

## 1. MOLDAJES.

### 1.1. GENERALIDADES.

En todos los lugares de la tierra el ser humano busca su bienestar, aumentando sus reivindicaciones para mejorar continuamente las condiciones de vida.

Parte de mejorar estas condiciones de vida no pasan solo por lo físico, también por los sentimientos y los gustos, las formas nuevas que han creado los arquitectos, realzan las ciudades y también mantiene feliz a la gente por tener bonitos edificios y casas.

Que importante es para esto entonces tener facilidades para realizar lo que el arquitecto diseñe, teniendo en cuenta que esto se mantendrá en pie. Para lo anterior contamos con el moldaje.

El destino del moldaje es dar la forma definitiva que tendrá el hormigón, es así como si queremos tener un muro curvo, por ejemplo, bastara con hacer o tener un moldaje que nos de la forma requerida.

El moldaje es un tipo de construcción provisoria, porque luego de cumplir su función se desarma. Además es parte importante del costo final que tiene el hormigón armado.

Es importante mencionar que este debe ser planificado, no es conveniente dejar a la improvisación el moldaje. El diseño de encofrados ha de ser de tal forma que resulte ser práctico y económico en su preparación.

En general el moldaje se divide en dos partes importantes:

- molde y
- apuntalamiento.

El apuntalamiento es el soporte del molde, es el que debe resistir las solicitaciones del hormigón fresco, estas pueden ser verticales como en las losas y vigas u horizontales y también diagonales, si estamos moldeando un muro. Como elemento resistente del conjunto, este debe tener la máxima seguridad contra asentamientos verticales y desplazamientos horizontales.

Estos deben tener la resistencia suficiente para soportar, además de su peso propio, el de las armaduras, la presión del hormigón fresco, el equipo de construcción, eventuales acumulaciones de materiales, golpes e impactos de trabajo y los trabajadores que deban transitar sobre él. Deben ser rígidos para no deformarse. Estos trabajan principalmente a compresión. **(Fig.A.1)**

El molde es lo que recibe finalmente el hormigón, es el que da definitivamente la forma a este. Estos también deben ser lo suficientemente rígidos para no deformarse y cambiar la forma del elemento. Deben ser estancos para evitar el derramamiento de la lechada del hormigón. Las superficies deben ser lo más lisas posibles ó como se requiera. **(Fig.A.2)**

El diseño del moldaje debe permitir el descimbre sin dañar ni al hormigón ni al propio moldaje.

Un moldaje puede ser metálico, de madera e incluso existe uno de hormigón. Cada uno de estos tiene sus ventajas y desventajas las cuales detallaremos luego. Si los moldes van a ser usados pocas veces es conveniente usar madera pero si tenemos que ocuparlos muchas veces es preferible usar los metálicos.

Sean del material que fuesen tienen elementos en común como, los tableros, las alzaprimas, las diagonales y

otros más pequeños como cuñas y esquineros.

La etapa de colocación de los moldajes es la que requiere generalmente más tiempo.

Algo muy importante a considerar en el uso de cualquier moldaje es la presión que ejerce el hormigón cuando esta fresco, esta se puede comparar con la de un líquido de densidad  $2.4 \text{ T/m}^3$ , además de las vibraciones que se producen con el vibrador de inmersión, lo que puede afectar seriamente la estabilidad del moldaje. Se estima que el uso del vibrador aumenta la presión lateral en un 20%.

En cuanto a la presión que ejerce el hormigón depende de la consistencia que tiene este, la siguiente tabla muestra la presión unitaria en  $\text{T/m}^2$  según la consistencia del hormigón:

| Altura considerada | tierra húmeda | Blanda | Fluida |
|--------------------|---------------|--------|--------|
| 1m                 | 1.8           | 2.1    | 2.4    |
| 2m                 | 3.6           | 4.2    | 4.8    |
| 3m                 | 5.4           | 6.3    | 7.2    |
| 4m                 | 7.2           | 8.4    | 9.6    |
| 5m                 | 9.0           | 10.5   | 12.0   |

Fig.1.1: Tabla presión v/s altura del muro según consistencia del hormigón.

Fuente: Manual del Constructor. José María Igoa.

Debe aplicarse desmoldante a los tableros para que no se adhiera el hormigón a estos y luego no se pueda retirar el moldaje.

En cuanto al tiempo de desmolde, depende de:

- calidad del hormigón,
- luz de los elementos,
- temperatura ambiente y
- sobrecargas de la obra misma.

Así es claro que no se debe desmoldar hasta que el hormigón responda a los esfuerzos de sollicitación.

El retiro de los moldes se debe hacer de un modo paulatino, y cuidando de no producir roturas en los cantos de los elementos.

Se puede comenzar con los pilares y costados de vigas (moldajes laterales), pueden quitarse a los tres días si ocupamos cemento normal, y a los dos días si ocupamos un cemento de altas resistencias iniciales.

Lo siguiente a desmoldar debe ser el fondo de las losas, a los ocho días, y a los veintiuno se puede desmoldar el fondo de viga, si ocupamos cemento normal. Se debe tener en cuenta que estos plazos son considerando elementos normales, para elementos más específicos y muy cargados el tiempo de desmolde debe ser estimado por el proyectista.

El voladizo se descimbra al final, las vigas que soportan a las losas un poco antes y lo que primero se puede descimbra es la losa que solo soporta su peso propio.

En general existen varios tipos de moldajes, como ya habíamos mencionado anteriormente, se encuentran:

- moldajes metálicos,
- moldajes de madera, entre los cuales se pueden destacar dos tipos, el tradicional y el Donath;
- mixtos, mezclas de metálicos y madera.

Eso en cuanto a materiales, pero también existen los moldajes:

- rodantes o corredizos y
- deslizantes.

