260* L = 1,51 - 2,60 m		PEP 20-300 PEP 20 N 300* L = 1,71 - 3,00 m		PEP 20-350 PEP 20 N 350* L = 1,96 - 3,50 m		PEP 20-400 PEP 20 G 410* L = 2,21 - 4,00 m		PEP 20-500 L = 2,71 - 5,00	
	Tubo exterior abajo	Tubo interior abajo	Tubo exterior abajo	Tubo interior abajo	Tubo exterior abajo	Tubo interior abajo	Tubo exterior abajo	Tubo interior abajo	Tubo exterior abajo	Tubo interior abajo
1,60	35,0	35,0								
1,70	35,0	35,0								
1,80	35,0	35,0	35,0	35,0						
1,90	35,0	35,0	35,0	35,0						
2,00	33,5	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0				
2,10	31,9	35,0	32,2	35,0	35,0	35,0				
2,20	30,9	35,0	30,5	35,0	35,0	35,0				
2,30	29,8	35,0	29,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0		
2,40	28,6	35,0	27,8	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0		
2,50	27,1	32,9	26,9	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0		
2,60	24,8	29,4	26,1	35,0	33,8	35,0	35,0	35,0		
2,70			24,9	31,7	32,4	35,0	35,0	35,0		
2,80			23,3	28,5	31,2	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
2,90			21,6	25,7	30,2	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
3,00			20,0	23,2	29,2	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
3,10					27,5	34,6	33,6	35,0	35,0	35,0
3,20					25,7	31,5	32,5	35,0	35,0	35,0
3,30					24,1	28,8	31,2	35,0	35,0	35,0
3,40					22,4	26,4	29,6	35,0	35,0	35,0
3,50					20,7	24,1	27,8	33,9	35,0	35,0
3,60							26,1	31,2	35,0	35,0
3,70							24,5	28,9	35,0	35,0
3,80							23,0	26,8	35,0	35,0
3,90							21,6	24,8	35,0	35,0
4,00							20,1	22,8	34,2	35,0
4,10									32,3	35,0
4,20									30,6	35,0
4,30									28,9	34,0
4,40									27,4	31,9
4,50									26,0	29,9
4,60									24,6	28,1
4,70									23,4	26,4
4,80									22,1	24,9
4,90									20,9	23,4
5,00									20,0	21,8

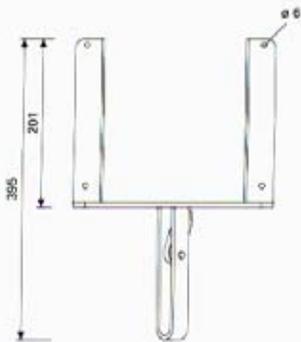
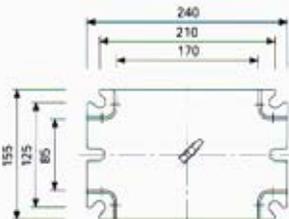
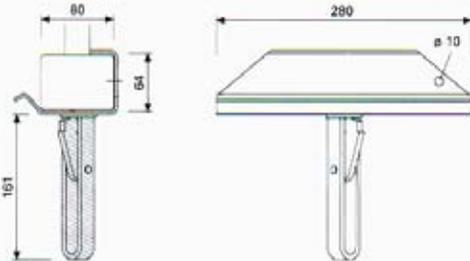
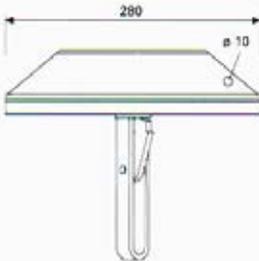
Todos los puntales **PEP 20** corresponden a la clase D de la norma DIN EN 1065, lo cual significa que la carga máxima admitida para todas las longitudes de extensión debe ser de **20 kN** como mínimo.

Si se utilizan mesas de encofrado PERI, la carga máxima admitida de todos los puntales PEP 20 debe ser de 30 kN como mínimo en todas las longitudes, debido a que se sujetan en el cabezal de caída o UNIPORTAL de la mesa.

*Si el **tubo interior queda abajo**, sólo se pueden combinar con mesas de encofrado PERI o SKYDECK (cabeza atornillada).

