

# **BLOQUE TEMÁTICO 1**

## **UNIDAD TEMÁTICA 2**

### **LECCIÓN 04**

### **ENCOFRADOS.**

### **DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.**

## ÍNDICE

- 4.1.-Encofrados: definición
- 4.2.- Condiciones que deben reunir
  - 4.2.1- Forma
  - 4.2.2-Resistencia y rigidez
  - 4.2.3- Estanqueidad
  - 4.2.4- Adherencia
  - 4.2.5- Sencillez
  - 4.2.6- Limpieza
  - 4.2.7- Humedecido
  - 4.2.8- Economía
- 4.3.- Clasificación
  - 4.3.1- Tipos de hormigón
  - 4.3.2- Número de usos
    - Recuperables
    - Perdidos
    - Mixtos
  - 4.3.3- Forma de uso: desmontables, deslizantes
  - 4.3.4- Por sus materiales
- 4.4.- Criterio de elección
- 4.5.- Encofrados de madera
  - 4.5.1.- Elementos de un encofrado de madera
  - 4.5.2.- Montajes de tableros de madera
- 4.6.- Encofrados metálicos
- 4.7.- Otros materiales

### **4.1.- Definición:**

- Son construcciones auxiliares de muy diversas formas y materiales, que sirven de molde para la fabricación de un elemento constructivo de hormigón. Se denomina encofrado a toda la construcción auxiliar, pero el encofrado es solo el molde que da forma, y la cimbra, el conjunto de apeos que lo sustenta en su posición concreta.

### **4.2.- Condiciones que deben cumplir los encofrados:**

#### **4.2.1.- Forma**

- Reproducir fielmente la forma y dimensiones del elemento constructivo que se va a hormigonar en él. El hormigón, tiene unas propiedades similares a las de los materiales plásticos, durante varias horas, por lo que se usa para realizar elementos de forma compleja, moldeándolo hasta su endurecimiento. A este molde se le denomina encofrado. Puede tener por lo tanto múltiples formas y tamaños. El conjunto de los elementos necesarios y la variedad de aplicaciones viene impuesto, por imperativos técnicos y económicos variados, por lo que resulta fácil proponer la clasificación de los encofrados, siendo la mas acertada la clasificación por grupos estructurales.

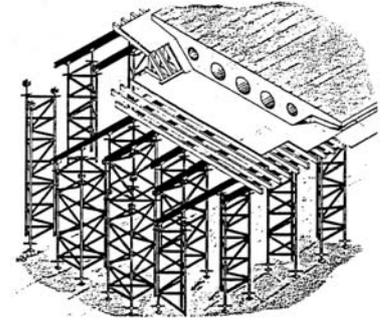
#### **4.2.2.- Resistencia y rigidez**

- Suficiente para resistir, sin asientos ni deformaciones perjudiciales, las cargas variables y acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos a causa del hormigonado y, esencialmente, las debidas a la compactación de la masa.

- Hay que tener en cuenta dos partes con funciones propias:

a) **El molde**, encargado de reproducir la forma deseada para el elemento.

b) **La cimbra**, o conjunto de apeos que sustenta el encofrado, consiguiendo su estabilidad y resistiendo las sollicitaciones a las que esté sometido durante la ejecución del elemento. El encofrador es el que concibe, plantea, monta y prepara los encofrados. Aunque en la práctica, son los técnicos los que tienen que resolver los problemas, que están relacionados, con la resistencia de los muros para soportar las presiones de hormigón fresco, las cotraflechas necesarias en caso de vigas, previsiones y plazo de desencofrado



#### 4.2.3.- Estanqueidad

- Los materiales serán lo suficientemente estancos para impedir pérdida de lechada o de finos, cualquiera que sea la forma de compactación prevista. En el caso de escaleras o de cualquier otro elemento que requiera encofrados inclinados, no será necesario cerrar superiormente el encofrado siempre que el ángulo que forma con la horizontal sea superior a 30 grados, en este caso deben emplearse consistencias secas o entre plásticas y secas.

#### 4.2.4.- Adherencia

- No debe ser adherente al hormigón, a no ser que se trate de encofrados perdidos. La superficie interior será lisa, estando constituida, o protegida, por un material que no permita la adherencia del hormigón en sus superficies, para facilitar el desencofrado, evitando la fractura del molde o desperfectos en la superficie del elemento ejecutado.

- Estos productos deberán cumplir las siguientes condiciones:

- No dejar rastros sobre los paramentos del hormigón
- No deslizarse por las superficies inclinadas de los moldes o encofrados
- No deberán impedir la ulterior aplicación de ni la construcción de juntas de hormigonado.
- Se recomienda utilizar para esos fines barnices antiadherentes compuestos de siliconas, o preparados a base de aceites solubles en agua o grasa diluida, evitando el uso de gasoil, grasa corriente o cualquier producto análogo.

#### 4.2.5.- Sencillez

- Deben ser de fácil y rápido montaje para una mayor economía en tiempo y dinero, deben realizarse para que la forma de desencofrarse sea suave sin operaciones complicadas para que no sea necesario tener que demoler, evitando sobre costos, ya que se trata de una construcción auxiliar, y deben ser adecuados a su función.

#### 4.2.6.- Limpieza

- Tanto la superficie como el interior estará exenta de suciedad. Deben ser inocuos con el hormigón: las superficies interiores de los encofrados deben ser inertes químicamente ante la acción del agua, el cemento y los diversos aditivos que se le pueden añadir al hormigón.

#### **4.2.7.- Encofrados endurecidos**

- Los elementos que se encuentran en contacto con el hormigón se humedecerán antes de proceder al vertido del hormigón para evitar que absorban el agua de este. Por otra parte se dispondrán las tablas de forma que al hincharse, por la humedad, no se deformen anormalmente.

#### **4.2.8.- Economía**

- Para la economía de la obra debe realizarse un estudio de encofrados, así como una acertada elección del material que se emplea, su cálculo y colocación, desencofrado, planificación según el número posible de re usos y entretenimiento de los materiales que lo forman.

- Cuando los elementos constructivos permitan el uso de encofrados metálicos, será lo más conveniente, ya que puede usarse como encofrado-herramienta, y usarse en varias obras con el consiguiente ahorro.

### **4.3.- Clasificación**

-Clasificaciones de los encofrados atendiendo a diferentes aspectos:

#### **4.3.1.- Por el tipo de hormigonado.**

##### **a) Encofrado de hormigones vistos**

- Los hormigones vistos, son hormigones que muestran al exterior su naturaleza durante toda la vía de la obra.

- Del proceso de ejecución de todo hormigón, puede ocurrir:

- Que la superficie del hormigón no sufra tratamiento alguno y quede tal cual resulte al desencofrar: **HORMIGONES VISTOS PROPIAMENTE DICHO**

- Que desencofrado prematuramente, o con empleo de retardadores superficiales, permite que se elimine por simple lavado la película exterior de la lechada: **HORMIGONES LAVADOS**

- Que una vez desencofrados sufran un tratamiento de talla superficial con bujarda, rasqueta, chorro de arena..., con objeto de cambiar la textura superficial: **HORMIGONES TALLADOS**

- Que sean pulimentados: **HORMIGONES PULIDOS O TERRAZOS**

Reglas generales:

- Cuidar las aristas, como puntos más delicados, y a ser posible matarlas con berenjenos o molduras. El empleo de berenjenos triangulares o trapezoidales, permite ocultar los defectos aparentes de las juntas de hormigonado, o bien emplear listones que permitan definir líneas rectas de junta.

- Proceder a desencofrar cuidadosamente para no producir desconchones. Es conveniente humedecer antes los encofrados, si están demasiado secos, antes de desencofrar.

#### **b) Encofrados de hormigón para revestir**

- Aquellos en los que se recupera prácticamente la totalidad del material. Este tipo es el más usado entre todos los sistemas de encofrado. Se basa en recubrir lo que será la pieza de, para verter el hormigón en el interior del encofrado, sirviendo de envoltura hasta su endurecimiento, tras el cual se retirará el material de encofrado

#### **c) Encofrados perdidos**

- Aquellos que no se recuperan, por quedar embebidos en la obra, o por ser ésta operación muy dificultosa y antieconómica. El encofrado termina siendo parte de la pieza de hormigón, pero su misión es solo servir de molde. No confiere resistencia a la pieza.