Todos los tipos de moldajes mencionados anteriormente serán explicados en detalle en los capítulos posteriores. Por no ser tan significativos en la edificación los moldajes corredizos no serán explicados en detalle, pero para conocimiento general, estos son tableros que van puestos sobre rieles y se mueven. Tiene la particularidad de ser útiles para la construcción de túneles, canales de agua, etc. Estos pueden ser de metal o de madera.

## **1.2. MOLDAJE TRADICIONAL.**

Moldaje tradicional es el típico moldaje que conocemos y hemos visto en las obras de mediana envergadura.

Este es de madera y es realizado por los carpinteros en la obra.

Su característica principal es que esta hecho a la medida de cada elemento que lo necesite.

Para este tipo de moldaje se puede usar cualquier tipo de madera desbastada, sana, curada y sin nudos. El Abeto (aunque no se encuentra en Chile) y el Pino se emplean bastante para este objeto, también el Pino de hoja corta, porque es madera más económica y es fácil encontrar en el mercado. También se debe considerar el álamo, ya que es más liviano que el pino, pero tiene el inconveniente de ser más caro y hoy no se encuentra en demasía. Como la madera esta en bruto y no elaborada el terminado no es muy fino, lo que obliga a que después deba estucarse, o tratarse de alguna manera que mejore el terminado.

Aunque los moldajes no son más que una estructura provisional, no es conveniente usar una madera verde, porque estas son más fáciles de deformarse. Cuando se trata de una obra de construcción delicada son preferibles las maderas secadas al aire que las secadas en estufa u horno. Porque las secadas al horno o a la estufa tienen demasiada capacidad de absorción, lo que puede influir en las características originales del hormigón.

De estos no se espera una resistencia especial, es suficiente la que dan tablas de 25 milímetros de espesor, lo que equivale a las medidas comerciales de 1. En cuanto al apuntalamiento se considera suficiente con escuadría de 75\*75 milímetros (3\*3).

Lo esencial es colocar bien alineados y nivelados los moldajes, ya que de no ser así, ambas características deberán ser logradas más tarde a costa del excesivo espesor de los estucos o revoques, lo que es técnica y económicamente inconveniente.

Deben tener la resistencia suficiente para soportar el peso del hormigón. Además soportar los empujes de presión que este genera. También deben resistir las cargas adicionales incidentales de la construcción. Deben ser fáciles de construir y de manejar en obra.

En este tipo de moldaje, lo que conocemos como apuntalamiento, se realiza preferentemente con piezas de 4\*4.

Fundamentalmente trabajan a compresión (alzaprimas), en consecuencia debe evitarse el pandeo, esto se logra

arriostrando lateralmente las alzaprimas. Debe evitarse el empalmar las alzaprimas. De verse en la obligación de empalmar esto debe hacerse hacia el pie o la cabeza, nunca en el centro. Además, el número de alzaprimas a empalmar no tiene que ser más de un cuarto del total de estas.

El apoyo de los apuntalamientos en su pie es importante en la estabilidad del encofrado. Este apoyo debe ser inamovible, y debe estar sólidamente asentado

Los tableros o moldes, como los conocimos en el capítulo anterior, principalmente trabajan a flexión, así que es suficiente ocupar madera con espesor de 1. El molde no está conformado solamente por estos elementos, otra parte importante son los listones que rigidizan y unen estas piezas, para lo que es suficiente que estos tengan una escuadría de 1\*2.

Existe una variación en la conformación de los moldes, la que es, cambiar las tablas de 1\*6 que generalmente se usan por tableros de madera prensada, tienen la característica de ser hidro-resistentes. Una de las ventajas que presenta ante los tradicionales tableros, es que permite obtener una superficie del hormigón lisa y pareja, minimizando los estucos. Permite diez usos. Entre las desventajas encontramos que deben tener un cuidado y manejo especial. **(Fig.A.3)**

La forma de trabajar con estos moldajes es similar al tradicional, en cuanto al apuntalamiento. **(Fig.A.4)**

Cada elemento de una obra tiene un tipo de moldaje distinto. Es así como mostraremos el moldaje de elementos como muros, pilares, vigas, dinteles y losas.

**1.2.1. Moldaje de elementos constructivos.** Los elementos constructivos de los cuales detallaremos como construir su moldaje son: pilares, vigas, cadenas, dinteles, losas y cimientos.

Los pilares son elementos verticales de hormigón armado, generalmente trabajan a compresión.

Encontramos pilares cuando trabajamos con hormigón armado como material fundamental y en mayor proporción cuando construimos con ladrillos.

Cuando construimos con albañilería confinada, debemos contar con los pilares y las cadenas de hormigón armado.

Esto no solamente en el marco rígido, como veremos enseguida también existen otros tipos de pilares.

- **Pilar intermedio.** Este pilar es el que se encuentra por ejemplo en un muro de ladrillo que tiene un largo de más de tres metros lo que hace necesario poner este pilar intermedio. Luego de tener hecho el muro de ladrillo, y tener puesta la armadura del pilar, con tabla de pino de 1\*6 se sigue la línea del muro para determinar el ancho del pilar. Con listones de 1\*2 se rigidiza este panel, estos deben estar cada 60 centímetros. El alambre tortoleado, cumple la función de mantener el moldaje en su posición, evitando que la presión del hormigón abra el moldaje, cambiando sus dimensiones. Con esto no se hace necesario el uso de apuntalamiento diagonal **(Fig.A.5; A.6; A.7)**

En el tablero que forma el frente del pilar se verán las tablas de 1\*6 en forma vertical y los listones que rigidizan este. **(Fig.A.8)**