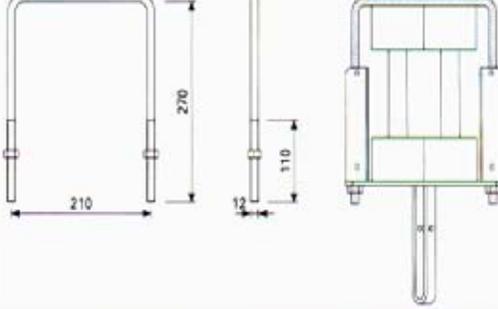
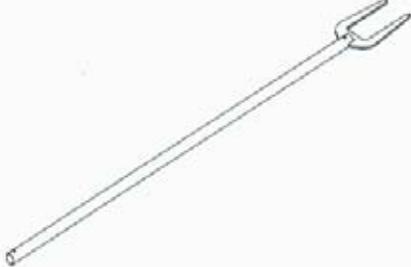
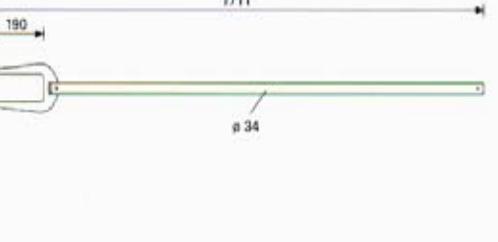
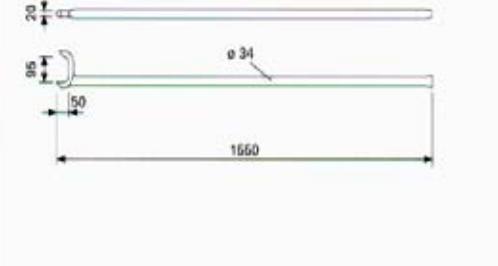
ANEXO IV

ACCESORIOS: CABEZAL Y GARRA

	Peso/kg	Art. N°	
<p>Cabezal 20/24 S, galv. Con seguro de encastre rápido para colocar una o dos vigas GT 24 o VT 20K sin que se vuelquen. Superposición de las vigas mín. 15cm c/ viga.</p> 	3,20	028680	<p>Diámetro necesario del orificio en la placa base del puntal \varnothing 40mm.</p> 
<p>Cabezal 20/24, galv. Sin seguro de encastre rápido.</p> 	3,10	027890	
<p>Accesorios: Pasador \varnothing 14 x 107, galv. Grupilla de seguridad 4/1, galv.</p>	0,15 0,03	027990 018060	
<p>Garra cabeza 24 S, galv. Con seguro de encastre rápido Para colocar puntales intermedios debajo de la viga GT 24 sin necesidad de clavar.</p> 	1,70	028890	<p>Diámetro necesario del orificio en la placa base del puntal \varnothing 40mm.</p> 
<p>Garra cabeza 24 L, galv. Sin seguro de encastre rápido.</p> 	1,60	028880	
<p>Accesorios: Pasador \varnothing 14 x 107, galv. Grupilla de seguridad 4/1, galv.</p>	0,15 0,03	027990 018060	<p>Con la garra cabeza 24 S o 24 L no es necesario apuntalar las vigas GT 24 en los nudos, manteniéndose la absorción del esfuerzo de corte de 28kN de la viga.</p>

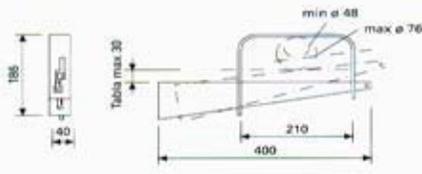
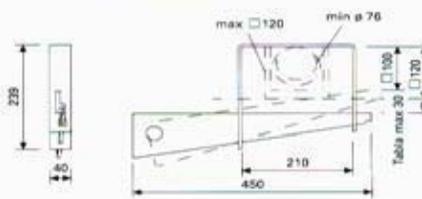
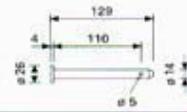
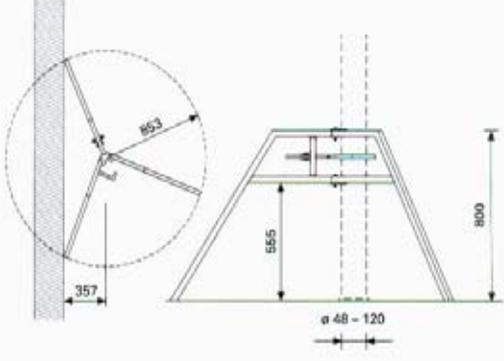
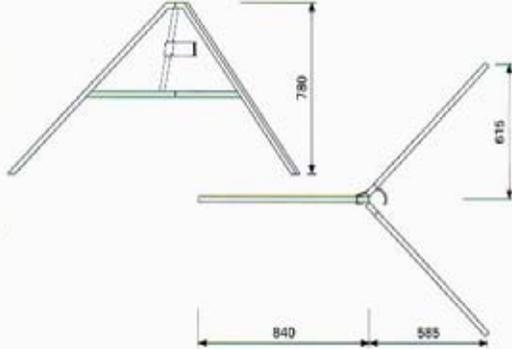
ANEXO V