#### **d) Encofrados mixtos**

- Permiten recuperar parte del material

### **4.3.3.- Por su forma de uso**

#### **a) Encofrados desmontables:**

- Aquellos que una vez el hormigón ha alcanzado la resistencia adecuada para proceder al desencofrado, desnudando las piezas elementales que lo forman. La mayoría de los encofrados son de este tipo.

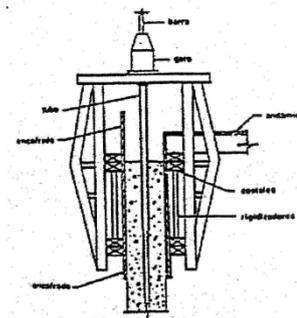
#### **b) Encofrados deslizantes:**

- Una vez montado, se desliza y traslada, generalmente, en el sentido vertical, manteniendo su forma y apoyándose en la parte ya endurecida del hormigón fraguado, a través de gruesas barras metálicas que quedan embebidas en el hormigón. Por este motivo no se producen juntas de hormigonado.

Pueden ser:

**-De deslizamiento vertical:** Que permite la realización de un hormigonado continuo en muros de gran altura y caras paralelas, como torres, pozos o cualquier otro tipo de constructivo en el que domine la longitud sobre la sección transversal que se mantiene constante, y en los que se transmite fundamentalmente esfuerzos de compresión en sentido longitudinal.

**-De deslizamiento horizontal:** Permiten el hormigonado de elementos de eje horizontal o ligeramente inclinado, estando especialmente indicados para galerías, túneles, clectores, taludes, etc.



### **4.3.4.- Por sus materiales:**

### a) Encofrados de madera:

- Su ejecución in situ. Sus principales ventajas son:
- Protección del hormigón fresco de los cambios térmicos del sol directo.
- La buena estanqueidad de sus, producido aún juntas a tope, por la hinchazón que sufre la madera al humedecerse.
- Un buen curado de la superficie del hormigón por el agua retenida por la madera, si se ha regado convenientemente el encofrado.
- Posibilidad de conseguir gran variabilidad de texturas.
- Versatilidad, permite resolver prácticamente todos los encofrados que se pueden presentar en estructuras de hormigón.
- Las maderas mas empleadas son pino y abeto, y rollizos de eucalipto y chopo, como puntales aunque estos han sido reemplazados por los metálicos telescópicos. La madera no presentará principio de pudrición, defectos, anomalías o alteraciones.
- Las escuadrías utilizadas son:

Tabla: ancho, entre 10 y 20 cm

Grueso de 2,00, 2,50; y 3,75, prohibidas las de menos de 2 cm

Largo o listón: 5,2 x 5,2; 6,5 x 6,5 y 7,6 x 7,6 cm

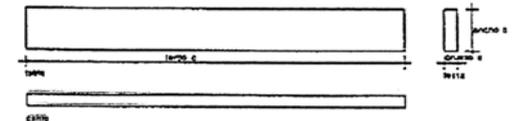
Tablón: 5,2 x 15; 6,5 x 15 y 7,6 x 15

En los rollizos se admitirán curvaturas y dobles curvaturas sensiblemente uniformes, si la desviación respecto al eje teórico que une la base y la cogolla no sea excesiva, la NTE la fija en 5mm.

- SE CONSIDERA DIÁMETRO DEL PUNTAL EL MENOR QUE PRESENTE A LO LARGO DE SU LONGITUD, SIN INCLUIR LA CORTEZA. Los diámetros deben ser superiores a 7cm. Para mayor aprovechamiento de la madera se deben usar piezas enterizas. Son realizados de la forma mas sencilla posible, colocando las tablas a tope, confiando la unión a los clavos.

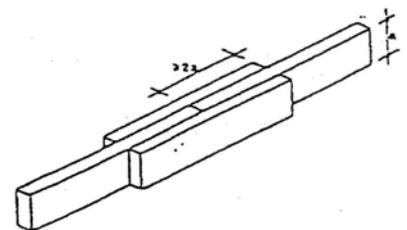
- La tabla 1 nos da la longitud mínima de las puntas en función de las escuadrías de las maderas a unir, en la tabla 2 obtenemos para cada escuadría de la madera aserrada de menor sección, el número de puntas de diámetro 2,5mm. A disponer cuando la unión se encomienda sólo a la acción de las mismas.

- Los empalmes de costilla, tornapuntas y sopandas se realizan con doble cubrejuntas, de igual escuadría y longitud a cada lado de la junta, no menor de 2 veces el lado mayor de la escuadría que se empalma.



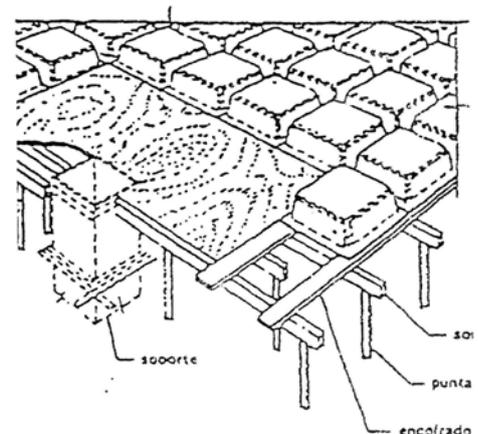
### b) Encofrados metálicos

- Cuando las formas y dimensiones se repiten resulta más económico utilizar los encofrados metálicos. Los elementos metálicos han encontrado un gran campo de aplicación, como elementos de sustentación, constituida por puntales metálicos de altura regulable para el apoyo de los fondos de vigas y vigas metálicas en celosía, extensibles, que se adaptan a distintas medidas, y que permiten salvar grandes luces.



### c) Encofrados plásticos:

- Propiedades:



-Facilidad de obtención de pieza de formas muy variadas, gracias a su fabricación por estampación o multicapas

-Rigidez: de forma, que garantiza la indeformabilidad del encofrado, pero al mismo tiempo con una cierta deformabilidad que facilita el desencofrado.

-Perfección de las superficies de hormigón encofradas con plástico.

-Ello ha hecho que el plástico rígido se aplique como encofrado de forjados, encasetonados y elementos de doble curvatura

**d) Encofrado de cartón:**

- Se limita a pilares circulares, constituidos por tubos de cartón enrollado e impermeabilizado en su interior, tiene dimensiones y diámetros variables.

**e) Encofrados de escayola:**

- Se usan para encofrar piezas de formas variadas, por la facilidad de obtener moldes de escayola por vaciado, por lo que hay que fabricar la pieza en barro, cartón o tallándola en madera, una vez obtenido el molde fragua rápida mente para darle rigidez , se refuerza la escayola con yute, y se corta por las líneas que permitan mas fácil mente su montaje y desencofrado. Solo se usan una vez, también se suele usar para rematar y alisar encofrados de madera. Tienen carácter higroscópico.

**f) Encofrados cerámicos:**

- Tienen variadas aplicaciones, normalmente quedan como encofrado perdido, mejorando las condiciones aislantes del elemento.

**g) Encofrados de hormigón:**

Se incluyen en este apartado todas las piezas de hormigón, que al igual que las cerámicas, quedan como encofrado perdido.

También se usan en prefabricación al ser indeformables y de precisión

- Presión hidrostática y granulostática;

El hormigón fresco, como todos los cuerpos granulosos con un grado de humedad, adopta, en el vertido, un talud natural prácticamente invariable, que constituye una característica individualizadora del mismo.

Pero si se le aplica una cierta vibración, el hormigón se fluidifica, y el hormigón fresco va dejando de comportarse como un árido sin cohesión, hasta llegar a hacerlo aproximadamente como un líquido.

- Esto significa que la presión del hormigón sobre la superficie del encofrado comienza siendo una presión granulostática para pasar a ser una presión hidrostática, en cualquier punto, es rigurosamente perpendicular a la superficie encofrante y la granulostática, en cambio, tiene unos componentes tangenciales, aunque de pequeña importancia.