- **Pilar aislado.** Para el moldaje de este pilar se debe tener en cuenta muy bien las dimensiones de este, ya que con el moldaje se las daremos definitivamente. A diferencia del pilar intermedio, en que teníamos la ayuda del muro. Con tablas de 1\*6 puestas a lo largo del pilar formaremos su perímetro. Para rigidizar estos tableros usamos listones de 1\*2 cada 60 centímetros, evitando así la deformación, que provocaría la presión del hormigón. Para afirmar este panel en el centro de cada lado se pone una

pieza de 4\*4 (cuartón), que sirve también para apoyar el puntal que estará manteniendo al pilar en su posición. Como mínimo este pilar se debe apuntalar en dos costados perpendiculares. (Fig.A.9; A.10) Se debe tener especial cuidado con la base de los elementos de apuntalamiento, ya que no deben moverse. (Fig.A.11)

- **Pilar de terminación.** Este pilar es el situado al final de un muro, específicamente lo encontramos al llegar a un vano. Al igual que en el pilar intermedio, con la ayuda del muro, afirmamos nuestro moldaje. Todo esto con tablas de 1\*6 a lo largo del pilar, y con listones de 1\*2 cada 60 centímetros. En la parte que no esta en contacto con el muro se forma el ancho del pilar con tablas de 1\*6, también se debe rigidizar con listones de 1\*2. Este se debe afirmar con un cuartón y un puntal. En este caso también encontramos alambre tortoleado para mantener el moldaje en su posición. (Fig.A.12; A.13; A.14)
- **Pilar esquinero.** Este es muy importante en una obra de albañilería, ya que es el que une un muro con otro en una esquina. En este caso el molde formado por tablas de 1\*6 a lo largo y los listones de 1\*2 van por fuera del muro. En el interior van unas escuadras que le dan el ángulo al muro, estas deben ser afirmadas por un cuartón, que mantiene firme el moldaje. Estos cuartones son sujetos entre si con alambre tortoleado. (Fig.A.15; A.16; A.17; A.18)

Además de estos cuatro tipos de pilares fundamentales, existen otros cuyos moldajes se realizan combinando los moldajes anteriormente mencionados, estos son:

- **Pilar en un entronque.** Entronque es el encuentro perpendicular entre un muro y otro, en el caso de un muro de albañilería de ladrillo, para poder unir un muro con el otro se debe realizar este pilar cuadrado. En el moldaje de este pilar se pueden diferenciar dos partes, exterior e interior. (Fig.A.19)

Para el moldaje exterior se debe hacer el alto y ancho del pilar con tablas de 1\*6, rigidizando con listones de 1\*2. En la parte interior del entronque se debe armar una escuadra, esto quiere decir que con tablas de 1\*6 se forma una esquina, esta se debe afirmar con escuadras cada sesenta centímetros y, además, con una pieza de 4\*4. Todo esto debe afirmarse con alambre tortoleado para impedir que la presión del hormigón abra el moldaje. (Fig.A.20)

- **Pilar en cruce.** Este pilar lo encontramos en el cruce de dos muros de albañilería de ladrillo, para realizar el moldaje de este pilar, solo basta con realizar las escuadras interiores de un moldaje esquinero, pero en sus cuatro esquinas interiores. Igualmente debe amarrarse con alambre tortoleado para evitar que el moldaje se abra con la presión del hormigón. (Fig.A.21)

Una viga es un elemento de hormigón armado horizontal, que recibe esfuerzos de las losas, por lo general trabaja a flexotracción.

Por lo anterior es conveniente dar una contraflecha al moldaje de 2 mm por cada metro de longitud, esto cuando se está considerando una viga sencilla.

Un tipo especial de viga son los dinteles, estos son el elemento horizontal superior de un vano, al igual que las vigas trabajan a flexotracción, pero su carga viene de la parte superior del muro.

El moldaje que explicaremos acerca de los dinteles esta referido a los vanos que formaran ventanas, ya que en general, el dintel del vano de la puerta será la cadena que confina la albañilería.

Las cadenas en cambio son elementos horizontales que confinan los muros de albañilería, sirven para crear un marco junto con los pilares a este tipo de muros.

Ambos tipos de elemento tienen moldajes muy parecidos los cuales serán explicados detalladamente a continuación.

- **Cadena.** Este moldaje se realiza en la parte superior del muro de ladrillo, por esto no tenemos la necesidad de hacer un fondo de viga, además el muro, al igual que en los pilares intermedios, nos permite seguir su línea para determinar el ancho de la cadena. Como primer paso para el moldaje, se arma el tablero o molde, fijamos al muro tablas de 1\*6, determinando la altura que tendrá la cadena, el siguiente paso es rigidizar el molde con listones de 1\*2 cada 60 centímetros. Se amarran las partes importantes con el alambre tortoleado. En general con lo anterior bastaría para el moldaje de la cadena, pero se puede incluir como adicional, un listón en la parte superior cada sesenta centímetros para mantener el nivel del hormigonado y también para evitar que el moldaje se abra, este se conoce como codal. (**Fig.A.22; A.23; A.24**)
- **Dintel.** En este caso si debemos formar el fondo de viga, por lo cual es lo primero que debemos realizar, afirmándonos en la parte inferior de la ventana, ponemos las alzaprimas, estas se unen con un cuartón o muerto de 4\*4, este va sobre ellas, la forma de unir el muerto con las alzaprimas, es una tabla de 1\*4 que va clavada a la alzaprima y al cuartón, es conocida como oreja. En este nivel se afirman las tablas que formaran el ancho de la viga. El siguiente paso al igual que en una cadena es formar el largo y alto del dintel, esto se hace con tablas de 1\*6, y para rigidizar se ponen los listones de 1\*2 cada 60 centímetros. También debemos considerar el alambre tortoleado para evitar la separación del moldaje, en su parte inferior. En la parte superior también lleva un codal, listón de 1\*2 que tiene como función servir de nivel para el hormigón y, además, coopera para que no se abra el moldaje con la presión del hormigón. (**Fig.A.25; A.26; A.27**)
- **Viga.** En este caso se puede identificar al igual que un dintel, solo con la diferencia que debe considerarse el moldaje de las losas que llegan a la viga.