ACCESORIOS: BRIDA TENSORA Y HORQUILLA

<p>Brida tensora para viga doble, 16-25, galv. Para fijar 2 vigas GT 24, VT 20K o VT 16K sobre cabezal 20/24 (S) o cabezal 16 (S).</p> 	0,57	028590	
<p>Horquilla de montaje GT/VT, galv. Para encofrado con MULTIFLEX y vigas GT 24 o VT.</p> 	3,00	070740	
<p>Horquilla de montaje 24, galv. Para encofrado con MULTIFLEX y vigas GT 24.</p> 	2,80	027930	

ANEXO VI

ACCESORIOS: PINZA, PASADOR, GRUPILLA Y TRÍPODE

	Peso/kg	Art. N°	
<p>Pinza con cuña, galv. Para puntales de ϕ 48 a ϕ 76mm.</p>  <p>Para tablas de hasta 3/15 cm.</p>	1,90	027940	
<p>Pinza con cuña HL, galv. Para puntales de ϕ 76 a ϕ 89mm, así como \square 100 a \square 120mm.</p>  <p>Para tablas de hasta 3/15cm</p>	2,50	027790	
<p>Pasador ϕ 14x107, galv. Para cabezales, garras cabeza, etc.</p> 	0,15	027990	
<p>Grupilla de seguridad 4/1, galv. Para pasador de hasta ϕ 25mm.</p> 	0,03	018060	
	Peso/kg	Art. N°	
<p>Trípode universal, galv. Para puntales de ϕ 48 hasta ϕ 120mm. Se puede utilizar para MULTIPROP y pie MP 50.</p>  <p>Utilizar solo como elemento auxiliar para parar el puntal para el montaje!</p>	9,10	028000	
<p>Trípode plegable, galv. Para puntales de ϕ 57 hasta ϕ 89mm.</p>  <p>Utilizar solo como elemento auxiliar para parar el puntal para el montaje!</p>	9,00	027860	

ANEXO VII

MOLDAJES DESECHABLES PARA COLUMNAS

Diseñar y construir columnas de hormigón, con un buen acabado, es más fácil y rápido gracias a este innovador producto.

Se trata de un tubo de papel rígido de alta calidad, enrollado en forma de espiral, que en su cara interior lleva una suave lámina plástica que brinda una terminación de gran calidad y apariencia.

Este producto liviano, resistente, fácil de manipular e instalar, es una solución económica y efectiva al problema de construir columnas de hormigón, las cuales son difíciles de lograr con madera y de mayor costo al utilizar moldajes industriales.

El “desmolde” o retiro del producto es muy sencillo y rápido. Se realiza a través de su patentada banda de desgarramiento, que no utiliza aceites ni agentes desmoldantes.

Al ser un producto desechable, el número de columnas construidas por día es sólo limitado por la cantidad de este producto, previamente dimensionado, que sea adquirido por el cliente. Esto permite, además, que todas las columnas sean vertidas con el mismo hormigón de una sola vez.



BIBLIOGRAFÍA

- “Guide to formwork for concrete”, Código ACI 347R,
American Concrete Institute, copyright 1988

- Encofrados para estructuras de Hormigón
Autor: R.L.Peurifoy
Editorial McGraw-Hill

- Guía para la Innovación Tecnológica en la Construcción
Autor: Virgilio Ghio C.
Ediciones Universidad Católica de Chile, 2° edición, Septiembre 1998

- Manual de PERI
Año: 2003

- Manual UNI-SPAN, CHILE S.A.
Año: 2006

- Revista del Constructor
EMB Construcción, N°28, Marzo del 2004

- Revista Boletín de Información Tecnológica (BIT)
Moldajes Modulares Metal/Madera, pág. 49,50; Mayo 1996
Hormigón Arquitectónico, pág. 39; Marzo 1999
Moldajes Industrializados Manuportables, pág.54,55; Diciembre 1999
Moldajes Desechables para Columnas, pág. 65; Septiembre 2000
Innovador Moldaje para Losas, pág. 64; Septiembre 2000