- En realidad, hasta hace poco tiempo, los encofrados se han calculado considerando que el empuje del hormigón sobre las paredes del encofrado era igual a la presión hidrostática de un fluido con una densidad de 2,5kg/dm cúbico. Pero ensayos recientes han demostrado que esta hipótesis daba resultados excesivos y que en la practica hay que tener en cuenta otros parámetros como: fluidez del hormigón, velocidad de fraguado, dosificación, granulometría de los áridos, temperatura, efecto pared, velocidad de llenado del molde, altura de vertido, tipo de compactación utilizado, distribución de las armaduras, etc.

- Velocidad ascensional del hormigonado;

- Como hemos indicado, la velocidad del hormigonado es un parámetro a considerar para el cálculo de la presión del hormigón sobre los encofrados.

- Esto se debe a que la asimilación del hormigón fresco a un árido sin cohesión, o a un líquido, va perdiendo validez conforme avanza cronológicamente el proceso de fraguado, a cuyo final el hormigón se habrá convertido en un cuerpo sólido. En consecuencia, las presiones sobre las paredes del recinto irán disminuyendo desde el valor máximo correspondiente al momento de iniciarse el fenómeno del endurecimiento, hasta anularse completamente a la terminación del mismo. Esto significa que: si la operación de hormigonar por tongadas sucesivas, se desarrolla durante un proceso suficiente largo en el tiempo, a la vez que las capas superficiales, vertidas en último lugar, están aún frescas, se habrá iniciado el fraguado del hormigón situado por debajo de un cierto nivel, con lo que la cohesión molecular habrá aumentado lo suficiente como para que desaparezcan los posibles empujes laterales.

- El fenómeno en realidad no es tan simplista, pero se puede establecer una profundidad límite (HA) en función de la velocidad ascensional (V) del hormigonado, que vendría dado por la fórmula:

$$H_a = V \times T$$

Siendo t el tiempo preciso para la iniciación del fraguado.

- Aunque no hay que olvidar que este componente cronométrico t de la velocidad ascensional v depende, fundamentalmente de la temperatura de curado, calidad de cemento, dosificación, etc.

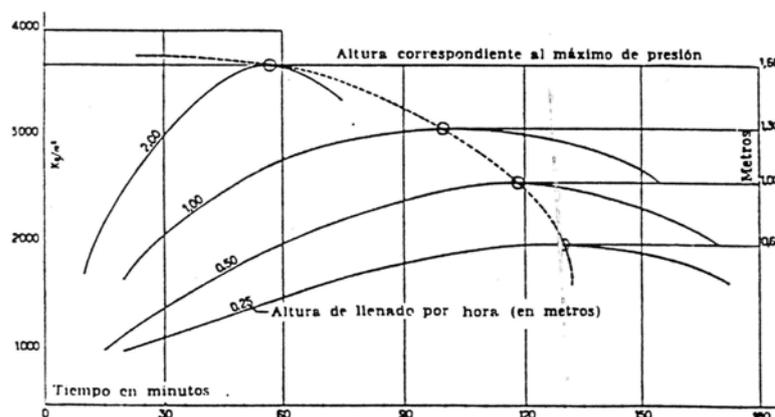
- No obstante, hay numerosas investigaciones que avalan que: en la práctica, no superan los 450kg/m cuadrado, cualesquiera que sea la altura y la velocidad del vertido, aunque existe un efecto de impacto en el vertido del hormigón que hace que esta pueda sobrepasar la máxima señalada, por lo que en algunos casos, como ocurre en la puesta en obra mediante bombeo, habrán que tomarse las precauciones correspondientes.

En resumen:

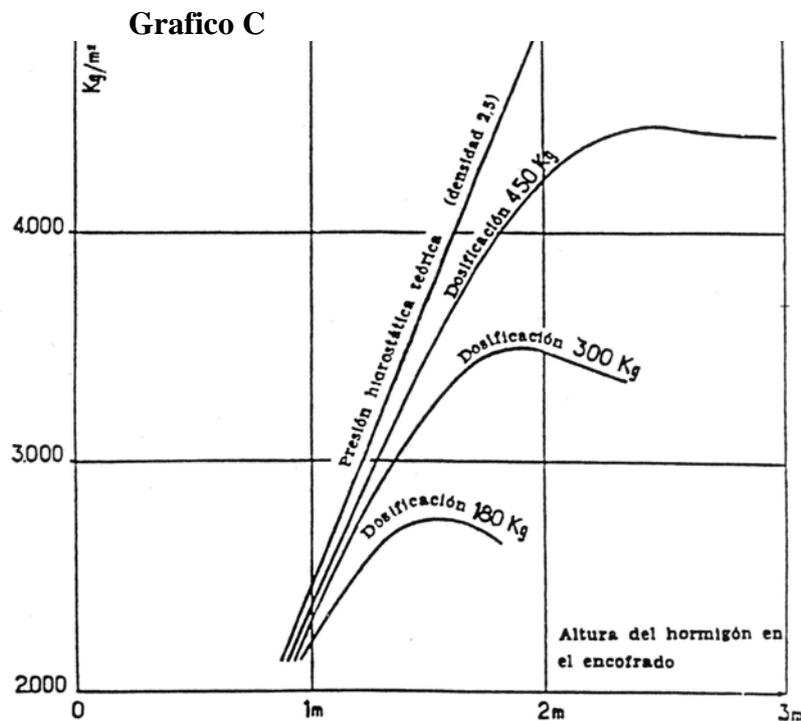
a) La presión viene a ser una presión intermedia entre la presión hidrostática de un líquido con igual densidad que el hormigón y la presión ejercida por un material seco con la misma granulometría y mezcla que este.

b) Crece rápidamente (para una misma velocidad de llenado e iguales condiciones de temperatura y compactado) hasta un máximo de altura ( que no supera los 2,50 m), por encima del cual no aumenta la presión sobre el encofrado.

**Grafico A**



c) Cuanto más rica en cemento es la mezcla que más se aproxima a la presión hidrostática



d) La presión máxima se da entre los 0 grados y los 10, bajando considerablemente, sin cambiar ninguna otra característica, a partir de los 15 grados de temperatura exterior. Los retardadores del fraguado incrementan las presiones del hormigón produciendo prácticamente el mismo efecto que las bajas temperaturas.

e) La vibración, y el empleo de fluidificantes, al devolver al hormigón su fluidez, originan, así mismo, un aumento de la presión, ya que, como hemos indicado, el hormigón deja de comportarse como un árido sin cohesión para hacerlo aproximadamente como un líquido, principalmente en toda la zona de penetración, por lo que debe ser vigilada la profundidad interesada por la aguja vibradora.

- Los rigidizadores primarios, que soportan la superficie encofrante, pueden entrar en resonancia con el vibrador experimentando pequeños desplazamientos siendo acompañados por este movimiento por el hormigón, sin posibilidad de corrección, pudiendo provocarse deformaciones importantes.

- Como criterio puede tomarse un tiempo de 10 a 15 segundos de permanencia de la aguja en la masa del hormigón (incluyendo la subida y bajada de la misma), y una penetración de 0,50 a 0,80m a intervalos de unos 0,50m.

- Así que podemos decir que el espesor de la pared no tiene excesiva influencia en la presión ejercida por la masa de hormigón, siendo, principalmente, la velocidad de llenado vertical lo que influye directamente en la magnitud de esta. Y que, en los casos de compactación por vibrado o con el empleo de fluidificantes, será preciso cuidar la buena terminación de los encofrados adoptando las adecuadas precauciones que garanticen su rigidez.

- Resistencia y estabilidad

También debemos distinguir dos acciones que se producen en el encofrado según este sea horizontal o vertical (Fig. 1.2)

- a) una presión lateral debida al empuje.
- b) Una presión en el fondo debida al peso.