En el moldaje de una viga encontramos los siguientes elementos. (**Fig.A.28; A.29**)

Elemento 1. Solera, espaciada a un metro.

Elemento 2. Listones de 1\*2, para el apoyo de las soleras y refuerzo del tablero del molde de la viga.

Elemento 3. Molde de la viga.

Elemento 4. Lado opuesto del moldaje de la viga.

Elemento 5. Tabla apoya pie. (prescindible)

Elemento 6. Alzaprima.

Elemento 7. Cuña.

Elemento 8. Tablón.

El moldaje de los muros se hace con madera de pino, para su construcción se necesita pino de escuadría 4\*4, que se utiliza como soporte en forma horizontal y vertical. En forma horizontal es colocado en el suelo sujeto con estacas de \*12 milímetros puestas cada un metro, en esta posición impedirá el deslizamiento del diagonal que se colocara cada 1,2 metros y del puntal que se colocara también cada 1,2 metros, a su vez ambos están sujetos a una pieza de 4\*4 puesta en forma vertical cada 60 centímetros que sostiene a las tablas de 1\*6 puestas en forma horizontal dando la altura al muro y que son las piezas que están en contacto con el hormigón. (**Fig.A.30**)

Para dar la separación al moldaje, se utiliza una barra de \*12 mm que se colocara cada 1,2 metros y cada un metro de altura. También se utiliza una amarra de alambre del 14, que une piezas de 4\*4 puestas en forma vertical, opuestas y separadas por el espesor del muro. **(Fig.A.31)**

Muy importante es dejar bien empotrado el muro de hormigón armado al cimiento, para ello se necesita dejar una protuberancia o muela en el cimiento.

Para la confección del moldaje de una viga entre dos losas se necesita madera de pino, alambre del número 14 y clavos.

A continuación explicamos en detalle como realizar el moldaje de una losa entre vigas.

Lo primero es saber la altura de la viga, secuencialmente con tablas de 1\*6 canteada se confecciona el ancho y fondo de la viga con barras de 1\*2 cada 60 centímetros. A continuación coloco la alzaprima del medio que será una pieza de pino de 4\*4 sobre la cual va un muerto o pieza puesta en forma horizontal, la cual se une a la alzaprima por medio de una tabla de 1\*4, que en el vocabulario de la construcción se le llama oreja. Las alzaprimas se colocan cada un metro y por lo general se les une con tablas de 1\*4 para ayudar a prevenir desplazamientos horizontales de estas. Además se debe considerar siempre dar una contraflecha de aproximadamente 2 milímetros por cada metro de luz de viga.

Finalmente se colocan las tapas laterales que le daran la altura a la viga, para lo cual se colocan tablas de 1\*6 de canto, una sobre la otra y unidas por listones de 1\*2 cada 60 cm, además para dar rigidez al molde las tapas laterales se unen con alambre del N°14 tortoleado cada 1,2 metros y en la parte superior del molde se coloca un \*12mm como separador cada 1,2 metros.

A continuación se confecciona el moldaje de la losa de hormigón armado para lo cual se colocan alzaprimas de pino de 4\*4 cada un metro y sobre esta se coloca una pieza de 4\*4 en forma horizontal o muerto, el cual va unido a la alzaprima mediante una tabla de 1\*4 también llamada oreja. Además, se colocan tablas de 1\*4 que unen alzaprimas y las amarra unas con otras evitando su desplazamiento horizontal. Sobre el muerto se colocan vigas de 1\*6 de canto cada 50 cm, además, sobre estas vigas y perpendiculares a las mismas se colocan tablas de 1\*6 dando el ancho y largo de la losa. **(Fig.A.32)**

Para el caso de los moldajes para cimientos se procede de la siguiente manera.

En la mayoría de los casos el hormigón se vierte en la zanja del cimiento, y la tierra hace de moldaje. En estos casos se han de tomar precauciones en cuanto a la porción de tierra que se introduzcan o a la absorción del agua en el hormigón por el terreno. Para evitar estos fenómenos, las zanjas se pueden forrar con polietileno.

Cuando el terreno no es firme, los encofrados se pueden sostener contra las paredes de la zanja. **(Fig.A.33)** Cuando el cimiento esta en un terreno con desnivel, se puede hacer encofrados con escalones en intervalos regulares.

Para el moldaje de un voladizo se puede observar que es el mismo que se realiza para una losa, pero el detalle que se debe tomar en cuenta es la unión del moldaje del voladizo con el moldaje de la losa. **(Fig.A.34)** En el moldaje de la viga se debe apoyar la tabla que le dará el nivel a la viga necesaria para el moldaje de la losa. El detalle de amarrar las alzaprimas para que no tengan movimientos horizontales, es muy importante cuando se realiza el moldaje de un voladizo, como también para cualquier moldaje de losa. **(Fig.A.35)** Se debe apoyar una alzaprima en el suelo para que no sufra desplazamientos verticales, esto es fundamental en un moldaje de cualquier tipo, no debe sufrir movimientos verticales cuando se comienza a hormigonar. **(Fig.A.36)**

El moldaje de una losa en voladizo apoyada en el voladizo inferior, es igual al mencionado anteriormente. Este caso lo encontramos cuando realizamos balcones. **(Fig.A.37)**

En el caso de una losa que llega a una cadena, el moldaje de la cadena y el moldaje de la losa se debe realizar de la misma forma que se menciona en el párrafo correspondiente. El detalle a tener en cuenta debe ser la unión de estos dos tipos de moldaje. Las tablas que forman el fondo de losa (1\*6), deben apoyarse en las tablas que forman el costado de la cadena (1\*6), quedando estas a nivel. **(Fig.A.38)** Existen dos criterios para hormigonar este elemento, el primero consiste en hormigonar hasta fondo de losa, para posteriormente hormigonar la losa completa. El segundo criterio indica que se puede hormigonar todo de una vez, teniendo especial cuidado con el vibrado de la cadena.

La llegada de las vigas del moldaje de la losa, al de la cadena, muestra la tabla que le da el nivel a las mencionadas vigas, generando el nivel al molde del fondo de losa. **(Fig.A.39)**

Existen una serie de condiciones de seguridad en trabajos de moldajes que se enumeran a continuación:

- no se permitirá la circulación de los trabajadores entre las alzaprimas, una vez terminado el moldaje;
- no deben transmitirse vibraciones de motores al moldaje;
- cuando se trabaje a más de tres metros de altura se deben proteger los trabajadores con cinturón de seguridad, y
- no se acumularan elementos inflamables cerca de los moldajes.

### 1.3. MOLDAJE METÁLICO.

Como su nombre lo indica este moldaje es metálico, sus tableros están conformados por bastidores y placas metálicas. **(Fig.A.40)**

En general todos los elementos adicionales que traen, andamios, escalerillas, puntales, etc. son metálicos. **(Fig.A.41)**

Entre sus ventajas en comparación con el tradicional encontramos:

- es muy rápido de instalar,
- el tipo de placa lisa que lo forma, deja el paramento de forma que no necesita estuco o si llegase a necesitar esta es muy poca carga. Lo que genera un ahorro económico,
- el que una obra de edificación no lleve estuco ayuda a disminuir el peso muerto que tiene la estructura, generando también una disminución en la dimensión de los cimientos;
- disminuye la cantidad de basura que se encuentra en las obras,
- al usar un cono tan bajo (3) es posible desmoldarlo al día siguiente, y
- no absorbe agua, entonces se puede usar una relación de agua/cemento muy baja, aumentando la resistencia del hormigón.

Entre las desventajas que podemos encontrar la más importante es el costo inicial de estos. Pero a pesar de lo elevado que es se puede compensar si pensamos que se le puede dar hasta 100 usos, e incluso se les han llegado a dar 400. También existe la posibilidad de arrendarlos.

Otra desventaja es que necesitan obreros especializados que lo trabajen, para optimizar sus rendimientos.

En el caso del moldaje metálico para losas se debe seguir la secuencia que sigue.

Para empezar se debe instalar la base que afirmara los pie derecho o elementos verticales de apoyo, que en el moldaje tradicional conocemos como alzaprimas. Luego se deben poner los postes de apoyo de la altura requerida. Ya instalados todos los postes se deben colocar los elementos horizontales conocidos como largueros, que no deben estar a más de 1.5 metros de distancia. Inmediatamente se deben colocar las diagonales, que son las destinadas a absorber las cargas laterales. Con lo anterior ya se tiene armado el

apuntalamiento exterior de la losa. Se ponen a continuación las cerchas que serán las que recibirán el molde de la losa. Ya se puede instalar el panel que forma el molde de la losa. **(Fig.A.42)**

Es importante destacar que aunque permite un rápido sacado del moldaje, las losas igual deben quedar reforzadas con alzaprimas en el centro de esta para evitar una deformación permanente en las losas. El moldaje metálico permite dejar las alzaprimas. **(Fig.A.43)**

Entre las partes importantes a destacar del moldaje metálico en lo que se refiere a los muros es que en la losa inferior se debe dejar una parte del muro hecho aproximadamente 10 centímetros que le permitirán al moldaje metálico apoyarse, y poderse levantar luego para su desmolde, para levantarse estos poseen unos tornillos. **(Fig.A.44)**

Para iniciar la colocación de un moldaje de muro se debe fijar al suelo una base (1), la que puede ser madera, la que acelerará el montaje de los paneles. Luego se debe clavar el panel a la base a través de las perforaciones del panel (2). Para instalar el panel adyacente en su posición se debe fijar con las grapas especiales que vienen incluidas con el moldaje (3). Luego se revisa que este bien alineado y se procede a clavar en la base (4). **(Fig.A.45)**

Para el montaje de la segunda cara del moldaje se debe insertar y asegurar los tensores y luego se debe clavar el panel a la base. **(Fig.A.46)**

Es posible también encontrar moldajes metálicos de muro con la característica principal de tener incorporada parte del moldaje de la losa. **(Fig.A.47; A.48)**

Aunque es importante destacar los beneficios que proporcionan el moldaje metálico, es importante también comentar que todos estos beneficios se ven claramente cuando se trata de obras de una mayor envergadura, o de empresas que están constantemente construyendo grandes edificios o condominios. La construcción de una casa no vale el gasto de arrendar estos tipos de moldajes, más vale ocupar el ya conocido moldaje tradicional.

Las principales empresas que tienen moldaje metálico en Chile, son EFCO y Outinord, ambas empresas son internacionales, con oficinas en Chile. Estas empresas no construyen los moldajes en el país, estos son traídos desde el extranjero.

A la entrada al país de estos moldajes no se les realiza ningún control de calidad en sí al moldaje, sino más bien se exigen controles realizados en el exterior que son más bien a los materiales que lo componen. Lo más cercano a un control de calidad lo realizan cuando grandes empresas solicitan ensayos de presión de hormigón.