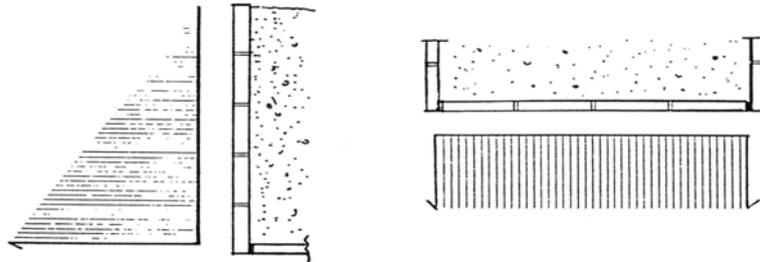


FIGURA 1.2  
ACCIONES SOBRE EL ENCOFRADO

Ambas producen una flexión, aunque en distinto grado, según sea la tipología del elemento, no teniendo la misma consideración en un encofrado de un pilar, que supere los 2,50 m de altura, que en el de una placa, en el que prácticamente la única presión es la debida al peso propio del hormigón.

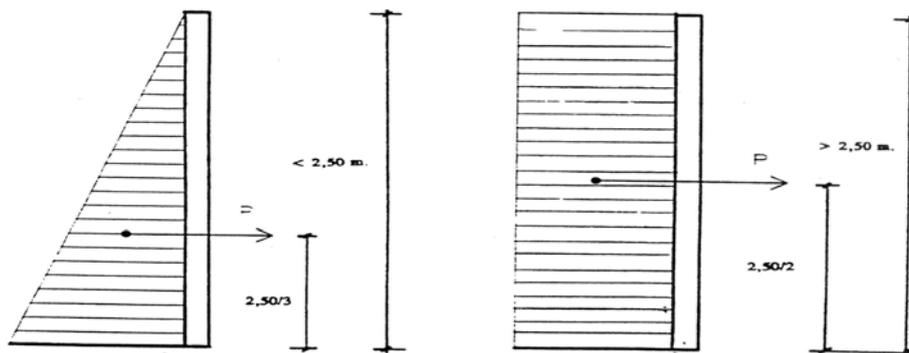


FIGURA 1.3.a-b  
ACCIONES SOBRE EL ENCOFRADO DE ELEMENTOS EN ALTURA

- Esta diferencia hace variable la presión estática debida al empuje, en el caso de elementos en altura, aumenta con esta hasta un límite determinado por lo que, en la practica, para el cálculo suelen tomarse diferentes hipótesis.

- Así, en el caso de pilares, para vertidos rápidos ( 5 m/h ) se toma la carga triangular ( Fig. 1.3 ) y en vertidos lentos, como es el caso del hormigonado de muros gruesos de gran altura, se considera que la presión, es similar a la de una carga uniformemente repartida (Fig. 1.3 b).

- Una vez fijada la presión a tener en cuenta pueden calcularse las dimensiones de los distintos elementos, o el espesor de los tableros y la separación de los rigidizadores.

- Para estos supuestos el momento flector admisible y la flecha viene dados por las siguientes formulas:

$$\text{Momento flector} = K l \times P \times a^2$$

$$P \times a^4$$

$$\text{Flecha} = \frac{K_2 P a^2}{E h^3}$$

Donde: P = presión por unidad de superficie

a = longitud del encofrado entre dos apoyos próximos

E = módulo de elasticidad del material

h = espesor de la lámina de encofrado

K = coeficientes de la tabla en función de la relación b/a (tomando b como lado mayor)

sb/a	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	infinito
k <sub>1</sub>	0,05131	0,0665	0,0757	0,0806	0,0829	0,0833
k <sub>2</sub>	0,0138	0,0199	0,024	0,0264	0,0277	0,0284

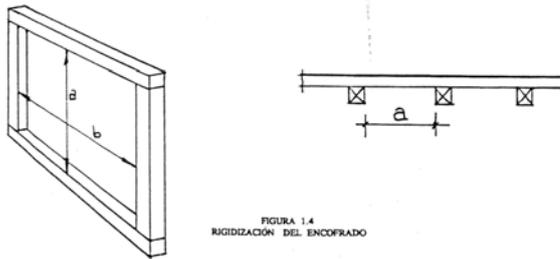


FIGURA 1.4  
RIGIDIZACIÓN DEL ENCOFRADO

### -Condiciones que deben reunir los encofrados

Independientemente del material con que se realicen, los encofrados deben reunir una serie de condiciones de eficacia, relacionados con su misión, como:

**a) Resistencia y rigidez:** Deben resistir sin asientos ni deformaciones apreciables, las cargas y acciones, de cualquier naturaleza, que se produzcan sobre ellos como consecuencia del hormigonado, vibración de la masa, etc

Los movimientos máximos permitidos son de 5mm para movimientos locales y la milésima de la luz para el conjunto.

**b) Estanqueidad:** serán estancos, evitando la pérdida de lechada o de finos.

**c) Deben ser inocuos con el hormigón:** Las superficies interiores de los encofrados deben ser inertes químicamente ante la acción del agua, el cemento y los diversos aditivos que se le pueden añadir al hormigón. Para ello, es importante que estén limpios antes de verter la mezcla.

**d)** La superficie interior será lisa, estando constituida, o protegida, por un material que no se adhiera al hormigón, para facilitar el desencofrado.

**e)** Su concepción será simple, de manera que, cumpliendo su misión sea de fácil ejecución y desmontaje sin operaciones complicadas, pero deben ser adecuados a su función

**f)** Tendrá la durabilidad adecuada, posibilitando el mayor número de puestas en buen estado

### -Desencofrado

Es el desmontaje del encofrado.

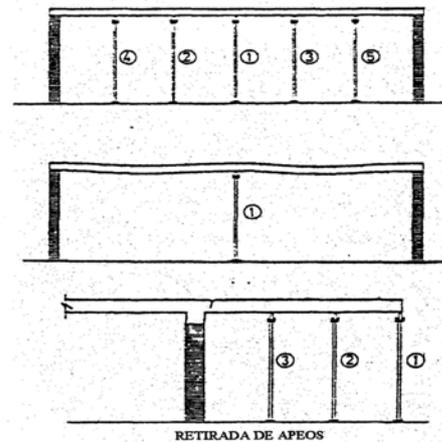
El artículo 21 de la EH-91 regula las condiciones que deben cumplirse en el desencofrado.

Las operaciones de desencofrado y descimbrado dependen del propio elemento que se a encofrado, del tipo de cemento usado en el hormigón, de las condiciones ambientales, y de otra serie de condiciones, pero podemos decir, que en condiciones normales y con cemento portland, las piezas verticales sometidas a compresión, se pueden desencofrar a los 2 o 3 días, y en las piezas sometidas a flexión, como vigas y jácenas, también, los fondos que soportan el sobrepeso y las cargas adicionales ,no serán retirados hasta los 21 días.

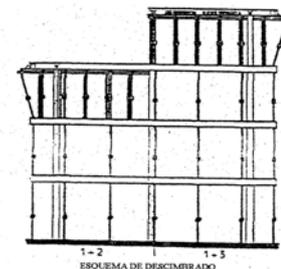
En la actualidad, con garantías de control de calidad y hormigón bien dosificado, se retiran los costeros a las 24 horas y los fondos a los 3 o 7 días, cuando la temperatura es fría los tiempos deben prolongarse.

Los apeos se irán retirando de forma que el elemento de hormigón vaya entrando en carga gradualmente y de modo uniforme. De no ser así podría dañarse la estructura. Primero deben descimbrarse los puntales del centro, e ir en etapas sucesivas, retirando los demás hacia los apoyos de manera simétrica.

El mismo problema puede darse en caso de voladizos, en los que se hace al contrario, primero se retiran los puntales de exterior, para que las solicitaciones se aproximen a la que tendrá al final la estructura, si no se producirían fisuras en el arranque.



Por termino medio, el peso de la estructura suele ser 1/3 del peso del peso gravitatorio final, por lo que , una vez desencofrada una planta, no deben quedar sobre ella mas de tres plantas encofradas, ya que a través de los puntales, el peso de esta se transmite a la planta desencofrada, por eso, el proceso normal es ir recuperando sopandas a partir de los 3 días, de manera que al menos quede 1 sopanda cada 2m hasta los 21 días o los 28 que el hormigón alcanza su resistencia característica.