Lo más nuevo que se encuentra hoy en día en cuanto a moldajes metálicos, son los moldajes de aluminio **(Fig.A.49)**, estos presentan la ventaja de ser más liviano que los metálicos corrientes que hoy día existen en el mercado. El que sea más liviano disminuye los costos directos e indirectos, no requieren grúas ni otros equipos costosos al poder ser transportados por una persona. **(Fig.A.50)**

Al igual que los moldajes de acero, estos son de bastidores de aluminio y placa del mismo material. El que la placa sea de aluminio permite darle textura al muro por una cara. Lo más común es encontrar textura de ladrillos. **(Fig.A.51)**

#### **1.4. MOLDAJE DONATH.**

Este es un moldaje hecho en obra y es de madera, lo que lo diferencia con el moldaje tradicional es el que se trabaja sobre la base de un tablero tipo. Con dimensiones estándar. **(Fig.A.52)**

El tablero esta compuesto por tablas de 1\*6, que forman el plano que va directamente con el hormigón, con estas cuatro tablas formamos las dimensiones requeridas de este tablero, los 60 centímetros de ancho y los 120 centímetros de largo. Además están los travesaños que sirven a la vez para rigidizar el moldaje y afirmar las tablas del molde. Estos travesaños son tablas de 1\*3, los cuales pueden ser cambiados por listones de 2\*2.

Están determinadas las separaciones entre los travesaños. Estos son cinco centímetros con el borde y diez centímetros entre los que forman las diagonales.

En cuanto al apuntalamiento de ese tipo de moldaje se hace igual que el moldaje tradicional, con alzaprimas, puntales, etc.

Como se puede concluir de lo anterior este moldaje no pasa más allá de ser un tipo de tablero estándar, como se dijo anteriormente.

Tiene la facilidad de hacer una especie de taller de moldaje en obra, ya que como no son a medida se pueden hacer en serie.

La desventaja de este moldaje, es que las dimensiones de la obra deben ser adecuadas al tablero, o si no la solución será completar lo que falta con moldaje tradicional.

Como se puede observar la parte del apuntalamiento, o sea las alzaprimas y vigas de apoyo son idénticas al moldaje tradicional que vimos anteriormente. Pero en detalle se muestra que sobre esto un listón separador que servirá para afirmar el tablero donath. (Fig.A.53)

Al igual que en la losa el apuntalamiento de la viga consta de pilares y vigas similares a las ocupadas en el moldaje tradicional. Vale destacar que se a adaptado el tablero a las dimensiones de la viga, el tablero donath general tiene cuatro tablas de 1\*6, y como vemos en la figura tenemos tableros compuestos por tres tablas. (Fig.A.54)

Se muestra la parte anterior y posterior del moldaje de un muro formado por tableros donath. (Fig.A.55; A.56)

## **1.5. MOLDAJE DESLIZANTE**

### **1.5.1. Descripción de los moldajes deslizantes.**

- **Moldaje propiamente tal.** Está constituido por paneles que, ensamblados en el lugar en que se va a colocar el hormigón, rodean las paredes de la construcción en toda su sección horizontal.
- **Cerchas.** Mantienen los paneles del moldaje en la posición indicada en el proyecto, contrarrestando su tendencia a separarse bajo el empuje del hormigón fresco, además por medio de ellos los paneles se elevan al poner en marcha los dispositivos de elevación.
- **Dispositivos de elevación.** Son gatos hidráulicos que, sujetándose sobre las barras de apoyo, arrastran hacia arriba todo el conjunto del moldaje deslizante.
- **Barras de apoyo metálicas:** reciben a través de los gatos todo el peso del moldaje deslizante y lo transmiten directamente a los cimientos de la obra.
- **Plataformas de trabajo:** a partir de ellas se realizan todas las operaciones necesarias para hormigonar las paredes de la construcción. Están normalmente escalonadas en dos niveles diferentes, las plataformas superiores se encuentran conectadas directamente a los paneles del moldaje, las plataformas inferiores se encuentran colgadas de las superiores.

- Redes de las diferentes instalaciones: para instalaciones eléctricas, de agua, etc. necesarias para el funcionamiento de los moldajes deslizantes.

**1.5.2. Principios de construcción.** Los principios en que se basan la construcción y el funcionamiento de los moldajes deslizantes son los siguientes:

- Creación de una instalación compleja, provista de espacio necesario para el vertido del hormigón, que es un moldaje doble de pequeña altura; una plataforma de trabajo superior y de una inferior en distintos niveles que se apoyan en el moldaje; una instalación de elevación de la que cuelga todo el moldaje; una instalación de control de la horizontalidad; una instalación eléctrica de iluminación para el trabajo nocturno; instalaciones de agua para el riego de las paredes; instalación de calefacción para el tiempo frío.

Esta compleja instalación esta concebida, por tanto, para poder realizar todas las operaciones que componen la cadena tecnológica.

El moldaje se desplaza continuamente en altura, a una velocidad fijada de antemano, de manera que tras su paso las paredes no necesitan más que eventuales retoques de poca importancia, que pueden hacerse utilizando andamios colgantes.

- Apoyo del peso del conjunto de la instalación por medio de los dispositivos de elevación, esto se logra por medio de una serie de barras metálicas, que descansan directamente en los cimientos o en el hormigón endurecido, de esta forma es posible desmoldar pronto el hormigón vertido, ya que no tiene más que soportar su propio peso y la tendencia a pandear de las barras de apoyo.
- Utilización de la rigidez de las paredes para impedir el pandeo de las barras de apoyo, que por esta razón suelen ser de pequeño diámetro [25 a 32 mm] y recuperación de las mismas al terminar el deslizamiento.
- Vertido del hormigón desde poca altura en el moldaje, en capas delgadas de 10 a 20 cm lo que permite su optima compactación y la aplicación de una nueva capa antes de que haya fraguado la precedente, así sea cual sea la altura de la obra, esta es monolítica y sin juntas horizontales.

**1.5.3. Ventajas y condiciones de aplicación.**

- Se realizan simultáneamente numerosas operaciones que con otros métodos de construcción se hacen sucesivamente, lo que conduce a una notable reducción del plazo de ejecución.
- Se suprimen los tiempos muertos y los estrangulamientos, fijando el paso de la cadena tecnológica y dimensionado todos los medios en función de este paso, lo que asegura la continuidad del trabajo.
- Gran velocidad de ejecución, alcanzando hasta 6 mts de altura por día.
- Se logra una calidad superior de obra, como consecuencia de su monolitismo, lo que permite economías sensibles de armaduras.
- Se crea la posibilidad de realizar como piezas estandarizadas una gran parte de los elementos del molde deslizante que son independientes de la forma de la construcción.
- Se hace posible la construcción de obras de gran altura (100 mts o más) sin la necesidad de andamios.

En contrapartida con las ventajas citadas, el método requiere una serie de condiciones obligatorias, en lo que concierne sobre todo a su conocimiento, asimilación y organización en su aplicación.

- El proyecto debe ser hecho con técnicos competentes, que conozcan el método a fondo, sus posibilidades y condiciones de aplicación.
- La ejecución de las obras debe ser dirigida por profesionales que hayan aplicado ya el método y adquirido los conocimientos y experiencia indispensables para la realización de obras de este tipo. Todo el personal de obra debe conocer el sistema y estar instruido acerca de su trabajo.
- La obra debe disponer de materiales especiales y personal especializado para la elevación del moldaje.
- La obra debe disponer de personal en número suficiente para asegurar la continuidad del trabajo, de día y de noche, en dos turnos.
- Los moldajes deben ser fabricados y montados muy exactamente, pues las tolerancias son mucho menores (del orden del milímetro) que las comúnmente admitidas en obra, lo que exige utilizar equipos especializados.

**1.5.4. Obras que se construyen con moldajes deslizantes.** El método de los moldajes deslizantes, por las amplias posibilidades que ofrece, tiene una amplia gama de aplicaciones y ventajas que comprenden todos los tipos de construcciones elevadas.

- Silos: los silos se caracterizan por su gran altura en relación con sus dimensiones de planta, y por el hecho de que sus paredes deben resistir el empuje de los materiales que almacena, en general las paredes son de hormigón armado. El material que almacenan se introduce por la parte superior y son retirados por la inferior, para lo cual los fondos de las paredes se inclinan y forman una tolva. El deslizamiento de las paredes puede comenzar por encima de la tolva, en cuyo caso aquellas se apoyan sobre soportes, o bien al nivel de los cimientos en los que se apoyan directamente.
- Estanques agua: la mayoría de estos se encuentran en lo alto de una subestructuras, que puede tener las más variadas formas con bases cilíndricas y/o columnas. Esto las lleva a ser adecuadas para moldajes deslizantes.
- Chimeneas: por su gran altura y pequeñas dimensiones en planta, la aplicación del método es muy ventajosa, pues permite obtener notables economías en andamios y moldes. Existen algunas que tienen formas cónicas, lo cual también permite de forma más favorable el uso de estos.
- Obras de edificación: para los diferentes tipos de obras de edificación, la aplicación del método presenta un gran interés, sobre todo en la construcción de edificios de viviendas de más de siete plantas, que se repiten varias veces, lo que asegura la continuidad del trabajo, factor que hace valer la aplicación del método de los moldajes deslizantes.
- Pilares de puentes: la mayoría de los puentes tienen forma vertical y se adaptan muy bien al moldaje deslizante.

**1.5.5. Hormigón que se utiliza con moldajes deslizantes.** El material básico en las obras que se construyen con moldaje deslizante es el hormigón, que debe escogerse de modo que cumpla unas condiciones diferentes de cuando se usa moldaje fijo, lo que requiere de un estudio previo, preparación,

transporte y puesta en obra que observen estrictamente ciertas reglas y principios.

El método de los moldajes deslizantes se caracteriza por el desencofrado rápido del hormigón, que se separa del molde en los 6 u 8 decimos de su altura, 4 a 8 horas después de su colocación.

En el interior del moldaje deslizante el hormigón se encuentra en diferentes grados de endurecimiento, que va desde un hormigón fresco a uno cada vez más duro, a medida que se aleja de la cara superior del moldaje deslizante. Para poder cumplir estas condiciones, el hormigón que se coloca debe tener una serie de cualidades, acompañadas por los factores que influyen en ellas.

De las cualidades del hormigón dependen la velocidad de deslizamiento, la resistencia y el aspecto de la obra, y en general su calidad, de manera que la realización de un hormigón absolutamente adecuado es una condición esencial para el éxito de la aplicación del método de los moldajes deslizantes.

Para que el hormigón se separe del molde, mantenga su forma y arriostre las barras de apoyo, es preciso que el fraguado comience de 1.5 a 2.0 horas y termine de 4 a 6 horas después de su preparación, y que la resistencia aumente rápidamente en las primeras horas del endurecimiento, para alcanzar unos 1,5 a 2,0 kg/cm<sup>2</sup>, 4 a 8 horas después de la colocación.

**1.5.6. Determinación de la velocidad de deslizamiento.** Las obras construidas con moldajes deslizantes impresionan siempre a causa de la velocidad con que progresan en altura.

La determinación de la velocidad de deslizamiento es uno de los puntos esenciales, tanto para la eficacia del sistema, como para la organización de la obra.

Los factores de velocidad se mencionan a continuación.