## MATERIALES PARA LOS ENCOFRADOS

### 4.4.- Criterios de elección

El material a utilizar en los encofrados debe permitir el máximo número de usos dada su condición de “medio auxiliar”.

El moldeo como el desmoldeo deben ser operaciones sencillas.

Los materiales que mas se emplean son: la madera y el acero. También son usuales, en función del elemento, el aluminio, los plásticos, las fibras de cartón, la escayola (en elementos ornamentales), los materiales cerámicos (en encofrados perdidos), etc.

#### 4.5.- Encofrados de madera:

La madera no tiene limitaciones debidas a las tipologías de las piezas a hormigonar. Y aunque su número de puestas, en obra puede ser limitado, tiene la ventaja de su ligereza, fácil colocación, protección térmica, etc.

Las maderas que se emplean son: resinosa, de fibra recta, como pino o abeto. La madera en ningún caso presentará principio de pudrición, defectos, anomalías o alteraciones.

Existen dos casos diferenciados: El empleo de tableros contrachapados y la madera aserrada.

Los tableros suelen ser de chapas encoladas, con colas resistentes al agua, y aglomerados hidrófugos, Un contrachapado de buena calidad y 15 mm. de espesor admite cargas del orden de 100 kg/m<sup>2</sup>.

La madera aserrada es resinosa, de fibra recta, pueden tomarse resistencias a la compresión, de 80 a 100 kg/cm<sup>2</sup> y a flexión 80 kg/cm<sup>2</sup>.

Por otro lado el grado de humedad no debe superar el 15%, si es nueva conviene lavarla antes de encofrar y si proviene de otro molde, deberá estar limpia y exenta de alabeos y grietas.

Las piezas son de dimensiones estándar y su longitud no suele superar los 2,50 m. Las tablas se comercializan en escuadrías de 2,5 x 10 cm., los tabloncillos de 5 x 15 cm., los tablones de 7 x 20 cm. Y para puntales, se usan rollizos (de sección casi circular y dimensiones variables), sí bien éstos han sido desplazados por los puntales metálicos telescópicos.

La madera aserrada permite un corte fácil con herramientas sencillas.

La unión de las piezas para conformar el molde, consiste en su disposición a tope y aseguración mediante clavado, disponiendo el conjunto en el sentido favorable a la resistencia a compresión de la madera.

Los clavos deben situarse de modo que la distancia al borde de la tabla sea al menos de 10 diámetros y 5 si es transversalmente.

Para la correcta colocación de los clavos deben tenerse presentes las siguientes recomendaciones:

-La resistencia de las uniones aumenta proporcionalmente a la cantidad de clavos. Por lo que no deben clavarse muy próximos ya que cada uno de ellos reforzaría el efecto de cuña del inmediato, corriendo el peligro de hendimiento de la madera.

-La dirección de las fibras no influye en la resistencia de la unión.

-El debilitamiento de la madera es menor con la clavazón que con la perforación.

-La resistencia de las uniones clavadas es directamente proporcional a la resistencia a la compresión de la madera, por lo que es importante conocer que a cada espesor de madera corresponde un grosor apropiado de clavo.

Una vez preparado el encofrado se colocan las armaduras, separadores, piezas de entrevigado, etc. Por lo que, justo antes de hormigonar, debe regarse bien el encofrado para que la madera no absorba el agua de la mezcla. Además la estanqueidad, de la unión a hueso, se consigue mediante este riego previo, que provoca el hinchamiento de la madera. En estos casos la fase de hormigonado no debe demorarse para que el agua o el sol no provoquen deformaciones en las maderas.

Los encofrados de madera resultan rentables cuando se ejecutan de manera que se aproveche el máximo material y un empleo adecuado ya que después de cada uso, es necesario limpiarlos, por lo que suele reducirse el espesor de las tablas.

La preferencia por el empleo de tablas, tabloncillos o tablones, la marcan los esfuerzos a soportar y el número de usos previstos.

Las principales ventajas son:

- Trabajabilidad, en su confección, por métodos sencillos.
- Resistencia aceptable a las tensiones del hormigón fresco.
- Protección del hormigón fresco de los cambios térmicos del sol directo.
- La buena estanquidad de sus juntas, producida aun juntas a tope, por la hinchazón que sufre la madera al humedecerse.
- Un buen curado de la superficie del hormigón por el agua retenida por la madera, siempre que se halla regado convenientemente el encofrado.
- Posibilidad de conseguir gran variabilidad de texturas
- Versatilidad. Permite resolver prácticamente todos los encofrados que se pueden presentar en las estructuras de hormigón.

Como inconvenientes más destacables podemos señalar la necesidad de contar con operarios cualificados que conozcan el oficio, su limitado número de puestas en obra y en el caso de superficies planas horizontales, las condiciones de seguridad en el desencofrado.

#### **4.5.1- Elementos de un encofrado de madera.**

##### **a) Tableros:**

Son los elementos que configuran la superficie del hormigón, en el caso de usar madera aserrada están constituidos por tablas dispuestas a hueso(en sentido horizontal o vertical), de escuadrías que oscilan entre 2,5 y 5 cm. De espesor y 10 a 20 cm. De anchura, aunque en los fondos de vigas puede aumentarse el espesor a 5 cm.

Cada vez es mayor la tendencia a utilizar tableros aglomerados, especialmente en fondo de forjados y construcción de muros donde se requiere una superficie con el mínimo número de juntas. El problema se plantea, no obstante, se sigue planteando por la necesidad de una buena estanquidad en los bordes, para que estos no se deformen con el agua. Aunque ya existen en el mercado tipos de tableros de fibras que suelen estar aglomerados con polímeros resistentes al agua.

##### **b) Costal o barrote:**

Se denominan así a las piezas que une las tablas que forman el tablero, por lo que se colocan clavados perpendicularmente a estas. Cuando se sitúan dispuestas según su mayor inercia, para rigidizar el tablero, se denominan costillas.

Suelen utilizarse tablas o cabios de escuadrías comprendidas entre los 5 y 7 cm. por 10 cm.

##### **c) Costero:**

Es el conjunto del tablero y los costales. Si es perimetral recibe también el nombre de guardera. Se utiliza sin desmontar cuando se repiten cantos iguales de distintos elementos en la obra. El tablero empleado en la parte inferior de la pieza se

denomina fondo y suele estar constituido por tablas de espesor ligeramente mayor o mejor rigidizado.

#### d) Carreras:

Son vigas de apoyo de las viguetas de un forjado; en el caso de los encofrados, reciben este nombre los elementos lineales dispuestos longitudinalmente, en el mismo sentido que las tablas del tablero, y transversalmente a los costales. Su misión es dar solidez a los tableros, si van situadas en la parte superior sirven para fijar los codales y recibir los tornapuntas y en la inferior evitan que se abran las guarderas.

En el encofrado de muros, cuando las tablas del tablero se colocan verticalmente, los elementos que cumplen la misión de las carreras se sitúan asimismo en vertical y se denominan montantes.

#### e) Codales:

Elementos lineales que se disponen en sentido normal alas guardera y que, trabajando a compresión, evitan que estas se junten. Si se colocan en el interior del encofrado, deben preverse sistemas de recuperación, para que no queden embebidos en la masa de hormigón.

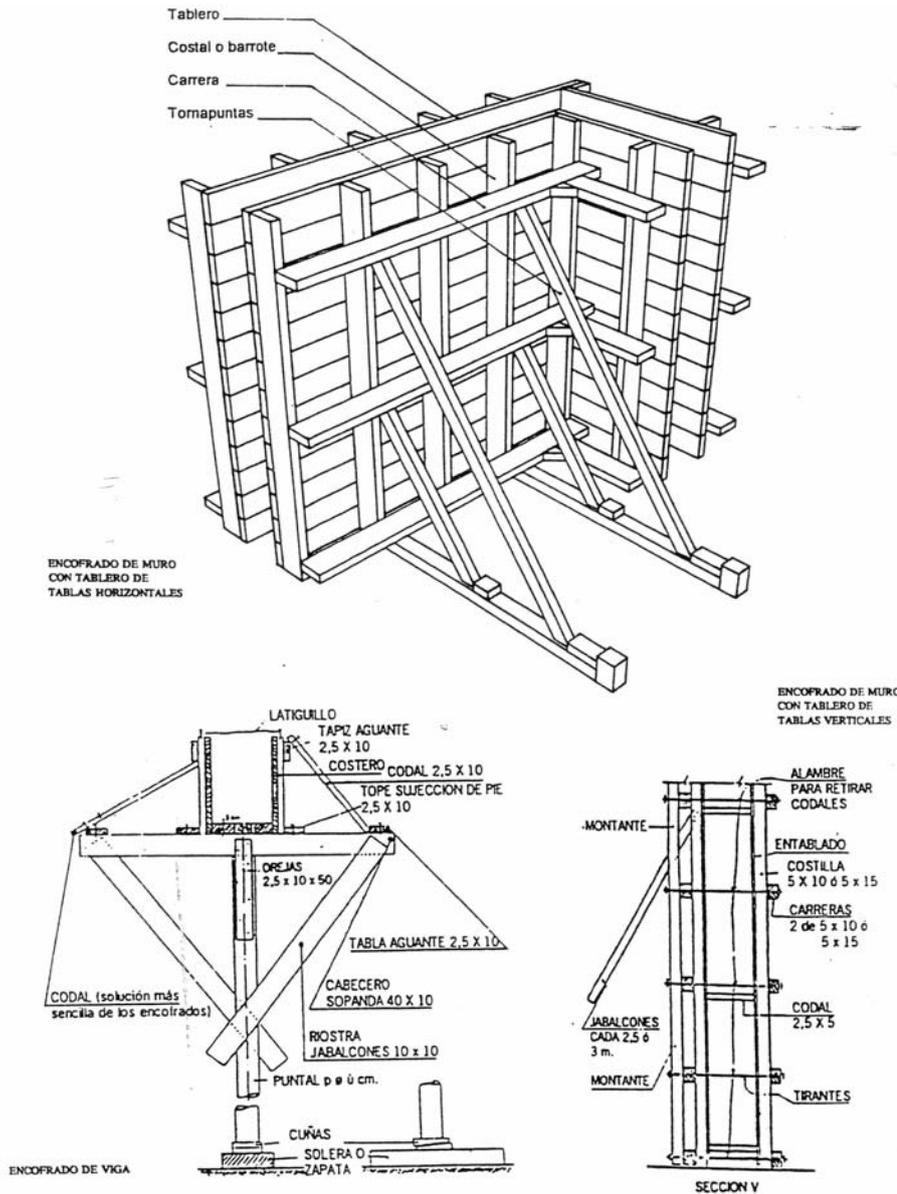
#### f) Puntales:

Elementos lineales que, trabajando a compresión, trasladan el peso del encofrado a la solera. Su disposición será pues, perpendicular al tablero de fondo.

Pueden ser de madera o metálicos. Los primeros, Prácticamente en desuso, se obtenían con rollizos de chopo o eucalipto.

Se refuerzan con jabalcoes inclinados en su parte superior, que reparten las cargas de las sopandas en su parte superior.

Deben ir acuñaos sobre los tablonces que conformen las soleras y ajustarlos a la altura adecuada. Si la base es de hormigón, la solera puede sustituirse por un tabloncillo; pero siempre acuñaos sobre madera



Actualmente se emplean los metálicos, que son telescópicos para procurar el apriete a la altura de la luz de la planta, fabricándose en diferentes alturas (3,00; 4,00; 5,00m estirados).

Su distancia de colocación suele ser de 0,70 m. a 1,25 m. depende de su capacidad de carga. Normalmente esta es mayor cuanto menor es la altura y se reduce ligeramente al ir estirándose, debido al aumento de la esbeltez que favorece el pandeo.

#### **g) Sopandas:**

Piezas situadas bajo las vigas para reforzarlas. Se colocan dispuestas perpendicularmente a la dirección de las viguetas, sirviendo de apoyo a varias, y dependiendo del tipo de forjado, se sitúa al menos una, en el centro del vano, y se van colocando a distancias que no superen 1,50 m.

#### **h) Tornapuntas:**

Elementos lineales colocados de forma inclinada y que, trabajando a tracción o a compresión, afianzan los costeros y acortan la luz de los elementos que trabajan a compresión.

#### **i) Tirantes:**

Son elementos que trabajan a tracción y garantizan la inmovilidad del encofrado. Se disponen en el interior para evitar que se separen los tableros al verter el hormigón, por lo que aprietan a los codales que garantizan el mantenimiento de la anchura de la pieza a hormigonar. Si se utilizan alambres, es conveniente que sean galvanizados, especialmente en el caso de hormigones vistos, para que no dejen mancha de corrosión en el paramento.

### **4.5.2- Montaje de los tableros de madera.**

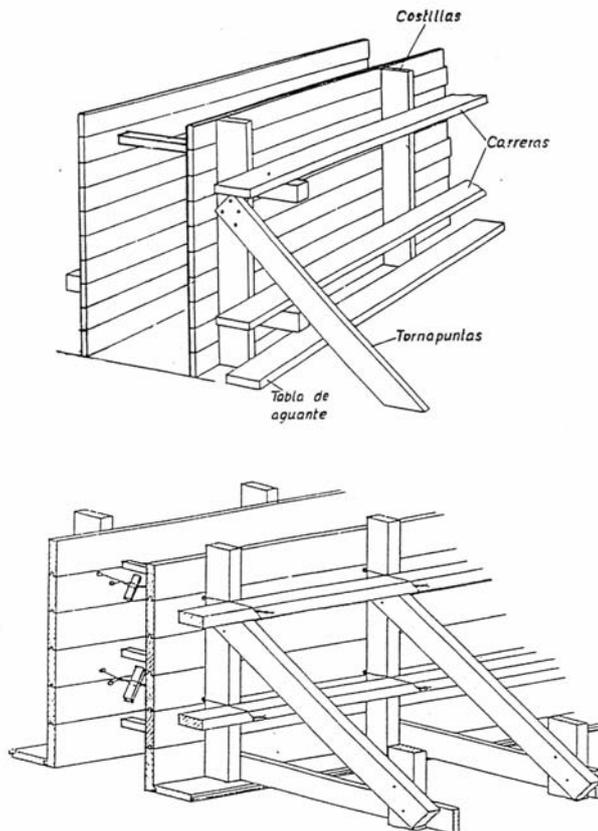
Cuando se trate de utilizar tableros de madera, es conveniente tener presente que en la mayoría de las ocasiones habrá que cortar las tablas, o bien añadir otras, para obtener las longitudes exigidas. Esta segunda solución suele ser más adecuada, ya que una máxima en el trabajo del encofrador suele ser: madera cortada madera desperdiciada.

Para obtener los tableros, se unen varias tablas por medio de barrotes. El primer barrote no debe colocarse a tope con las tablas, sino que sobresaldrá 2 o 3 cm., evitando así que pueda desclavarse al recibir golpes el extremo del tablero. Para dar mayor resistencia a los tableros, los barrotes exteriores se afianzan con dos clavos en cada tabla y 10s interiores, con dos clavos en las tablas superior e inferior y uno en el resto.

Los barrotes son necesarios para que el tablero pueda absorber los esfuerzos de flexión producidos por el empuje de la masa de hormigón, si el empuje es muy fuerte se colocan según el lado de mayor inercia, denominándose costillas, Sin embargo, el empleo excesivo de estos elementos, no es conveniente ni económico por lo que, para

evitarlos, se recurre a la colocación de las carreras de manera que impidan la deformación de los encofrados.

Tampoco es conveniente la práctica de clavar las carreras al tablero o los barrotes, porque, en el desencofrado, pueden dañarse el elemento estructural. Es más práctico sujetarlas con alambre de atirantar, que facilita su desmontaje.