- Organización de la obra: las instalaciones de confección, transporte y elevación del hormigón, las instalaciones de elevación del moldaje deslizante y los equipos de trabajo, que forman parte de la organización de la obra, deben ser escogidos de manera que no limiten la velocidad de deslizamiento, con este fin se recomienda que todos los medios de ejecución se dimensionen para 1,3 veces la velocidad media programada.
- Endurecimiento del hormigón: algunas horas después de su puesta en obra, el hormigón debe ser bastante resistente para separarse del molde unos 2/3 de su altura y para arriostrear las barras de apoyo para que evitar el pandeo. Como el tiempo de fraguado es de 2 a 6 horas, dependiendo de la temperatura, y la separación del hormigón se produce después del fin del fraguado, la velocidad máxima no puede sobrepasar de 25 cm/hr, mientras que la media es de 10 a 15 cm/hr.
- Capacidad portante de las barras de apoyo: el peso del moldaje deslizante con todo lo que en él se encuentra, es soportado por las barras de apoyo, por lo que es absolutamente necesario que durante el deslizamiento no se sobrepase su capacidad portante. Esto depende en primer lugar del endurecimiento del hormigón y de la rigidez de las barras, que esta determinada por su diámetro y espesor. Para evitar que sea sobrepasada la capacidad portante debe cuidarse, durante todo el deslizamiento, que las cargas se repartan tan uniforme como sea posible sobre las plataformas del moldaje deslizante y de que la elevación de estas sea lo más uniforme que se pueda, manteniendo horizontal la plataforma superior, para evitar la sobrecarga de algunas barras.

## 1.6. MOLDAJES MIXTOS.

Llamamos mixtos a los que tienen armazón de acero y tablero de madera, estos generalmente son más económicos que los metálicos ya que la madera abarata los costos generales del moldaje, en comparación con los metálicos. (Fig.A.57)

La madera que se ocupa en estos moldes comúnmente es madera tratada, puede ser prensada. Se afirma al armazón de acero con tornillos.

Entre las ventajas tenemos que el panel puede ser transportado por personas, no hace necesario tener una grúa, pensando en un edificio pequeño, si consideramos una obra de mayor envergadura, se necesitara la grúa para otras actividades, como transporte de materiales, lo que facilitaría también el traslado de los moldajes a los pisos superiores. **(Fig.A.58)**

El conjunto da una superficie lisa. Además considerando que los elementos que rigidizan el molde, son los bastidores y estos son de acero así que presentan mayor resistencia.

Los elementos del sistema permiten adaptarse desde pequeñas obras a grandes obras de edificación.

El encofrado por su buena relación calidad precio pone al alcance de la pequeña y mediana empresa constructora, una tecnología reservada hasta ahora a las grandes constructoras.

Lo más común de ver hoy en día en las obras en Chile es este tipo de moldaje.

Técnicamente tiene las mismas características y se debe tratar de igual forma, comparándolo con el de madera tradicional, da un mejor terminado, lo que permite un ahorro significativo en estucos o revoques, al tener al hormigón en contacto con una superficie lisa y pareja, que encontramos en las placas de madera tratada. Si pensamos en el armazón de acero, se puede inferir que tendrán mayor duración que los tradicionales.

Otra comparación que se tiene con los tradicionales es el tiempo necesario para realizar el encofrado o moldaje, existe un ahorro de 0.15 horas por metro cuadrado de moldaje.

Es imposible dejar de pensar en el costo adicional que tienen estos moldajes, si bien puede traernos un ahorro en estuco, su precio de compra no es menor, pero también existe la posibilidad de arrendar estos.

Una empresa grande que está presente en Chile y que fabrica estos moldajes es PERI. Esta empresa presenta dos tipos de moldajes, uno con estructura de acero y otro con estructura de aluminio, que facilita más el traslado de los módulos, (módulos se le llama a cada pieza que forma el moldaje, es lo que conocimos como molde propiamente tal en el estudio de moldaje tradicional).

Las características técnicas de este moldaje de aluminio son bastante similares a los de acero. Las ventajas que presenta el de aluminio con respecto al de acero es su peso, ya que el panel de 90\*270 cm pesa 63.5 Kg, y es fácilmente trasladado por dos hombres, a diferencia del moldaje metálico tradicional, que necesita una grúa para el movimiento de los paneles. Además, el de aluminio es tan estable como el de acero. **(Fig.A.59)**

En la figura A.60 se puede ver lo complicado que seria armar un moldaje tradicional para esa obra. Y en la figura A.61 se puede ver como se trabajo con el moldaje PERI, curvo.

## 1.7. ANDAMIOS.

Los andamios son una estructura generalmente metálica **(Fig.A.62)** que se utiliza en la construcción para los trabajos en altura, como puede ser la pintura, el estucado y todo lo que tenga que ver con la fachada exterior de edificios.

Esta estructura se compone de un esqueleto soportante generalmente de acero, se conocen como catres que lo forman tubos verticales y horizontales. **(Fig.A.63)** Como toda estructura se rigidiza con diagonales. La otra pieza fundamental de un andamio son los tabloncillos horizontales que sirven para el tránsito de los trabajadores, el apoyo de materiales, etc. Se debe tener en cuenta que no están diseñados para resistir demasiado peso, por

lo cual deben repartirse las cargas y nunca dejar escombros en estos.

El montaje de estos se puede explicar en la siguiente secuencia.

- Colocar las bases donde se apoyaran las estructuras **(Fig.A.64)**.
- Colocar los verticales y unirlos con los horizontales en dos sentidos **(Fig.A.65)**.
- Empalmar los verticales superiores sobre los mencionados anteriormente y afirmarlos con un pasador **(Fig.A.66)**.
- Colocar las plataformas de trabajo y unir los verticales superiores con horizontales en ambos sentidos **(Fig.A.67)**.
- Estabilizar la estructura con diagonales **(Fig.A.68)**.
- Colocar las plataformas con escalas **(Fig.A.69)**.
- Afirmar la escala en la plataforma inferior **(Fig.A.70)**.
- Instalar las barandas de protección **(Fig.A.71)**.
- Seguir con la instalación de los verticales **(Fig.A.72)**.
- Amarrar los sitios previstos **(Fig.A.73)**.
- Colocar los rodapiés longitudinales y transversales **(Fig.A.74)**.
- Seguir el montaje según lo anterior. **(Fig.A.75)**

Es de mucha importancia mantener en buen estado los andamios o bien si debemos arrendarlos escoger los de mejor calidad, ya que muchos de los accidentes que existen en construcción ocurren en los andamios.

20

19