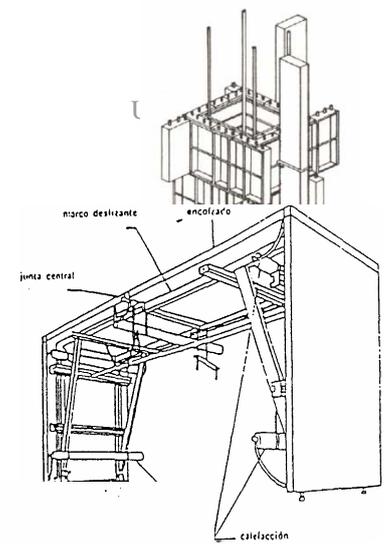
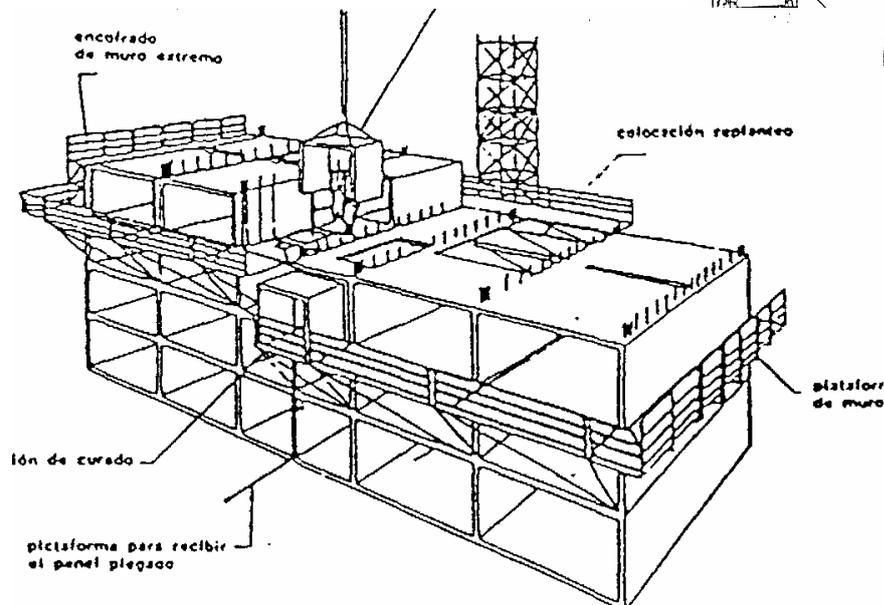


#### 4.6.- Encofrados metálicos.

Los encofrados metálicos están aumentando progresivamente su campo de aplicación, principalmente en los elementos que permiten un empleo repetitivo. Sus limitaciones, suelen depender de la rigidez formal. En la actualidad, son de uso corriente en la ejecución de pilares y en grandes superficies horizontales y verticales. Y, son de uso obligado, en la prefabricación ya que ofrecen un gran número de puestas en uso y una buena adecuación a formas especiales, como los tetrápodos usados en obras portuarias, etc. También son muy utilizados en la prefabricación de viguetas, formando bancadas de encofrados múltiples que admiten la vibración energética sin sufrir deformaciones.

Cuando las formas y dimensiones se repiten resulta más económico utilizar los encofrados metálicos que los de madera aunque no reúne las ventajas que los de madera. Los elementos metálicos han encontrado un gran campo de aplicación, como elementos de sustentación, constituidos por puntales metálicos de altura regulable para el apoyo de los fondos de vigas y vigas metálicas en celosía, extensibles, que se adaptan a distintas medidas y que permiten salvar grandes luces no como tableros de costeros o de fondos del propio encofrado.

Encofrados-túnel, son encofrados que aportan a la vez la solución del muro y el forjado. Su aplicación es en edificación de bloques de viviendas, de estructura mural transversal.



Para los pilares se utilizan placas de dimensiones manejables por un operario, con los bordes rigidizados. En dos de sus caras suelen llevar orificios y en las otras dos unos vástagos, lo que permite el empalme de las mismas. Presentan cierta dificultad en el aplomo sobre todo cuando se superan los 4,00 m. de altura, por lo que hay que ir combándolo durante la colocación. Antes de utilizar los encofrados metálicos debe aplicarse en su superficie un desencofrante y limpiarse bien tras su empleo. Suele ser normal el emplear para ello gasoil, pero puede dejar manchas en el caso de hormigones vistos, por lo que es más recomendable hacerlo con productos apropiados existentes en el mercado.

Además de estos modelos tradicionales de encofrados metálicos también podemos hacer referencia a los paneles de aleaciones de aluminio, con resistencias mecánicas similares a las del acero pero con un coeficiente de elasticidad tres veces más pequeño. Su mayor ventaja es la menor densidad, al proporcionar encofrados más ligeros y fáciles de manejar, aunque se precisen mayores secciones. No obstante en la actualidad el precio del aluminio supera con creces el del acero.

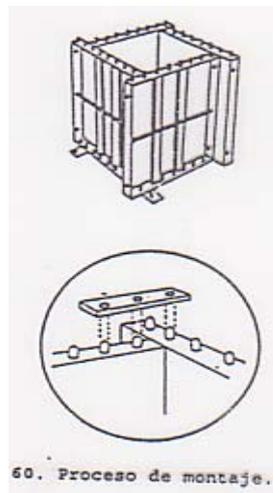
#### 4.7.- Otros materiales.

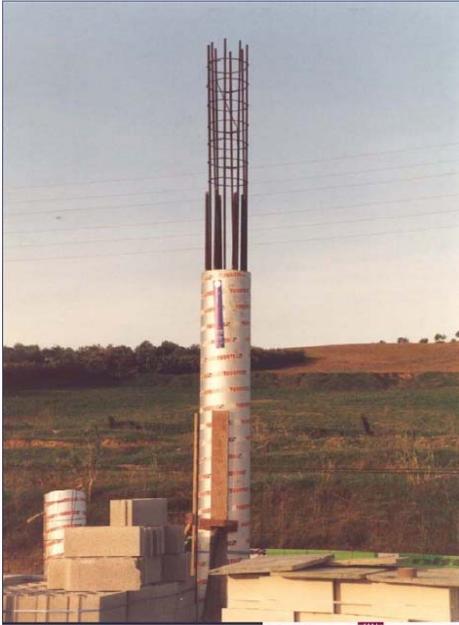
Ya hemos indicado que cualquier material, si cumple las características adecuadas, puede servir para realizar los encofrados.

**a) –Fibras.**

En los encofrados de pilares circulares o columnas se emplean con frecuencia los tubos de fibra de cartón. Se fabrican en diámetros variables y en longitudes hasta de 15 m., con un peso muy ligero. Además pueden cortarse en obra a la medida adecuada, soportan bastante bien el agua y no precisan desencofrante.

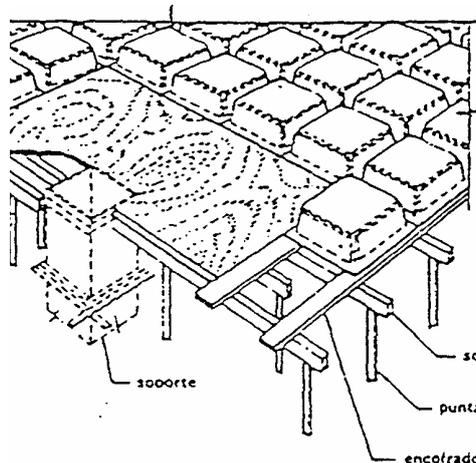
La fabricación se realiza mediante el enrollado sucesivo en espiral de capas delgadas, con número variable según el espesor de la pared, al retirar los moldes queda marcada la huella de la espiral sobre la superficie de hormigón, pudiendo obtenerse superficies lisas sin huellas empleando tubos especiales.





### b) -Plásticos.

En el caso de los plásticos, gracias a su fabricación por estampación o multicapa, pueden obtenerse texturas muy variadas y acabados superficiales perfectos. Su rigidez puede ser muy alta al estar reforzados con fibra de vidrio, garantizando la estabilidad del encofrado. Se emplean en casetones recuperables de los forjados reticulares, en elementos repetidos de doble curvatura y también para revestir otros encofrados, en forma de laminas, con objeto de garantizar la estanqueidad.



### c) -Escayola.

En arquitectura, en ocasiones, se proyectan ornamentos a realizar en hormigón, para los cuales los encofrados de madera no resultan adecuados. En estos casos se utilizan moldes de escayola realizados por la técnica del vaciado.

La rigidez se consigue por medio de cañas o yutes. Suelen ser de un solo uso ya que es más fácil obtener encofrados repetidos que desencofrarlos sin que sufran daños.

Es conveniente aplicar desencofrantes y limpiar la superficie del hormigón de los restos de escayola, debido a su carácter higroscópico.

**d) -Cerámica.**

Una manera especial de encofrar, puesto que no precisa de encofrador, es la realización de encofrados utilizando ladrillo cerámico- Pueden ser realizados por lo propios operarios de albañilería, pero únicamente pueden utilizarse como encofrados perdidos en cimentaciones, para trastos de muros, etc.

Hay que tener presente que una de las cualidades del encofrado es su poder de recuperación para otros usos, ano ser que sea muy económico. Por esta razón, en los encofrados perdidos, como los indicados anteriormente, suele ser buena práctica el buscarles otra función. Es, por ejemplo, el caso de las chapas de acero plegadas, que además de funcionar como encofrados perdidos en los forjados de acero, colaboran a su capacidad resistente, En los últimos años de se están utilizando planchas de fibra en losas de cubierta, que quedan perdidas en la obra bajo el hormigón y mejoran sus propiedades aislantes.

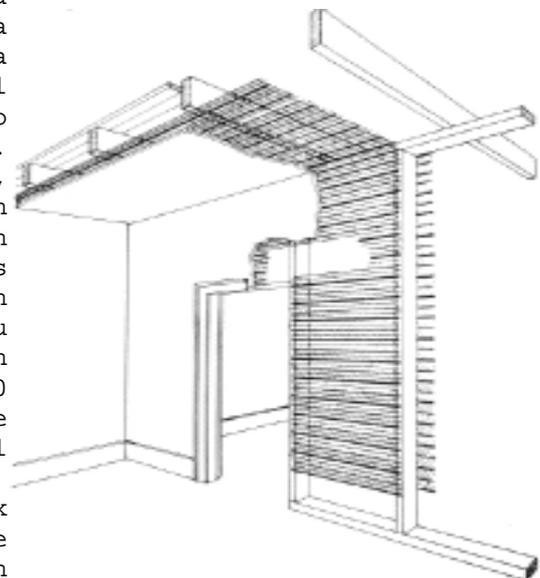
**e) -Hormigón.**

Se incluyen en estos encofrados todas aquellas piezas de hormigón, que al igual que las cerámicas, quedan como encofrado perdido. También se utilizan en prefabricación, pues ofrecen la ventaja de su indeformabilidad y precisión.

**f) - Nervometal.**

Se trata de una armadura metálica autoportante con múltiples usos en la construcción. La denominación obedece a que este producto a diferencia del metal desplegado, no está expandido, sino cortado, perfilado, estirado y planchado. Asimismo gracias a sus nervios rígidos, es un material autoportante tanto en losas como en paredes. Utilizado en paneles lisos o curvos, obtendremos siempre una superficie regular, sin defectos, en encofrados o enlucidos. Su capacidad autoportante permite obtener en losas, luces entre apoyos entre 60 y 120 cm. Dependiendo del espesor de la capa de compresión, de la sobrecarga y del espesor del metal.

-Se fabrica en hojas o paneles de 2,50 x 0,60 en espesores de chapa de 0,30/0,35/0,45 y se suministra en paquetes de 10 hojas (15 m<sup>2</sup>. Su pequeño volumen permite disponer de un espacio reducido para almacenaje: 450 m<sup>2</sup> ocupan un volumen de 2 m<sup>3</sup>.



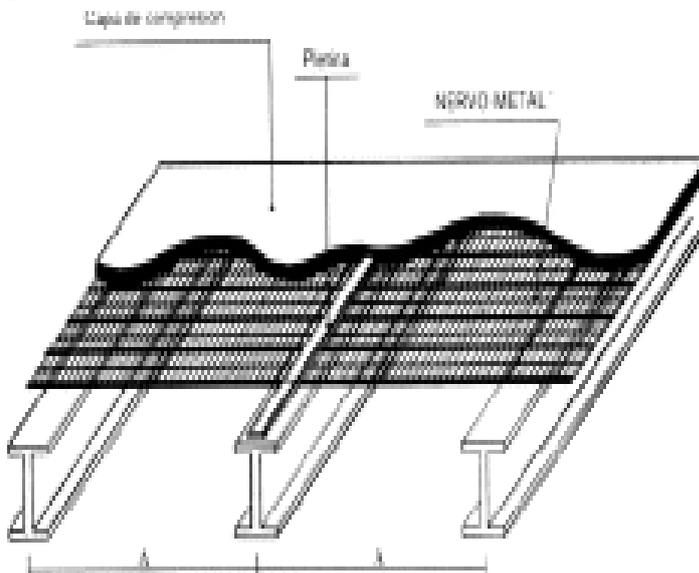
**APLICACIONES**

**a)** Soporte de revoque para la construcción de paredes, tabiques, paneles. La estructura se realiza con perfiles metálicos o con tirantes de madera. En muros interiores se lo atornilla o clava a los parantes verticales de ambos lados, restando solo revocar las

dos caras para conformar la pared. En muros exteriores, es una perfecta solución para reemplazar las placas cementicias y los multilaminados ya que por ser autoportante no necesita medio auxiliar para soportar los revoques exteriores y las terminaciones.

**b)** Su uso óptimo para cielo rasos armados planos, inclinados o en bovedillas, soportando el enlucido de yeso, como así también, para cubierta de techos de las más variadas formas: inclinados, curvos, etc.

**c)** Encofrados y armaduras de losa sobre vigas de hormigón pretensado, acero o madera se utiliza como armadura de soporte de las losas de hormigón sustituyendo a los ladrillos cerámicos tipo sapo, a los tableros fenólicos y tablas de madera, produciendo un considerable ahorro de dinero debido a la eliminación de materiales más caros y reduciendo el tiempo de ejecución por su facilidad de montaje y liviandad. Cuando el hormigón fragua, el Rib Lath® queda inserto en el mismo, resultando ser un encofrado perdido y armadura a la vez.



**d)** Otras aplicaciones: para el armado de piletas de natación, pilares huecos, tubos para alcantarillas, moldes para fabricación de pisos articulados, etc. También es útil en la fabricación de estructuras para el alojamiento de puertas corredizas entre paredes, eliminando el uso de la chapa como panel y del alambre "gallinero" como soporte del revoque.

#### VENTAJAS

- a)** Menor costo por  $m^2$  que otros materiales tradicionales.
- b)** Mayor rapidez de instalación, con menor pérdida de material ya que cualquier trozo puede aprovecharse.
- c)** Se puede cortar, doblar, curvar, empalmar, facilitando su adaptación a cualquier forma.
- d)** Por su estructura rígida no es necesario emplear medios auxiliares de sujeción.
- e)** Con Nervometal® se produce una total adherencia del hormigón o mortero a las celdillas del producto, garantizando que no habrá pérdida de lechada durante el fraguado.

#### COLOCACION

-Los paneles se colocan siempre de forma que los vértices de los nervios estén apoyados contra las vigas o montantes y la parte cubierta de los mismos hacia el lado exterior o parte superior de la losa. La sujeción a la estructura se realiza con clavos, tornillos, alambre, remaches o diversos sistemas automáticos dependiendo de las condiciones particulares de cada obra.

-La unión de hojas en el sentido longitudinal se realiza solapándose aproximadamente 10 cm. entre apoyos, y en el transversal, montando nervio sobre nervio.

-En paredes, los nervios se colocan siempre en forma horizontal, que es la manera como mejor soportan el peso del revoque.

Plancha nervada utilizada para enlucidos y encofrado perdido.

**Medidas:** 2500 x 600 mm, espesor de 0.4 y 0.5 mm (stock)

. **Acabados:** Galvanizado y sin galvanizar.



### Chapa colaborante:

Utilizada como encofrado perdido en la construcción de plantas y entreplantas en naves industriales, comercios, polideportivos, etc...

En función de la distancia entre apoyos y la sobrecarga de uso podemos recomendar el tipo y espesor de la chapa a emplear.

